Е. Н. ДУБРОВИН

Середяк Я. У.

ГОРОДСКИЕ УЛИЦЫ И ДОРОГИ

Допущено
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности
«Городское строительство»



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1981

ББК 39.311
Д79
УДК 625.7

Рецензенты:

кафедра городского строительства
Московского инженерно-строительного института
им. В. В. Куйбышева
(зав. кафедрой — проф., д-р техн. наук Д. С. Самойлов);
Г. М. Хоторцов — канд. техн. наук
(Лаборатория технологии дорожных работ АКХ
им. К. Д. Памфилова)

Дубровин Е. Н.

Д79 Городские улицы и дороги: Учебник для вузов. — М.: Высш. школа, 1981.— 408 с., ил.

В пер.: 1 р. 30 к.

В учебнике, составленном в полном соответствии с утвержденной программой, рассмотрены вопросы изысканий, проектирования и технологии строительства городских улиц и приведены данные, отражающие новейшие научные и технические достижения в этой области градостроительства. В технологической последовательности изложены сведения по всему комплексу строительства улиц, начиная от подготовительных работ, вертикальной планировки территории, строительства подземных и надземных инженерных сооружений улицы и кончая освещением, озеленением и оборудованием улиц средствами регулирования городского движения. Особое внимание уделено вопросам повышения производительности труда, комплексной механизации и автоматизации производственных процессов.

Предназначается для студентов специальности «Городское строительство».

Д $\frac{31801-125}{001(01)-81}$ 116—81 3603020000 6С8
ББК 39.311

© Издательство «Высшая школа», 1981

ВВЕДЕНИЕ

Партия и правительство большое внимание уделяют вопросам развития городского хозяйства. В соответствии с решениями директивных органов города и поселки должны представлять собой рациональную комплексную организацию производственных зон, жилых районов, сети общественных и культурных учреждений, бытовых предприятий, транспорта, инженерного оборудования и энергетики, обеспечивающих наилучшие условия для труда, быта и отдыха людей.

Нормальная жизнь современного города невозможна без развитой сети улиц и дорог. Уличная сеть является наиболее устойчивым элементом города, она развивается вместе с ростом города. Расположение однажды возникшей улицы обычно сохраняется на века.

Дороги являются жизненно необходимой частью современного города и имеют большое значение для организации городского транспорта, создания необходимых санитарно-гигиенических условий жизни, архитектурно-планировочного облика города.

Особенно велико транспортное значение городских дорог. Городские дороги связывают между собой все районы города и обеспечивают движение транспорта и пешеходов. Четкая и бесперебойная работа городского транспорта может быть обеспечена лишь при хорошо развитой сети городских путей сообщения, при рациональном их расположении в плане города и надлежащей связи этих магистралей между собой и с улицами второстепенного значения. Помимо этого необходимо, чтобы отдельные элементы улицы (проезжая часть и тротуары) обеспечивали пропуск транспорта и пешеходов.

Городские улицы имеют большое санитарно-гигиеническое значение. Воздух в городах обычно загрязнен различными вредными выбросами автомобилей и расположенных в городах промышленных предприятий, а также уличной пылью. Современные водонепроницаемые покрытия городских дорог в сочетании с рациональным озеленением улиц препятствуют образованию уличной пыли и способствуют сохранению чистоты воздуха в городе.

В качестве архитектурно-планировочных элементов городские улицы связывают город в единый организм и в то же время являются границами жилых кварталов и административных и промышленных районов города. Экономическая природа городских дорог как основных фондов народного хозяйства характеризуется тем, что при одной и той же материальной форме они выступают одновременно и как производственные основные фонды, и как основные фонды потребительского назначения. Такое сочетание двух про-

тивоположных экономических категорий обусловлено многообразием оказываемых городскими дорогами услуг. В качестве архитектурно-планировочного элемента города и составной части его внешнего благоустройства городские дороги выступают как фонды потребительского назначения.

В качестве путей сообщения, по которым осуществляются необходимые грузовые и пассажирские перевозки, городские дороги выступают как основные производственные фонды. В этом случае они являются составной частью транспортной системы города, т. е. материальными условиями, без которых невозможен производственный процесс современной промышленности.

Значение благоустроенных дорог для нормальной жизни современного города обусловливает их развитие, которое они получили за годы Советской власти. Однако, несмотря на быстрый рост сети городских дорог и ежегодно осуществляемые крупные капитальные вложения в их строительство, площадь имеющихся благоустроенных городских дорог не обеспечивает потребности городов и требует дальнейшего интенсивного развития.

Развитие городского транспорта для обеспечения быстрого и удобного сообщения между отдельными районами города предъявляет к городским дорогам повышенные требования. Современная дорога должна соответствовать потребностям движения транспорта и учитывать перспективы его развития; обеспечивать наилучшие условия для движения транспорта; отвечать требованиям безопасности движения транспорта и пешеходов; при наименьших затратах на строительство и эксплуатацию иметь возможно бо́льший срок службы.

Построение сети улиц является важнейшей и в некоторых случаях определяющей частью общей градостроительной проблемы. Оно неотделимо от вопросов расположения основных частей города и организации городского движения.

Планировка города, не обеспечивающая целесообразное распределение транспортных потоков по городу, вызывает большие потери времени у населения на передвижение. При планировке города нужно стремиться к сокращению этих потерь. Основными путями достижения правильной организации движения являются: а) целесообразное размещение по территории города промышленных и жилых районов, общегородского центра, равномерное распределение культурно-бытовых и торговых учреждений; б) правильное построение уличной сети, обеспечивающее хорошую связь между отдельными районами города. При построении уличной сети нужно тщательно изучать и учитывать требования городского движения, так как по мере роста благосостояния и культуры народа, а также технического совершенствования транспорта увеличивается подвижность населения.

Большое влияние на безопасность движения транспорта и пешеходов оказывает планировка элементов улиц (дорог и тротуаров), которая должна соответствовать характеру и размеру движения транспорта и пешеходов. Наблюдения показывают, что до-

рожно-транспортные происшествия в основном возникают там, где улицы имеют планировочные недостатки. Наиболее распространенными планировочными недостатками улиц являются несоответствие ширины проезжей части размерам движения, местные сужения проезжей части, плохая видимость на крутых поворотах улиц и перекрестках, крутые уклоны на перекрестках, недостаточная ширина тротуаров или их отсутствие.

Анализ данных по эксплуатации городских дорог и последующие улучшения планировки улиц позволяют в значительной мере устранить причины, способствующие возникновению дорожно-транспортных происшествий, и повысить общую безопасность движения в городе. Наиболее радикальной мерой, направленной на устранение планировочных недостатков в местах пересечения магистральных улиц, является сооружение пересечений в разных уровнях. Однако устройство таких пересечений экономически оправдано только на магистральных улицах с интенсивным движением транспорта и пешеходов, поэтому, как правило, прибегают к реконструктивным мероприятиям, к которым относятся расширение проезжей части, смягчение ее продольного профиля, увеличение радиусов кривых, улучшение условий видимости, устройство островков безопасности и барьеров на тротуарах, маркировка проезжей части улиц и перекрестков. Целям безопасности движения служит также устройство дорожных покрытий с повышенным коэффициентом сцепления.

Строительство городских дорог имеет ряд специфических особенностей, усложняющих организацию работ. К таким особенностям относится производство строительно-монтажных работ на открытом воздухе, неравномерность распределения объемов работ, стесненность объектов строительства существующей городской застройкой, интенсивное движение транспорта и пешеходов, наличие подземных и наземных сооружений. Так, например, при производстве работ по строительству дорог в большинстве случаев отсутствует возможность закладывать резервы или отсыпать кавальеры в непосредственной близости от места строительства.

Из всех отраслей городского строительства дорожное и путевое строительство в наибольшей степени зависит от атмосферных и климатических условий, поэтому основным строительным периодом является лето, часть весны и осени. Продолжительность такого периода для средней полосы СССР составляет 6—7 месяцев. Для того чтобы продлить строительный сезон дорожных и путевых работ, необходимо повысить степень индустриализации строительства с применением современных сборных и железобетонных конструкций. Продление строительного сезона способствует снижению стоимости строительства, повышению коэффициента использования парка строительных машин, лучшему использованию рабочей силы и значительному сокращению сроков строительства дорог.

Существенно различаются и условия эксплуатации городских дорог и загородных. Интенсивность движения транспорта на большинстве улиц, в особенности в крупных и средних городах, значи-

тельно превышает интенсивность движения на загородных автомобильных дорогах.

Особенностью движения городского транспорта является также частое торможение на остановках, перед светофорами и на перекрестках, что приводит к разрушению дорожных покрытий в этих местах. На дорожное покрытие попадает значительное количество бензина, дизельного топлива и особенно масла, которые длительное время остаются на покрытии и способствуют интенсивному его разрушению. Разнообразному по составу потоку транспорта сопутствует интенсивное пешеходное движение, отсутствующее на загородных дорогах.

При авариях и повреждениях подземных сооружений приходится вскрывать дорожные покрытия, что существенно влияет на сроки службы дорожных одежд.

На городских дорогах, в отличие от загородных, проезжая часть, как правило, ограничена выступающими бортами с устройством закрытой ливневой канализации. Для обеспечения нормальной работы одежды нередко требуется устраивать продольные и поперечные дорожные дренажи мелкого заложения. Развитая сеть ливневой канализации с водоприемными и смотровыми колодцами вызывает необходимость организовать специальное наблюдение за этими сооружениями.

Зеленые насаждения в городах имеют большое санитарно-гигиеническое и архитектурно-оформительское значение. В некоторых случаях их используют и как транспортно-регулировочные средства (например, устройство разделительных полос). Обеспечение их защиты, нормального роста составляет самостоятельную отрасль уличного хозяйства.

Особенность эксплуатации городских дорог определяется сложными условиями и характером уборки городских улиц. Городские улицы необходимо убирать неоднократно в течение дня. Требования безопасности движения пешеходов и транспорта в городах вызывают необходимость хорошо организовать освещение улиц в вечернее и ночное время.

Дорожные одежды, вскрытые во время ремонта подземных сооружений, следует немедленно восстанавливать. Выполнение работ по строительству и ремонту подземных санитарно-технических сетей должно быть тесно увязано с соответствующими дорожно-строительными или дорожно-ремонтными работами. Кроме того, необходимо увязать эксплуатацию городских дорог с производством работ по эксплуатации и ремонту рельсовых путей, надземных сооружений, а также с посадкой зеленых насаждений.

Таким образом, эксплуатация городских улиц предъявляет повышенные требования к организации дорожно-эксплуатационной службы.

ГЛАВА I

ЭЛЕМЕНТЫ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГОРОДСКИХ УЛИЦ И ДОРОГ

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

На территории современного города наряду с архитектурными ансамблями располагаются сложные инженерные сооружения — дороги, мосты, тоннели, эстакады, водоотводные и другие подземные сети.

Особо важное значение в инженерном оборудовании города имеет улично-дорожная сеть. Улицей называется часть территории города или населенного пункта, расположенная между линиями застройки и предназначенная для движения транспорта и пешеходов. Городские дороги предназначены для движения между обособленными районами города, а также для связи улиц с загородными дорогами и для объезда города транзитным транспортом. Городские транспортные площади создаются на пересечениях и слияниях магистральных улиц и являются узловыми пунктами городского движения. На них происходит сосредоточение и распределение транспортных потоков по основным направлениям движения в городе.

Сеть улиц и дорог современного города, ее развитие и реконструкция, выбор необходимых видов городского транспорта и его организация должны обеспечивать быстрое, безопасное и удобное передвижение населения и перемещение грузов при минимальной затрате времени для связи между жилыми районами, предприятиями и местами отдыха. Сеть улиц и дорог представляет единую систему путей сообщения города и его пригородной зоны, обеспечивающую также транспортную связь с автомобильными дорогами общей сети страны.

Построение уличной сети при создании генерального плана города во многом определяется ожидаемым на расчетный период размером и характером движения городского транспорта. Структура уличной сети зависит также от района расположения города, рельефа местности, наличия водных бассейнов. Разнообразие естественных условий, характер градообразующих факторов, величина и конфигурация города, размер ожидаемого движения представляют широкие возможности при проектировании схемы уличной сети. Первостепенное значение при этом следует уделять технико-экономическому обоснованию принятой схемы. В результате должны быть найдены наиболее экономичные решения передвижения населения и перемещения грузов, обеспечивающие возможно бо́ль-

шую скорость движения транспорта при соблюдении безопасности и создании наибольших удобств пассажирам и пешеходам. В генеральных планах строительства и реконструкции городов при проектировании схемы магистральных улиц, их пересечений, при расчете необходимой пропускной способности всей сети улиц необходимо предусматривать создание достаточных по емкости автомобильных стоянок и других планировочных мероприятий, способных обеспечить бесперебойное движение транспорта.

В соответствии со СНиП II-60—75 «Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов» улицы и дороги подразделяются на следующие категории:

1. Скоростные дороги предназначены для скоростной транспортной связи между районами крупнейшего или крупного города и между городами и другими населенными пунктами системы группового расселения с развязкой движения транспорта в разных уровнях.

2. Магистральные улицы и дороги:

а) общегородского значения служат для непрерывного движения транспорта между жилыми, промышленными районами и общественными центрами, а также для связи со скоростными дорогами в пределах города с развязкой движения транспорта в разных уровнях, а также регулируемого движения транспорта в пределах города между жилыми, промышленными районами и общественными центрами и с магистральными улицами непрерывного движения с устройством пересечений с другими улицами в одном уровне;

б) районного значения обеспечивают транспортную связь в пределах района и с магистральными улицами общегородского значения с устройством пересечений с другими улицами в одном уровне;

в) грузового движения служат для перевозки промышленных и строительных грузов, осуществляемой вне жилой застройки, между промышленными и коммунально-складскими зонами города с устройством пересечений с другими улицами и дорогами в одном уровне.

3. Улицы и дороги местного значения:

а) жилые улицы обеспечивают транспортную (без пропуска общественного транспорта) и пешеходную связь жилых микрорайонов и групп жилых зданий с магистральными улицами районного значения;

б) дороги промышленных и коммунально-складских районов предназначены для перевозки промышленных и строительных грузов в пределах района, обеспечения связи с дорогами грузового движения с устройством пересечений с другими улицами и дорогами в одном уровне;

в) пешеходные улицы и дороги служат для пешеходной связи с местами приложения труда, учреждениями и предприятиями обслуживания, местами отдыха и остановками общественного транспорта;

г) поселковые улицы обеспечивают транспортную связь внутри селитебной зоны с общественным центром, учреждениями и предприятиями обслуживания поселков и сельских населенных пунктов;

д) поселковые дороги предназначены для транспортной связи между селитебной и производственной зонами; промышленными и коммунально-складскими зонами, а также в пределах этих зон;

е) проезды обеспечивают транспортную связь в пределах микрорайонов.

В зависимости от категории улиц и дорог и их значения устанавливают расчетную скорость движения (в км/ч) по ним транспорта.

Скоростные дороги	120
Магистральные улицы и дороги:	
общегородского значения	100
районного значения	80
дороги грузового движения	80
Улицы и дороги местного значения:	
жилые улицы	60
дороги промышленных и коммунально-складских районов	60
пешеходные улицы и дороги	
поселковые улицы	60
поселковые дороги	60
проезды	30

Магистральные улицы основных транспортных направлений в крупных городах должны быть дублированы другими улицами в том же направлении. На магистральных улицах общегородского значения с интенсивностью движения в одном направлении более 1000 приведенных автомобилей в час предусматривают местные проезды для транспортного обслуживания прилегающих территорий. Местные проезды отделяют от проезжей части магистральных улиц полосой зеленых насаждений.

Движение транспорта по улицам может задерживаться между перекрестками в местах пересечений улиц пешеходами. Для увеличения пропускной способности проезжей части улиц и организации безостановочного движения транспорта в местах скопления пешеходов сооружают подземные или надземные переходы.

Улицы с пересечениями в разных уровнях называют магистралями непрерывного движения. На них выше безопасность движения и в большей степени можно реализовать возможности современного городского транспорта, увеличив скорость движения до 100 км/ч и более. Въезд на улицу непрерывного движения и выезд с нее происходит по съездам, которые вместе с сооружением для пересечения в разных уровнях служат развязкой транспортных потоков разных направлений.

Дорожная сеть города, составляющая в общем балансе селитебной территории не более 25%, характеризуется ее протяженностью, плотностью и конфигурацией. Под протяженностью улиц подразумевается их общая длина (в км). Длина уличной сети, приходящаяся на 1 км^2 территории, называется плотностью уличной сети.

Плотность уличной сети устанавливают по отдельным районам города в зависимости от характера застройки, размещения жилых массивов, промышленных и коммунальных предприятий. Плотность уличной сети всего города зависит от численности его населения. Ниже приведена примерная плотность магистральных улиц городов различной величины.

Численность населения города, тыс. чел. . . .	до 50	100	250	500
Плотность сети магистралей, км/км²	1,5	1,6—1,7	2,0—2,5	2,8—3,0

Общая площадь уличной сети в городе нормируется правилами планировки и застройки городов в пределах 12—15 м² на одного жителя.

В состав поперечных профилей улиц и дорог входят проезжие части, тротуары, полосы зеленых насаждений и полосы для прокладки подземных инженерных сетей и сооружений, в необходимых случаях полосы для трамвайного движения, разделения движения разных направлений, а также полосы для проезжих частей местного движения и велосипедных дорожек.

Размер и состав элементов поперечного профиля улиц и дорог следует определять с учетом категорий улиц, характера и расчетной интенсивности движения всех видов городского транспорта и пешеходов, распределения проезжих частей, типа застройки, рельефа местности, способа отвода поверхностных вод, размещения подземных инженерных сетей, зеленых насаждений, оросительных каналов и др.

Ширину улиц в пределах красных линий следует принимать не менее (м): магистральных улиц общегородского значения — 75, районного значения — 35, улиц местного движения при многоэтажной застройке — 25, при малоэтажной застройке — 15. При этом необходимо соблюдать установленные санитарные разрывы между зданиями.

Проезжую часть улиц и дорог в зависимости от состава, размера, скорости и условий безопасности движения транспорта проектируют общей для всех видов транспорта или же в виде самостоятельных конструктивно выделяемых полос, предназначаемых для отдельных видов транспорта, а также для движения с разными скоростями или в разных направлениях.

Ширину проезжей части улиц, дорог и площадей назначают согласно табл. 1 в зависимости от перспективной интенсивности движения и пропускной способности одной полосы, а также с учетом категории улицы или дороги.

При этом также учитываются тип застройки, рельеф местности, требования защиты населения от шума, пыли, выхлопных газов автомобилей, способы отвода дождевых и талых вод; размещение подземных инженерных сетей, зеленых насаждений, оросительных каналов и др.

Таблица 1

Категории улиц и дорог	Ширина одной полосы движения, м	Количество полос движения проезжей части в обоих направлениях	
		наименьшее	с учетом резерва
Скоростные дороги	3,75	6	8
Магистральные улицы и дороги:			
общегородского значения:			
непрерывного движения	3,75	6	8
регулируемого движения	3,75	4	6
районного значения	3,75	4	6
дороги грузового движения	3,75	2	4
Улицы и дороги местного значения:			
жилые улицы	3	2	4
дороги промышленных и коммунально-складских районов	3,75	2	4
поселковые дороги	3,50	2	2
поселковые улицы	3,50	2	2

§ 2. ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Проезжая часть улиц, дорог, площадей, мостов и путепроводов должна отвечать санитарно-гигиеническим требованиям и обеспечивать постоянный пропуск транспорта с расчетными скоростями и нагрузками независимо от времени года, т. е. при любых изменениях погоды и водно-теплового режима.

Дорожная одежда обычно состоит из нескольких слоев: покрытия, основания и подстилающего слоя. Покрытие является верхним слоем одежды и служит для непосредственного восприятия подвижных нагрузок. Основание служит для передачи нагрузок на подстилающий слой или непосредственно на грунт земляного полотна. Подстилающий слой является нижним конструктивным слоем одежды, выполняющим наряду с передачей нагрузок на земляное полотно также теплоизолирующие и дренирующие функции.

Применяемые в городах дорожные покрытия можно разделить на три основных типа: усовершенствованные, переходные и простейшие. Усовершенствованные покрытия делятся в свою очередь на капитальные и облегченные. В табл. 2 приведены основные типы покрытий проезжих частей городских улиц и дорог.

Покрытия должны иметь сопротивляемость износу и сохранять ровность поверхности, необходимую для обеспечения движения с установленной скоростью и удобства пассажиров, а также шероховатость или фрикционные свойства, обеспечивающие требуемый коэффициент сцепления в любую погоду.

Ровные и шероховатые дорожные покрытия обеспечивают необходимое для нормального движения сцепление шины автомобиля с поверхностью проезжей части дороги. Неровные и скользкие покрытия являются причиной резкого снижения скоростей движения

Таблица 2

Тип покрытия	Наименование покрытия
Усовершенствованные: капитального типа	Цементно-бетонные и железобетонные (сборные и монолитные)
	Асфальтобетонные на основаниях: цементно-бетонном, а также из тощего бетона, щебеночном и гравийном, укрепленных вяжущими материалами
	Мозаиковые мостовые на бетонных и каменных основаниях
	Брусчатые мостовые с заполнением швов вяжущим на основаниях: щебеночном, гравийном и грунтощебеночном, укрепленных вяжущими материалами
облегченного типа	Из горячих асфальтобетонных смесей, а также из холодного асфальтобетона на основаниях из щебня и шлака, не обработанных вяжущими материалами, кроме того, на основаниях из грунта, укрепленного вяжущими материалами, грунтощебня и гравийного материала
	Обработанные органическими вяжущими щебеночные и гравийные на основаниях: щебеночном, гравийном, шлаковом, а также грунтощебеночном и грунтовом, укрепленных вяжущими материалами
Переходные	Брусчатые мостовые на песчаном основании
	Грунтоасфальтовые
	Щебеночные, гравийные и шлаковые с поверхностной обработкой вяжущими материалами
	Грунтощебеночные и грунтогравийные, обработанные вяжущими материалами
Простейшие	Грунтовые, улучшенные минеральными материалами
	Гравийные, щебеночные и шлаковые

транспорта и, следовательно, значительного увеличения себестоимости перевозок.

Особенностью городского движения является необходимость частых остановок транспорта перед светофорами у перекрестков, что оказывает влияние на состояние дорожных покрытий, поэтому при выборе типа дорожных покрытий приходится предъявлять высокие требования к устойчивости покрытия на сдвиг. При разгоне и особенно при торможении на покрытиях возникают кроме вертикальных значительные горизонтальные силы, которые зависят от скорости движения перед началом торможения, интенсивности торможения и от продольного уклона. Характерные для городского движения троллейбусы имеют более высокие динамические качества, чем автомобили, и развивают более высокие скорости и ускорения при движении навстречу уклону.

Подземные сооружения, располагаемые под городской улицей, и трамвайные пути также усложняют конструкцию городских дорог. При ремонте коммуникаций, расположенных под проезжей ча-

стью, приходится рыть траншеи. После заделки траншей остаются участки, на которых в дальнейшем возможны просадки и повреждения покрытий. Кроме того, наличие подземных сооружений приводит к необходимости устраивать разнообразные люки на проезжей части. Чтобы сократить до минимума рытье траншей, необходимо координировать ремонтные работы, проводимые различными ведомственными организациями, а при новом строительстве прокладки сетей вести вне пределов проезжей части.

Следует также иметь в виду, что при очистке проезжей части рабочие органы подметально-уборочных машин и хлористые соли, применяемые при отрицательных температурах, также оказывают значительное влияние на покрытия.

В результате изложенного можно выделить основные требования, предъявляемые к одеждам городских дорог и улиц. Дорожные одежды должны быть прочными, долговечными, износоустойчивыми, сдвигоустойчивыми, простыми в эксплуатации, иметь ровную и вместе с тем достаточно шероховатую поверхность. При строительстве дорожных одежд нужно использовать комплексную механизацию. Конструкции одежд должны быть изготовлены из местных материалов и легко восстанавливаться после их вскрытия. Дорожные покрытия на городских улицах и дорогах, а также в путях трамвая должны быть бесшумными и беспыльными, легко очищаться машинами.

Поверхностный сток воды от дождей, таяния снега, поливки улиц должен направляться в сторону проезжей части, собираться в ее лотках и по ним отводиться в водоприемные колодцы закрытой водосточной сети. При больших продольных уклонах проезжей части создаются значительные скорости течения и вода может подмыть и разрушить дорожные одежды, а при минимальных уклонах она может задержаться и проникнуть в основание дорожной одежды. Поэтому к водонепроницаемости городских дорожных одежд предъявляются повышенные требования, которым в наибольшей степени отвечают покрытия усовершенствованного типа. Дорожные одежды простейшего типа устраивают в городе только на улицах местного движения и лишь в период первой очереди строительства с последующим использованием их в качестве основания под покрытия более совершенных типов.

Следует отметить, что усовершенствованные дорожные одежды из штучных материалов применяют редко из-за больших затрат ручного труда.

В настоящее время из числа усовершенствованных дорожных покрытий наибольшее распространение получили асфальтобетонные, создающие максимальные удобства для движения транспортных средств и пассажиров.

Широкое применение асфальтобетонных покрытий обусловлено многими присущими им положительными свойствами. Основные из них:

достаточная механическая прочность, благодаря чему асфальто-

бетонные покрытия хорошо воспринимают усилия, возникающие при прохождении транспортных средств;

способность к допускаемым упругим и пластическим деформациям, в результате чего асфальтобетонные покрытия могут воспринимать возникающие напряжения без разрушений;

хорошее сцепление автомобильных шин с асфальтобетонным покрытием, обеспечивающее безопасность движения. В необходимых случаях оно может быть увеличено за счет повышения шероховатости поверхности покрытия (путем втапливания в него щебня или поверхностной обработки) либо увеличения фрикционной способности введением в асфальтобетонную смесь добавок соответствующих полимерных материалов;

возможность получения ровной поверхности при сравнительно небольшой жесткости покрытия, чем обеспечивается бесшумное и скоростное движение автомобилей;

гигиеничность асфальтобетонных покрытий, легко поддающихся очистке и промывке. Это качество особенно ценно для городских дорог;

высокая демпфирующая способность (т. е. способность к поглощению колебаний), благодаря чему асфальтобетонные покрытия разрушаются от вибрации меньше, чем, например, цементно-бетонные. В условиях современного интенсивного движения транспорта эта особенность асфальтобетонных покрытий приобретает большое значение;

сравнительная простота ремонта покрытий, а также возможность повторного использования снимаемого старого асфальтобетона;

возможность широкой механизации работ при приготовлении асфальтобетонных смесей, устройстве и ремонте покрытий.

Дорожные одежды с асфальтобетонными покрытиями, как правило, имеют следующие конструктивные слои: покрытие (одно- или двухслойное); основание (одно- или двухслойное); подстилающий слой (дополнительный слой основания) — дренирующий, морозозащитный, выравнивающий, противозаиливающий.

Однослойное асфальтобетонное покрытие устраивают только на основании, верхний слой которого состоит из черного щебня или из щебня, обработанного битумом по способу пропитки. Однослойные покрытия и верхний слой двухслойных покрытий устраивают из плотного асфальтобетона всех типов, предусмотренных ГОСТ 9128—76.

Для нижних слоев покрытия преимущественно применяют пористый крупно- и среднезернистый асфальтобетон. В соответствии с ВСН 93—73 (Инструкция по строительству дорожных асфальтобетонных покрытий) толщину однослойного покрытия из горячего и теплого асфальтобетона рекомендуется принимать от 4 до 6 см, из холодного — 3—4 см; в двухслойном покрытии толщина верхнего слоя из мелко- и среднезернистого асфальтобетона принимается 3,5—5 см, из песчаного — 3—3,5 см; толщина нижнего слоя из среднезернистого асфальтобетона 4—6 см, из крупнозернистого — 5—6 см.

Общую толщину двухслойных покрытий с верхним слоем из щебенистого асфальтобетона (типа А, Б, В) принимают равной 7,5—11 см, из песчаного (типа Г, Д) — 7—9,5 см.

Как было сказано ранее, основания под покрытием применяются с целью уменьшения удельного давления на грунт земляного полотна от подвижной нагрузки. В общем виде рекомендации по выбору типа основания под асфальтобетонные покрытия состоят в следующем:

на магистралях, где местные просадки должны быть исключены, основание следует устраивать только из укрепленных материалов. Неукрепленные щебень и гравий можно применять только в нижних слоях оснований;

укрепленные материалы для устройства оснований следует выбирать с учетом климатических условий и движения. Чем суровее и континентальнее климат, тем деформативнее должно быть основание. По степени деформативности основания в убывающем порядке располагаются следующим образом: щебеночные, обработанные битумом; комбинированные; шлакоминеральные; цементоминеральные; бетонные;

при необходимости устройства цементно-бетонных и цементоминеральных оснований асфальтобетонные покрытия на них должны быть тем толще, чем больше суточные и годичные перепады температуры.

В укрепленных основаниях применяют: щебень (фракционированный и нефракционированный) из местных каменных материалов, в том числе малопрочных известняков; щебень из шлака, несортированный материал шлаковых отвалов; гравий и песчано-гравийные смеси; песок, грунты.

В качестве вяжущих используются: минеральные — цемент, известь, гранулированный доменный шлак, золы уноса, смеси зол или шлаков с цементом, молотые и самораспадающиеся металлургические шлаки, молотые фосфорные шлаки с жидким стеклом; органические — битумы, дегти, битумные и дегтевые эмульсии, тяжелые нефти, смеси битумных эмульсий с цементом.

Основания из каменных материалов с органическими вяжущими могут быть устроены следующими способами: из горячих асфальтобетонных смесей марок 3 и 4 или черного щебня; смешением на дороге щебеночных или гравийных материалов с жидким битумом или с битумной эмульсией, с тяжелой нефтью, комбинированным вяжущим — битумная эмульсия+цемент; пропиткой слоя щебня битумом, эмульсией, известково-битумным шламом.

Основания из горячих асфальтобетонных смесей или черного щебня толщиной 15—25 см по сравнению с любым другим основанием в наибольшей степени соответствуют условиям тяжелого интенсивного движения во всех дорожно-климатических зонах, особенно на севере и в районах с континентальным климатом. Такие основания отличаются следующими преимуществами:

возможностью устраивать гибкий и упругий слой, работающий

под воздействием транспортных нагрузок в упругой стадии без заметных просадок;

возможностью устраивать слой без швов, обладающий такой деформативностью при низких температурах, которая в известных пределах исключает возможность появления в основании и покрытии температурных трещин даже в районах с суровым или резко континентальным климатом;

полной совместимостью теплофизических и механических свойств слоев покрытия и основания, что способствует их совместной гармоничной работе не только под влиянием транспортных нагрузок, но и при изменениях температуры;

полной механизацией работ и технологичностью строительства;

допустимостью длительного перерыва между устройством основания и покрытия без ущерба для движения;

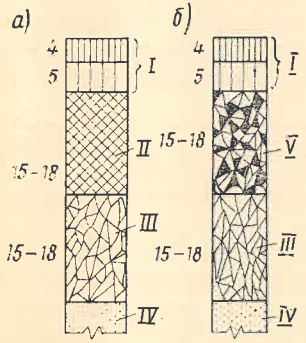


Рис. 1. Конструкции дорожных одежд:

I — двухслойное асфальтобетонное покрытие; *II* — верхний слой основания из низкомарочной асфальтобетонной смеси; *III* — нижний слой основания из щебня, укатанного с поливкой водой; *IV* — подстилающий слой; *V* — верхний слой основания из черного щебня

возможностью применения малопрочных известняков и других местных материалов даже на дорогах высших категорий.

Основания, устроенные методом смешения на дороге. При этом методе в качестве вяжущего применяют: жидкий битум, битумную эмульсию, тяжелую нефть, комбинированное вяжущее — битумную эмульсию+цемент. Минеральные материалы должны быть скелетными, что повышает их сопротивление сдвигу.

Жидкие битумы и тяжелые нефти рекомендуется применять главным образом с известняковыми минеральными материалами, обладающими значительной сорбционной способностью по отношению к легким фракциям вяжущих и поэтому как бы загущающими вяжущее, что повышает прочность битумоминеральной смеси.

На рис. 1, *а* показаны конструкции дорожных одежд с основанием из асфальтобетонных смесей, а на рис. 1, *б* — из битумощебеночных.

Основания, устроенные методом пропитки. Пропитка щебня в основании производится горячим вяжущим: битумом или битумной эмульсией, известково-битумным шламом. Достоинством такого метода устройства основания являются его простота и технологичность, однако у него есть и существенные недостатки: для пропитки

пригодны только прочные каменные материалы; слой щебня, связанного битумом (шламом), не может быть толще 10 см. Этими недостатками объясняется ограниченность применения такого метода.

Конструкции дорожных одежд с щебеночными основаниями,

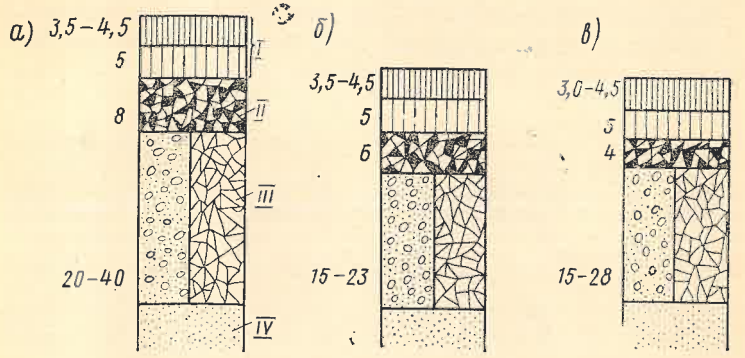


Рис. 2. Конструкции дорожных одежд с щебеночными основаниями, верхний слой которых устроен методом пропитки:

а — на дорогах I категории; *б* — II категории; *в* — III категории; *I* — асфальтобетон; *II* — щебень с пропиткой; *III* — щебень, гравийная смесь или шлаковый щебень; *IV* — подстилающий слой

верхний слой которых устроен методом пропитки, показаны на рис. 2.

Основания из зольно-минеральных смесей. Золы уноса, образующиеся на тепловых электростанциях при сжигании каменного угля или торфа, могут применяться для укрепления каменных материалов и грунтов при устройстве оснований как самостоятельное медленно твердеющее вяжущее или как активный компонент смешанного вяжущего (рис. 3).

Основания из бетона и материалов, укрепленных цементом (рис. 4). Эта группа оснований нашла самое широкое распространение в мировой практике дорожного строительства. Еще в начале 30-х годов в Харькове и Москве начали устраивать основания из бетона марок 250—300, конструкция которых не отличалась от конструкции бетонных покрытий. В таких основаниях устраивают как поперечные, так и продольные швы.

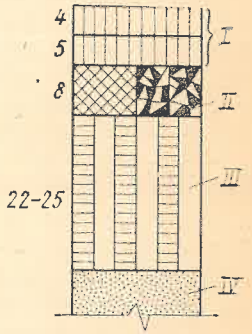


Рис. 3. Конструкция дорожных одежд с основанием из зольно-минеральных смесей:

I — двухслойное асфальтобетонное покрытие; *II* — верхний слой основания из низкомарочной асфальтобетонной смеси или черного щебня; *III* — нижний слой основания из щебня или дробленого гравия, укрепленного золами уноса с добавкой цемента; *IV* — подстилающий слой

Начиная с 60-х годов применяют основания из тощего бетона, а также из каменных материалов или грунтов, укрепленных цементом.

Вторым видом усовершенствованных покрытий капитального типа являются жесткие дорожные покрытия цементно-бетонные и железобетонные. При эксплуатации покрытий жесткого типа колесная нагрузка распределяется на значительную площадь основания, поэтому удельные нагрузки в этом случае меньше, чем при применении нежестких дорожных одежд.

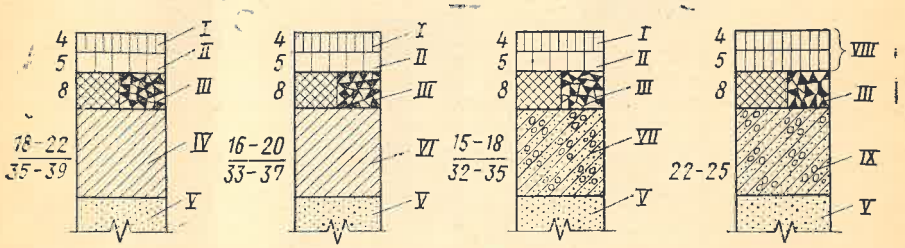


Рис. 4. Основания из бетона и материалов, укрепленных цементом:

I — асфальтобетон из мелко- или среднезернистой смеси; *II* — асфальтобетон из крупнозернистой смеси; *III* — низкомарочная асфальтобетонная смесь или черный щебень; *IV* — тощий бетон М70—М90 без швов; *V* — подстилающий слой; *VI* — тощий бетон М110—М150 без швов; *VII* — бетон М200—М250 со швами; *VIII* — двухслойное асфальтобетонное покрытие; *IX* — щебень или дробленый гравий, укрепленный малым количеством цемента

Современные жесткие дорожные одежды можно классифицировать по ряду признаков: по характеру технологического процесса работ на месте постройки (сборные, монолитные); по методу армирования (бетонные, железобетонные, предварительно напряженные); по некоторым основным признакам конструкции (одно- или двухслойные, с внешним или внутренним обжатием и т. п.).

Рациональная конструкция монолитных цементно-бетонных покрытий городских улиц во многом предопределяет долговечность, прочность и эксплуатационные качества дорожной одежды. В настоящее время основным типом жестких покрытий является монолитная бетонная одежда дорог и улиц. В ряде случаев находят применение железобетонные покрытия.

В общем случае жесткая дорожная одежда с покрытием монолитного типа может иметь следующие конструктивные слои: покрытие, выравнивающий слой, основание, дополнительный слой основания. Покрытие воспринимает непосредственное воздействие нагрузок от колес автомобиля и обеспечивает безопасный проезд городского транспорта с расчетными скоростями. Покрытие можно выполнять из неармированного или армированного бетона одно- и двухслойным. Двухслойные покрытия применяют с целью использования в бетоне нижнего слоя менее прочных и морозостойких материалов. Выбор и назначение конструкции одно- или двухслойного покрытия обосновывают технико-экономическими расчетами. Толщина верхнего слоя бетона в двухслойных покрытиях

должна быть не менее 6 см. Общую толщину покрытия принимают по расчету. Ориентировочная толщина покрытий городских улиц, вводимых в эксплуатацию в 28-дневном возрасте, приведена в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика бетона	Интенсивность движения (количество грузовых автомобилей в сутки на одну полосу)	Толщина бетонной плиты, см, при грунте земляного полотна			
		супеси легкие и оптимальные смеси	пески пылеватые, супеси тяжелые	легкие и тяжелые суглинки и глины	супеси пылеватые и тяжелые пылеватые, суглинки пылеватые легкие и тяжелые
Бетон марок 350, 400, предел прочности на растяжение при изгибе 50 кгс/см² (5 МПа), при классе нагрузки:					
Н-30	>3 000	20	22	22	24
Н-10	300—100	16	18	18	20

Основание под цементно-бетонными и железобетонными покрытиями применяют с целью уменьшения удельного давления на грунт земляного полотна от подвижной нагрузки, что особенно необходимо под стыками плит покрытия, а также для предотвращения выдавливания увлажненного грунта через швы и из-под кромок покрытия.

На городских магистралях и скоростных дорогах с преобладанием тяжелого грузового движения цементно-бетонные покрытия укладывают на основания из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, а также на щебеночные и гравийные основания. При укреплении грунтов различными вяжущими материалами последовательно осуществляют комплекс технологических и строительных мероприятий, в результате чего грунты приобретают связность, механическую прочность, морозо- и водоустойчивость. В качестве вяжущих применяют как неорганические (цементы, известь), так и органические материалы (битумы, битумные эмульсии). Синтетические высокомолекулярные смолы (фурфурол-анилиновые и др.), а также каменноугольные дегти, применяемые для укрепления грунтовых оснований на загородных дорогах, в городах, не применяют вследствие их токсичности.

Песчаные основания допускается устраивать на улицах с небольшой интенсивностью движения, внутриквартальных проездах при благоприятных природных условиях, исключающих переувлажнение основания.

На рис. 5 показаны конструкции цементно-бетонных покрытий, используемые в дорожном строительстве Москвы. При укладке по-

крытий на супесчаных грунтах земляного полотна применяют многослойную конструкцию на основании из укрепленного цементом (10—12%) или битумом (8—10%) слоя песка толщиной 14 см (рис. 5, *а*).

При устройстве покрытий на проезжей части магистральных улиц общегородского и районного значения при глинистых и суглинистых подстилающих грунтах применяют армирование верхней зоны покрытия рулонной сварной сеткой из холоднотянутой проволоки диаметром 4—6 мм с расходом на 1 м² 2—3 кг металла.

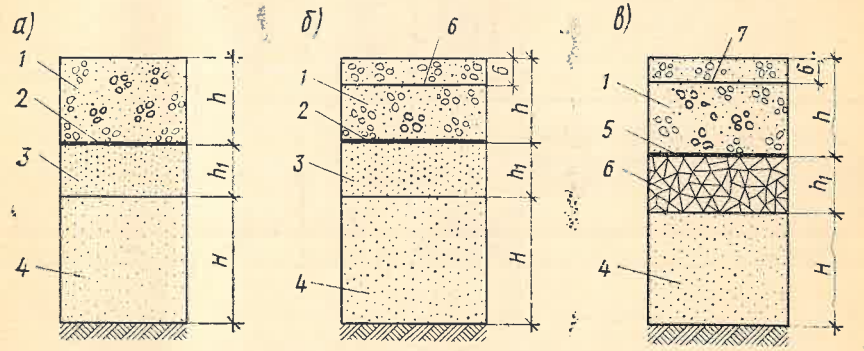


Рис. 5. Конструкции цементно-бетонных покрытий:
1 — бетонная плита; *2* — слой, обработанный битумной эмульсией; *3* — основание из стабилизованного песка; *4* — подстилающий (морозозащитный) слой; *5* — битумизированная бумага или слой щебня, обработанный битумом по способу полупропитки; *6* — щебеночное основание; *7* — арматурная сетка

Сетку укладывают в однослойных покрытиях на 6 см ниже поверхности бетона (рис. 5, *б*), в двухслойных — между верхним и нижним слоями.

При использовании щебеночного основания (рис. 5, *в*) толщину основания принимают равной 15 см, а в качестве материала используют известняковый щебень прочностью не ниже 600 кГ/см² (60 МПа) и крупностью зерен не более 70 мм. Во всех случаях основания укладывают на подстилающий (морозозащитный) слой из песка или песчано-гравийной смеси. Толщину подстилающего слоя устанавливают проектом с учетом степени увлажнения прилегающей территории и типа грунта земляного полотна.

Для улучшения скольжения и уменьшения смерзания цементно-бетонных плит с основанием его поверхность обрабатывают при пескоцементной смеси — битумной эмульсией, а при щебеночном слое — полупропиткой битумом. Для снижения внутренних напряжений в бетоне и предотвращения трещинообразования покрытия разделяют на отдельные плиты деформационными швами, которые устраивают как поперек, так и вдоль дороги. Деформационные швы должны удовлетворять следующим условиям: обеспечивать возможность свободных горизонтальных перемещений плит одна относи-

тельно другой; не ослаблять чрезмерно прочность покрытия и не создавать на нем неровностей; не допускать просачивания воды и попадания в них песка и мелких камней; в возможно меньшей степени осложнять строительство.

В соответствии с рекомендациями НИИМосстроя ВСН 6—67 в цементно-бетонных покрытиях расстояние между швами расширения выбирают в зависимости от температуры наружного воздуха в момент укладки бетона и наличия арматурной сетки. Максимальное расстояние между швами расширения цементно-бетонных оснований установлено в 120 м. Швы расширения обязательно устраивают в конце рабочей смены.

Рекомендуемые расстояния между поперечными температурными швами на городских магистралях приведены в табл. 4, а схема расположения швов — на рис. 6.

Таблица 4

Температура наружного воздуха в момент бетонирования, °С	Расстояние между поперечными температурными швами при покрытиях			
	неармированных		армированных	
	l	L	l	L
5—20	6—7	50	8—10	80
>20	6—7	80	8—10	120

Изменения ширины раскрытия швов расширения, вызываемые перемещением плит от расширения или сжатия, компенсируются деформированием материала упругой прокладки шва. В качестве прокладок применяют дерево мягких пород и в ряде случаев синтетические материалы (резину, тиокол, полиуретан, неопрен и др.).

В швах сжатия устраивают тонкую прокладку, предотвращающую сцепление бетона смежных плит, или это сцепление исключается обмазкой вертикальных граней плит битумом, а также устройством ложных швов. Ложные швы в плите создают ослабление сечения, для чего плиту прорезают сверху, как правило, на одну треть толщины. При возникновении в плите опасных температурных или усадочных растягивающих напряжений разрыв ее происходит по заранее намеченному ослабленному сечению. В результате ложный шов превращается в шов сжатия. С целью создания большей ровности бетонных покрытий целесообразно верхний паз ложного шва нарезать корундовыми дисками в первые дни твердения бетона во избежание его растрескивания.

Для обеспечения совместной работы плит под нагрузкой и предотвращения их вертикального смещения с одновременной возможностью деформаций при изменении температуры шов расширения снабжен штырями, располагаемыми через 300 мм друг от

друга. Штыри поочередно заанкерены в одной из плит, а с другой не имеют сцепления за счет обмазки битумом.

На рис. 7 показана конструкция поперечных швов сжатия и расширения, а на рис. 8 — конструкция продольных швов. На рис. 9 показано расположение штырей в швах различных типов. Иногда применяют бесштыревую конструкцию шва расширения. В этом случае концы смежных плит укладывают на подшовную бетонную плиту, которая предотвращает вертикальное смещение кромок. При нарезке швов в отвердевшем бетоне их можно устраивать под углом 12—15° к оси дороги, что исключает одновременную загрузку края плиты колесами автомобиля. При этом улучшается ровность и повышаются эксплуатационные качества покрытия.

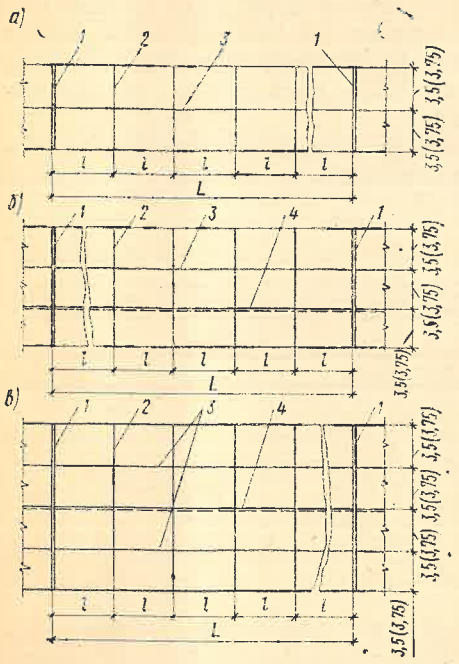


Рис. 6. Расположение температурных швов в цементно-бетонных покрытиях:
а — при ширине проезжей части 7 (7,5) м; *б* — при ширине проезжей части 10,5 (11,25) м; *в* — при ширине проезжей части 14 (15) м; *1* — шов расширения; *2* — поперечный шов по типу ложного; *3* — продольный шов по типу ложного; *4* — продольный шов шпунтового типа

Для удаления влаги из песчаного подстилающего слоя устраивают продольные дренажи мелкого заложения. Воду из всех дренажных колодцев необходимо выпускать в боковые коллекторы городского водостока. Дорожный дренаж мелкого заложения проектируют в виде продольных или поперечных трубчатых дрен. На односкатных проездах шириной до 7 м продольный дренаж располагают с одной стороны проезжей части под пониженным лотком. При двускатных проездах до 7 м дну корыта придают односторонний уклон и дренаж прокладывают лишь с пониженной стороны. На двускатных проездах шириной более 7 м дренажи располагают под обоими лотками. На рис. 10 показан продольный дорожный дренаж, укладываемый под лотком проезжей части. Поперечные дренажи закладывают при продольном уклоне более 3‰.

В железобетонных покрытиях растягивающие напряжения, возникающие под действием подвижных нагрузок и температуры, воспринимает рабочая арматура. Надежное сцепление арматуры с бетоном является основным фактором, обеспечивающим совместную работу стали и бетона в железобетонном покрытии. Надежное

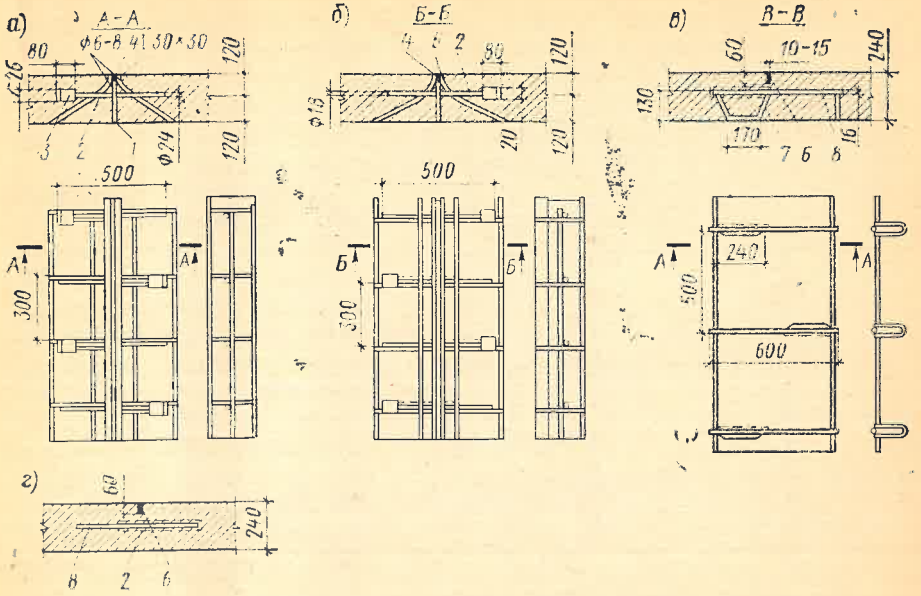


Рис. 7. Конструкция поперечных швов:

а **— шов расширения с кромкой из уголков;** ***б*** **— шов расширения с кромкой из металлических полос;** ***в*** **— шов сжатия (штыри крепят к металлическим корзинам);** ***г*** **— шов сжатия (штыри укладывают на нижний слой бетона);** ***1*** **— доска сечением 20×210 мм;** ***2*** **— обмазка битумом;** ***3*** **— колпачок из картона;** ***4*** **— битумная мастика или резиновая прокладка;** ***5*** **— металлическая полоса размером 5×50 мм;** ***6*** **— битумная мастика;** ***7*** **— корзинка из стали диаметром 6 мм;** ***8*** **— металлический штырь диаметром 18 мм, длиной 600 мм**

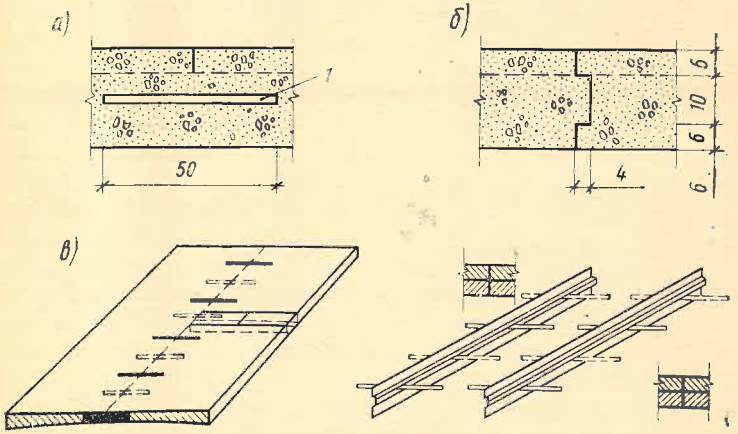


Рис. 8. Конструкция продольных швов:

а **— продольный шов по типу ложного;** ***б*** **— продольный шов шпунтового типа без анкеров;** ***в*** **— то же, с анкерами;** ***1*** **— штырь**

сцепление арматуры с бетоном создается тремя основными факторами: сопротивлением бетона усилиям среза, обусловленным выступами (в профилированной арматуре) и другими неровностями на поверхности арматуры; силами трения, возникающими на поверхности арматуры благодаря обжатию арматурных стержней бетоном при его усадке; схватыванием арматуры с бетоном.

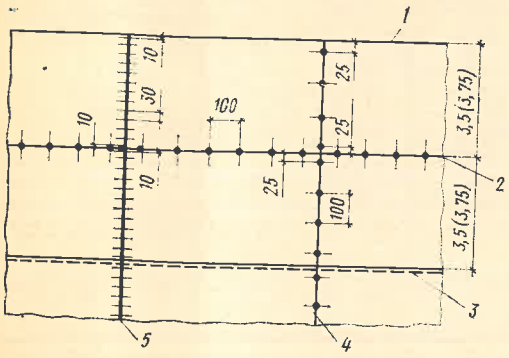


Рис. 9. Расположение штырей в швах:
1 — кромка проезжей части; *2* — продольный шов по типу ложного; *3* — продольный шов шпунтового типа; *4* — поперечный шов по типу ложного; *5* — шов расширения

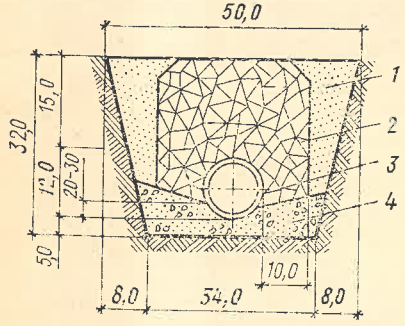


Рис. 10. Продольный дренаж:
1 — песок; *2* — щебень; *3* — асбоцементная труба; *4* — бетонная подготовка

Проектным институтом «Мосинжпроект» разработаны конструкции монолитных железобетонных покрытий городских дорог с использованием сварных арматурных сеток (каркасов) из стали класса А-III диаметром 10, 12 и 14 мм при длине плит 20, 50 и 80 м. На рис. 11 показано расположение арматурных сеток в покрытиях. Сетки стыкуют внахлестку, причем сами стыки располагают вразбежку. Высотное положение сеток фиксируют бетонными подкладками.

Дорожные одежды работают под действием подвижных нагрузок, вызывающих в жестких покрытиях, разделенных температурными швами, знакопеременные напряжения в верхней и нижней зонах плит. Предельная растяжимость тяжелого бетона составляет 0,1—0,2 мм на 1 м, в силу чего в железобетонных конструкциях появляются первые трещины, когда растягивающие напряжения в арматуре составляют всего лишь 200—300 кгс/см^2 (20—30 МПа).

Повысить трещиностойкость жестких покрытий капитального типа удается только при устройстве их из предварительно напряженного бетона. В связи с этим, а также в связи с повышением требований к несущей способности и к эксплуатационным качествам дорожных одежд в последнее время начинают находить распространение дорожные покрытия из монолитного предварительно

напряженного бетона и железобетона. Предварительно напряженными называются такие покрытия, в которых предварительно, в процессе строительства, создаются собственные напряжения.

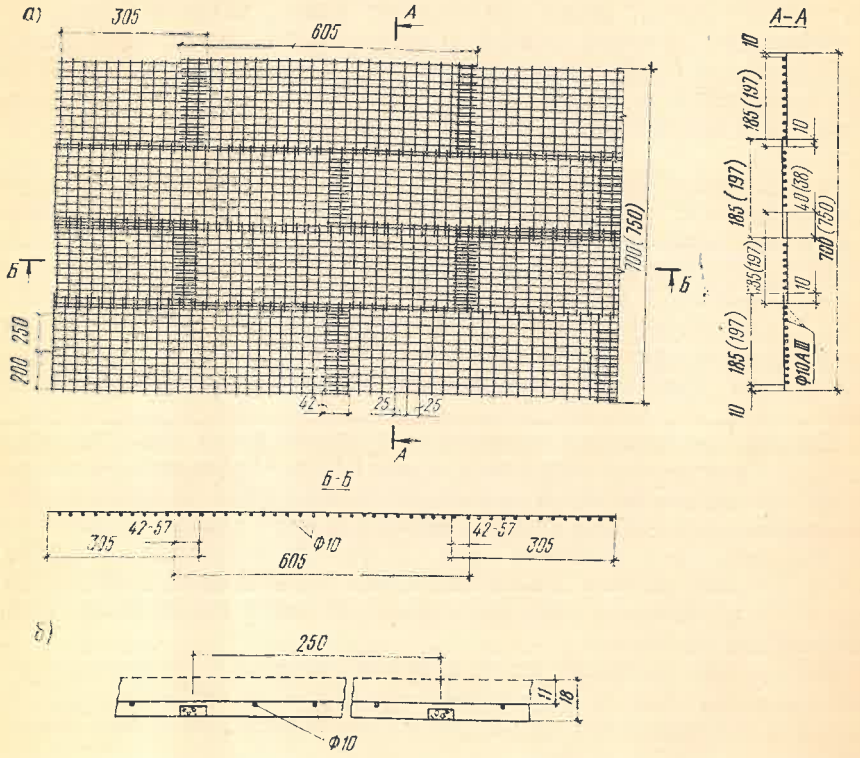


Рис. 11. Расположение арматурных сеток в покрытии:
а — стыкование сеток; *б* — расположение подкладок

Существует несколько решений создания предварительно напряженных покрытий (рис. 12), которые можно свести к двум системам: неподвижная, состоящая из плит, деформации которых в продольном направлении невозможны; подвижная, т. е. допускающая перемещения плит за счет стыковых устройств.

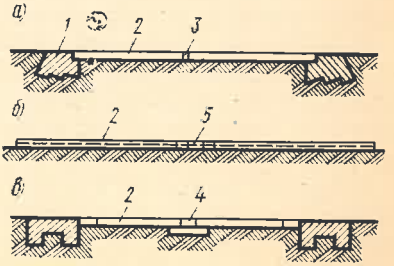


Рис. 12. Системы предварительно напряженных покрытий:
1 — концевой упор; *2* — покрытие; *3* — рабочий шов; *4* — упругий шов; *5* — технологический разрыв

В неподвижной системе предварительное напряжение создается приложением к бетону сжимающих усилий специальными устройствами, располагаемыми в швах, а само покрытие жестко закреплено между неподвижными анкерными упорами (рис. 12, *а*). Вначале устраивают упоры, затем укладывают плиту, делая в одном или в нескольких сечениях зазоры (швы), в которые устанавливают домкраты для создания предварительного напряжения. В этой системе изменение величины предварительного напряжения обусловливается изменениями температуры и упругими свойствами бетона.

В подвижной системе плиты могут расширяться или сжиматься под влиянием температурно-влажностных изменений. В связи с этим покрытие разделяют швами, конструкции которых позволяют воспринимать перемещения плит без повреждения заполнения швов. Подвижная система допускает скольжение плит по основанию, а следовательно, появляется сила трения, в связи с чем изменяется сила предварительного напряжения в бетоне. Перемещение концов плит обеспечивает продольную устойчивость покрытия.

По способу обжатия подвижные системы могут быть двух видов: 1) с внутренним обжатием (рис. 12, *б*). Предварительное напряжение осуществляется натяжением арматуры, расположенной в сечении плиты. Швы между плитами в этом случае называются свободными; 2) с внешним (рис. 12, *в*). Предварительное напряжение осуществляется домкратами или какими-либо другими упругими устройствами, установленными в месте стыка плит. Швы называются упругими.

По способу напряжения подвижная система с внутренним обжатием может быть с натяжением арматуры до бетонирования на упоры и с натяжением арматуры на затвердевший бетон конструкции.

Плиты могут иметь напрягаемую арматуру только в продольном направлении, в продольном и поперечном направлениях, в диагональном направлении и по периметру плит.

Подвижная система с внешним обжатием, в зависимости от материалов упругих швов, создающих напряжение, делится: на механическую — применяются упругие металлические элементы из высокопрочной холоднотянутой проволоки; гидравлическую — в качестве упругого материала используют жидкость под давлением; пневматическую — упругим материалом служит сжатый воздух.

В системах с внешним обжатием напряжение может создаваться винтовыми или гидравлическими домкратами, пневматическими устройствами, пучками высокопрочной проволоки, расположенными вдоль оси плит (швы с гребенчатым устройством) или поперек оси плит (волнистые в плане швы) и бетонными клиньями.

Сборные покрытия городских дорог могут конкурировать с монолитными лишь в том случае, если они обеспечивают сохранение высокой ровности поверхности. Швы между плитами сборных покрытий вызывают удары колес, затрудняют передачу усилий с пли-

ты на плиту, являются источником проникания воды в основание и требуют трудоемкого и систематического ухода в период эксплуатации.

Одежды из сборных плит небольших размеров существенно увеличивают длину швов на единицу поверхности, поэтому при разработке конструкций сборных дорожных одежд следует ориентироваться на применение плит больших размеров. В этом случае резко сокращается протяженность швов, ускоряется процесс сборки, уменьшаются затраты труда. Кроме того, крупноразмерные плиты в силу большей устойчивости создают лучшие условия работы покрытия.

Устойчивое положение плит в покрытии во многом зависит от конструкции стыковых соединений. При этом следует иметь в виду, что шарнирные стыки не обеспечивают передачу изгибающего момента, упругоподатливые стыки позволяют передавать влияние поперечных сил, а жесткие — частичное влияние изгибающего момента.

Из сборных железобетонных плит устраивают постоянные и временные покрытия. Постоянные покрытия устраивают на городских и районных магистралях, на улицах промышленных и складских районов с интенсивной тяжелой нагрузкой. Временные покрытия из сборных железобетонных плит применяют на временных дорогах (в том числе для построечного транспорта в районах жилого и промышленно-складского строительства), на больших насыпях при возможной осадке оснований.

По форме в плане плиты могут быть квадратные, прямоугольные и шестиугольные, а по профилю — сплошные, плоские и ребристые.

Толщина железобетонных дорожных плит, выпускаемых в настоящее время, колеблется от 160 до 200 мм при размерах в плане от 1,5×1,5 до 3,5×3 м. Армирование во всех случаях осуществляется пространственными каркасами из арматуры класса А-III диаметром 5—12 мм. Расход арматуры колеблется от 6 до 15 кг на 1 м^2 покрытия.

В дорожных плитах из обычного железобетона раскрытие трещин ограничивают применением сварных арматурных каркасов и стали периодического профиля. Это позволяет использовать сталь с пределом текучести до 3500—4000 кгс/см^2 (350—400 МПа). Применять более прочные стали, что позволило бы снизить расход арматуры и ее стоимость, нецелесообразно из-за недопустимого раскрытия трещин.

В настоящее время предприятиями Главмоспромстройматериалов освоено массовое производство шестиугольных железобетонных дорожных плит, изготовляемых методом силового вибропроката. Для укладки в покрытие при различной ширине проезжей части используют плиты трех типоразмеров (рис. 13). Все модификации плит армированы сварными каркасами. В табл. 5 приведена техническая характеристика этих плит.

Таблица 5

Марка плиты	Длина стороны, см	Толщина плиты, см	Площадь постели плиты, м²	Объем плиты, м³	Расход металла, кг	
					на 1 плиту	на 1 м² плиты
ДСШ-3	116	18	3,52	0,63	20,2	5,74
ДС-4В	—	18	1,76	0,315	11,06	6,27
ДС-5В	—	18	1,76	0,315	10,28	5,84

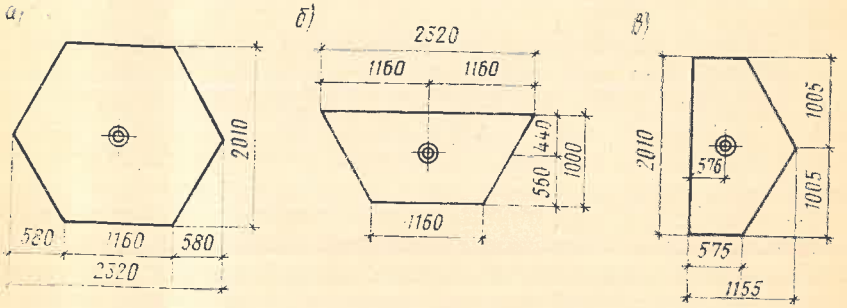


Рис. 13. Опалубочные чертежи плит:
а — марка ДСШ-3; *б* — марка ДС-4В; *в* — марка ДС-5В

Таблица 6

Тип плиты	Размер в плане, м	Толщина, см	Масса бетона, т	Марка бетона	Объем бетона на плиту, м³	Расход арматуры, кг	
						предварительно напряженной	ненапряженной
ПДГ-2-6С	2×6	14	4,2	300	1,68	50,3 / 4,2	68,5 / 5,7
ПДГ-1,5-6С	1,5×6	14	3,15	300	1,26	39,1 / 4,3	55,7 / 6,2
ПДГ-1,2-6С	1,2×6	14	2,5	300	1,00	33,5 / 4,65	47,6 / 6,6

Примечание. В числителе указан расход арматуры на плиту, в знаменателе — на 1 м² площади плиты.

В последние годы в городском дорожном строительстве значительное внимание уделяют применению сборных железобетонных плит с предварительно напряженной арматурой.

Институт «Мосинжпроект» разработал для применения в городском дорожном строительстве в Москве конструкцию предварительно напряженной плиты шестиугольной формы. Предварительное

напряжение бетона в этой конструкции достигается установкой напрягаемой арматуры класса А-IV диаметром 16 мм. Расположение напрягаемых стержней обеспечивает многоосное обжатие бетона плиты. Для конструкции используют бетон М400 при Мрз200.

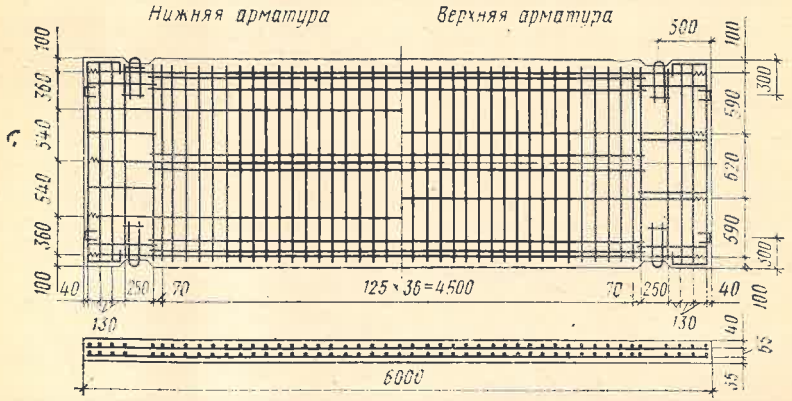


Рис. 14. Плита ПДГ-2-6С

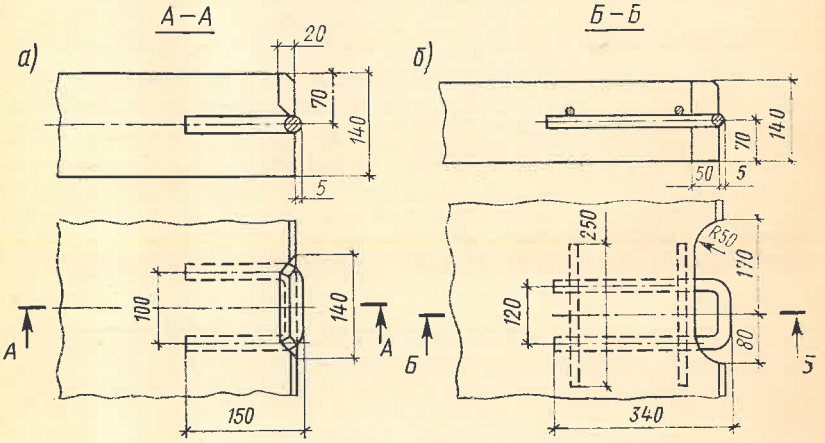


Рис. 15. Детали установки стыковых и монтажных скоб в плите:
а — стыковая скоба; *б* — совмещенная стыковая и монтажная скоба

Из плит прямоугольной формы первыми в городское дорожное строительство были внедрены сборные предварительно напряженные плиты ПДГ (плиты дорожные гладкие). Ширина плит этой серии колеблется от 1,2 до 2 м при длине 6 м и толщине 0,14 м. Плиты армированы в продольном направлении двойной напрягаемой стержневой арматурой периодического профиля из стали

класса А-IV, а в поперечном — обычной ненапрягаемой арматурой из холоднотянутой проволоки и стержневой класса А-II. Основные характеристики плит серии ПДГ указаны в табл. 6.

Из плит этой серии наилучшие эксплуатационные и экономические показатели имеет плита ПДГ-2-6С (рис. 14).

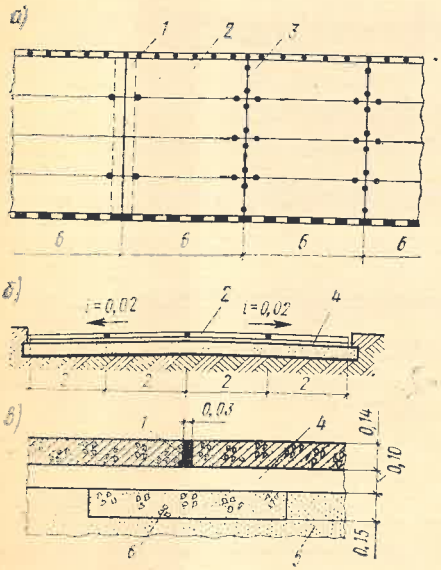


Рис. 16. Дорожная одежда из прямоугольных сборных плит (размеры даны в м):

а — план покрытия; *б* — поперечный профиль; *в* — шов расширения; *1* — шов расширения; *2* — сборная плита; *3* — стыковое соединение; *4* — песок, укрепленный битумом; *5* — дренирующий слой; *6* — бетонная подкладка

Конструкции разработаны для изготовления их на конвейерных заводах железобетонных изделий, а также на поточно-агрегатных линиях, имеющих крановое оборудование грузоподъемностью не менее 10 т. Напряжение продольной арматуры этих плит может осуществляться механическим и электротермическим способами. Для всех типов плит толщина защитного слоя бетона для нижней и верхней арматуры равна 27 мм. Для соединения в покрытии плит между собой в них предусмотрены закладные элементы в виде горизонтально расположенных стальных скоб. Скобы закладывают в плиты (рис. 15) при изготовлении и сваривают между собой в процессе монтажа покрытия.

Предварительно напряженные плиты можно укладывать по слою песка, укрепленного цементом или битумом. На рис. 16 показана конструкция дорожной одежды из сборных плит ПДГ-2-6С. Температурные швы расширения в покрытии устраивают на расстоянии 84 м друг от друга. Шов располагают на бетонной подкладке и заполняют мастикой.

§ 3. СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПУТЕЙ ТРАМВАЯ

Важным конструктивным элементом трамвайного пути является основание, определяющее в свою очередь и тип путевой конструкции. По главным конструктивным признакам все основания трамвайного пути делятся на три вида — шпальные, бесшпальные и сборные железобетонные. В последнее время начали внедрять основания из сборного железобетона, совмещающие в своей конструкции и дорожное покрытие. Такие основания могут быть выделены в отдельный вид — совмещенные основания.

Шпальные основания состоят из шпал, которые могут быть изготовлены из различных материалов (дерево, железобетон), и балласта в виде песка, щебня, гравия или других сыпучих материалов.

Современные бесшпальные основания состоят из одно- или двухслойной монолитной бетонной плиты, в которую заделывают или закрепляют рельсы.

Сборные железобетонные основания трамвайных путей применяют в виде плоских рам, панелей, блоков и подрельсовых лежней.

Совмещенные железобетонные основания могут иметь либо жесткое, либо шарнирное соединение с дорожным покрытием, обеспечивая тем самым объединенную с ним работу, т. е. совместные вертикальные прогибы при движении по пути вагонов.

Шпальные основания, как указывалось выше, имеют два элемента — шпалы и балласт. В зависимости от сыпучего материала, из которого устраивают балласт, шпальные основания делятся на два наиболее распространенных типа — шпально-песчаные (тип II) и шпально-щебеночные (тип III). Оба эти типа оснований могут иметь деревянные или железобетонные шпалы. Шпалы представляют собой брусья, укладываемые под рельсы поперек пути, и предназначаются для передачи давления от рельсов на балласт. Балласт предназначен для восприятия давления от шпал, равномерной передачи его на земляное полотно и пропуска через себя поверхностных вод, если они проникли в основание пути. Кроме того, балласт увеличивает поперечную устойчивость пути, препятствуя боковому перемещению шпал, что особенно важно для открытых, незамощенных путей, и обеспечивает необходимую упругость пути, смягчая удары колес о рельсы при движении вагонов. Балласт для трамвайных путей применяют из различных материалов — песка, щебня, гравия и шлаков.

По сравнению с песком щебень хорошо пропускает воду, не так быстро загрязняется и долго сохраняет свои упругие свойства. Преимущество щебня как балласта заключается еще и в том, что вынутый из пути при капитальном ремонте старый щебень может быть вновь уложен в путь после его отсева и промывки, тогда как старый песчаный балласт должен быть заменен новым, привезенным из карьера.

Для балластировки рельсового пути применяют также доменные, паровозные и мартеновские шлаки. Лучшим материалом для шлаковых балластов как по твердости, так и по водопроницаемости являются мартеновские шлаки; однако изготовление из них щебня обходится слишком дорого ввиду большой твердости этих шлаков. Паровозные шлаки имеют большую примесь золы и быстро уплотняются, теряя от этого свою водопроницаемость и упругость, а потому они должны быть отнесены к разряду плохих балластов. Кроме того, некоторые шлаки содержат в себе примеси, вредно влияющие на металлические части пути.

Укладываемые на балластный слой шпалы служат не только опорой для рельсов, но и связью между рельсовыми нитками одной

колеи. Несмотря на целый ряд недостатков деревянных шпал (недолговечность, недостаточная прочность и пр.), в настоящее время они имеют пока еще наибольшее распространение, хотя и вытесняются более прогрессивными железобетонными шпалами. Для устройства трамвайного пути применяют шпалы нормального железнодорожного типа длиной 2,7 м. Для поперечных размеров шпалы существует стандарт, которым установлено пять типов шпал.

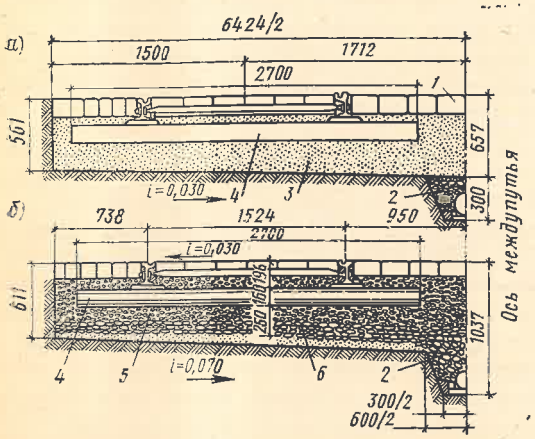


Рис. 17. Шпальные конструкции:
1 — брусчатка; *2* — путевой дренаж; *3* — песок; *4* — деревянная шпала; *5* — щебень фракции 5—15 мм; *6* — то же, 20—30 мм

Материалом для изготовления шпал служат следующие породы деревьев: дуб, бук, сосна, ель. Дуб является лучшим материалом, но он плохо подвергается пропитке и обладает способностью растрескиваться. Сосна — хороший материал для заготовки шпал, она имеет сильно насыщенную смолой сердцевину и мягкую заболонь, которая в сыром виде быстро загнивает, но зато очень хорошо и глубоко пропитывается. Сосна не растрескивается и обладает прямизною, облегчающей ее обработку; примерные сроки службы пропитанной креозотом сосновой шпалы — от 15 до 20 лет, непропитанной — 5 лет.

При укладке шпал в путь для предохранения их от преждевременного разрушения необходимы: предварительное сверление дыр в шпале для костылей с заливкой их креозотом; пропитка шпал веществами, предохраняющими их от гниения; применение металлических подкладок под рельсы для снижения давления на шпалу, деревянных пробок, забиваемых в старые костыльные дыры; набивка железных скоб на торцы шпал в случае появления торцовых трещин для предупреждения их дальнейшего распространения; все меры и средства по отводу воды от основания пути.

Пропитку шпал антисептиками — жидкостями, предохраняющими шпалу от загнивания, следует производить только на заводе со специальным оборудованием. Под давлением поверхностная обмазка шпал и даже погружение шпал в ванну с креозотом не достигают цели.

Конструкция типа II является шпально-песчаной с деревянными шпалами, желобчатыми рельсами и дорожным покрытием из брусчатого камня (рис. 17, *а*). По оси междупутья устраивают дренаж, если же земляное полотно составляют хорошие водопроницаемые

грунты и уровень грунтовых вод низкий, то устройство дренажа не обязательно.

Конструкция типа III (рис. 17, *б*) является шпально-щебеночной с деревянными шпалами, желобчатыми рельсами и дорожным покрытием из брусчатки. Глубина котлована по обочине и оси междупутья в конструкции типа III несколько бóльшая, несмотря на одинаковую толщину балласта под шпалой, так как для предохранения дна котлована от механического повреждения крупными щебенками устроен защитный подстилающий песчаный слой толщиной 5 см. При хорошем земляном полотне дренаж, так же как в конструкции типа II, может отсутствовать.

Эти две конструкции устраивают в тех случаях, когда трамвайные пути располагают в пределах и одном уровне с проезжей частью улиц, а также и при расположении пути на обособленном полотне на магистральных городских улицах. Конструкции типов II и III значительно распространены и имеют свои разновидности, отличающиеся в основном типами дорожного покрытия и дополнительными мероприятиями по укреплению земляного полотна. В конструкциях такого типа все более широко начинают применять железобетонные шпалы, имеющие значительные преимущества перед деревянными по долговечности, прочности, устойчивости и меньшим затратам на содержание пути.

Существует много типов железобетонных шпал, различающихся между собой формой поперечного сечения, видами армирования, способом изготовления и крепления рельсов. Поперечное сечение железобетонных шпал делают трапецеидальным, прямоугольным и переменным. Арматура применяется стержневая (гладкая или периодического профиля) и проволочная в виде тонких стальных струн диаметром не более 3 мм. Ранее шпалы изготовляли из обычного железобетона, но они плохо работали на динамические нагрузки от подвижного состава и быстро растрескивались. В настоящее время шпалы изготовляют преимущественно из предварительно напряженного железобетона или струнобетона, который является более устойчивым против трещинообразования.

Наиболее распространенными типами крепления рельсов к железобетонным шпалам были костыльное или шурупное с применением деревянных втулок. Такое крепление было недолговечным и снижало тем самым положительные качества железобетонной шпалы. В настоящее время применяют более удобные и надежные долговечные типы крепления. Эти крепления делают жесткими, упругими или эластичными. Все они в своей конструкции имеют в качестве основных деталей, закладываемых в бетон, лапки или клеммы, прижимающие рельс к шпале, и болты, соединяющие лапки с анкерным устройством.

По конструктивным особенностям применяемые в настоящее время железобетонные шпалы можно разделить на следующие основные типы: 1) цельнобрусковые, состоящие из одного жесткого железобетонного бруса с постоянным или переменным сечением по длине; 2) двухшарнирные, состоящие из трех железобетонных брус-

ков, соединенных между собой по длине стержневой арматурой, с проложенными между брусками упругими прокладками из полимерных материалов; 3) шпальные коротыши (полушпалы), представляющие собой короткие железобетонные опоры под каждую рельсовую нитку.

Основным типом железобетонных трамвайных шпал принята цельнобрусковая струнобетонная шпала (рис. 18). Струнобетонные шпалы, сконструированные Ленинградским научно-исследователь-

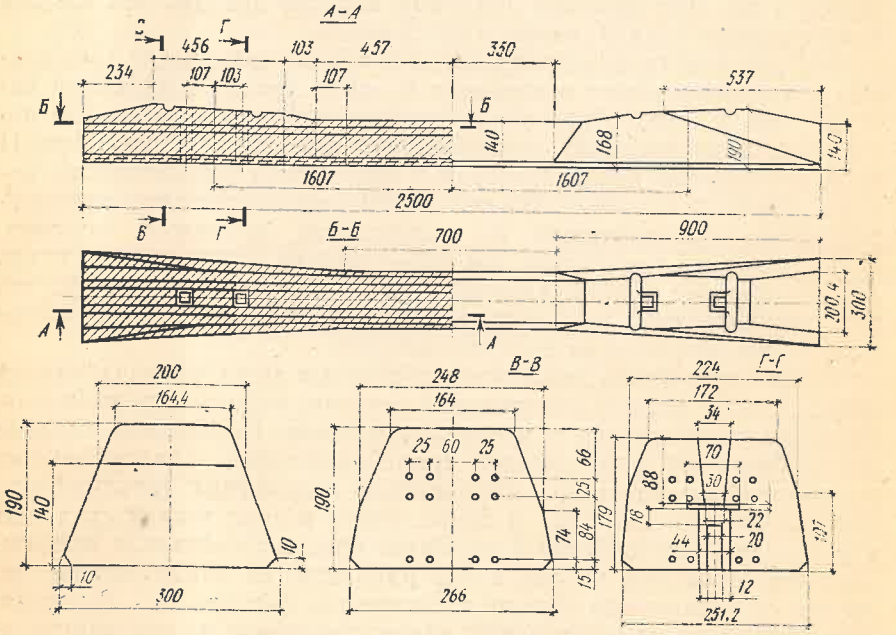


Рис. 18. Конструкция цельнобрусковой струнобетонной шпалы

ским институтом Академии коммунального хозяйства, рекомендуется применять как на городских, так и загородных трамвайных линиях в открытых (на обособленном полотне) и замощенных путях. Струнобетонные шпалы лучше работают в пути на щебеночном балласте, но могут укладываться и на песчаный балласт.

Бесшпальные основания трамвайных путей делятся на две группы: бесшпально-щебеночные, которые по своей конструкции устарели и в настоящее время почти не применяются, и бесшпально-бетонные. Наиболее распространенными из бесшпальных бетонных конструкций являются основания типов А и Б.

Основание конструкции типа А (рис. 19, *а*) состоит из бетонной монолитной плиты, в которую заделаны рельсы до головки и шпалы, применяемые в качестве монтажного элемента. Бетонную плиту шириной 2,50 м и толщиной 376 мм устраивают отдельно под каж-

дый путь из бетона М300. Шпалы деревянные размером 0,15×
×0,12×2,20 м укладывают в количество 500 шт. на 1 км одиночного пути.

Пространство между краями котлована и плитами в междупутье и на обочине заполняют тем же грунтом, из которого состоит земляное полотно с тщательным уплотнением. Плиту в междупутье устраивают после укладки обоих параллельных путей из бетона М150—М200 толщиной 0,20 м, а шириной в зависимости от ширины междупутья.

Основание конструкции типа Б (рис. 19, *б*) состоит из основной несущей бетонной плиты (нижняя плита), на которой анкерными болтами закреплены рельсы с асфальтовой прокладкой; последняя смягчает взаимодействие рельса с бетонной плитой под нагрузкой, а поэтому основание не является таким жестким, как в основании типа А.

В основании типа Б бетонная плита состоит из двух слоев, верхний слой которой является вспомогательным. Отдельные элементы конструкции Б характеризуются следующими показателями: ширина основной несущей бетонной плиты — 2,20 м и толщина 0,20 м; верхняя плита при той же ширине имеет толщину 0,16 м; бетон для нижней плиты — М300, а для верхней — М150—М200; под рельсами делают прокладку из специального асфальтобетона или из жесткого асфальта (с примесью гранитной мелочи) толщиной 2 см, шириной 18—20 см; в бетонную плиту заделаны анкерные болты, которыми рельсы прикрепляются к основанию.

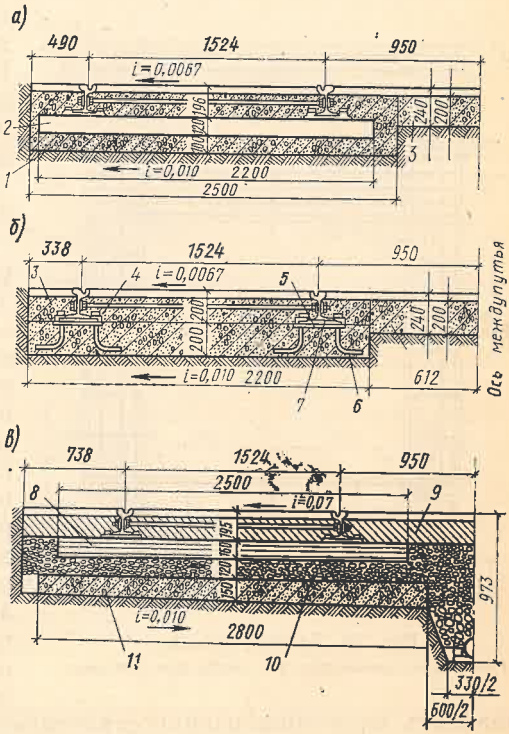


Рис. 19. Бесшпальные бетонные основания:
1 — бетон М300; *2* — монтажные шпалы (через 2 м); *3* — бетон М150—М200; *4* — прижимная лапка; *5* — металлическая пластинка (350×125×10 мм); *6* — анкеры d=22 мм (через 1,0 м); *7* — упругая прокладка; *8* — шпала; *9* — асфальтобетон; *10* — щебень фракции 12—30 мм; *11* — бетон М200

В пути с основанием типа Б пространство между краями котлована и плитами, в междупутье и на обочине заполняется тем же грунтом, из которого состоит земляное полотно. Плиту в междупутье при основании типа Б устраивают после укладки обоих па-

раллельных путей из бетона М150—М200 толщиной 0,20 м; ширину выбирают в зависимости от ширины междупутья.

Следует остановиться на особом типе основания, являющемся промежуточным по жесткости между шпальным и бесшпальным основаниями. Этот тип основания отличается от упругого шпального основания тем, что в его конструкции имеется дополнительный элемент — плита, уложенная непосредственно по дну котлована, выполненная из монолитного бетона или сборного железобетона. Сверху плиты располагается обычное шпальное основание с песчаным или щебеночным балластом. Примером такой путевой конструкции может служить основание типа В (рис. 19, *в*).

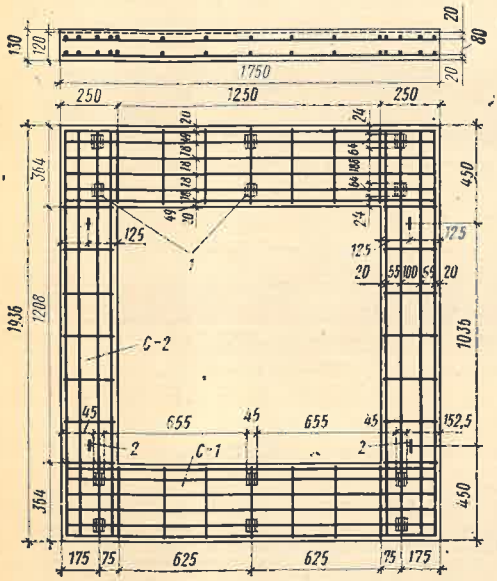


Рис. 20. Рамная шпала:
1 — анкеры крепления; *2* — петля для подъема

Описанные выше шпальные и бесшпальные основания трамвайных путей, имея в своих конструкциях ряд положительных качеств, одновременно обладают рядом недостатков, к числу которых относятся: недостаточно высокая устойчивость дорожных покрытий, особенно асфальтовых; некоторые затруднения в возможности полной механизации работ по устройству пути; невозможность индустриализации строительного процесса при устройстве бесшпальных бетонных конструкций; большая трудоемкость в разработке рельсов в бетонных конструкциях и др. Большинство этих недостатков может быть устранено совсем или частично при помощи укладки в путь подрельсовых оснований из сборного железобетона укрупненных размеров.

За последние годы на отдельных участках трамвайных путей были уложены различные типы подрельсовых оснований из сборного железобетона, показавшие хорошие результаты в работе. Рамные шпалы (рис. 20) представляют собой прямоугольную сквозную плоскую раму длиной 1750 мм, шириной 1936 мм при толщине 130 мм. Продольные (лежневые) части рамной шпалы являются сплошными опорами для обеих рельсовых ниток, а более узкие поперечные служат связями, обеспечивающими стабильность рельсовой колеи. Скрепление для рамных шпал применяется двух типов — анкерно-втулочное и анкерно-хомутное. Рамная шпала может быть изготовлена из обычного железобетона или из предварительно

напряженного струнобетона. В этом случае применяют бетон М300, арматуру стержневую периодического профиля или из стальных проволок диаметром 3 мм. Одна рамная шпала заменяет собой четыре одиночных, что дает экономию в весе и стоимости подрельсового основания. Рамные шпалы хорошо работают как на щебеночном, так и на песчаном балласте и могут укладываться на прямых и кривых участках пути.

Сборное железобетонное крупноблочное основание с нераздельным креплением рельсов является наиболее индустриальной конструкцией трамвайного пути, так как изготовляется целиком в заводских условиях, включая заделку в конструкцию рельсов. Блок представляет собой длинную горизонтальную раму, в продольные элементы которой забетонированы рельсы бесшеечные или нормальные желобчатые, а поперечные панели служат связями. Блок может быть выполнен длиной 12,30, шириной 2 м, как из ненапряженного, так и из предварительно напряженного железобетона. При использовании бесшеечных рельсов масса блока и его толщина значительно снижаются. Укладка блоков в путь позволяет свести к минимуму монтажные работы на линии. Это является большим преимуществом данной путевой конструкции, однако она имеет и один серьезный недостаток — невозможность повторного использования основания при полном износе рельсов, так как их невозможно вынуть из конструкции.

Совмещенные сборные железобетонные основания имеют принципиальное отличие от других сборных оснований, так как их неотъемлемым элементом помимо подрельсовой части является сборное железобетонное покрытие. Известны два типа сборного совмещенного основания. *Шарнирно-совмещенное* основание представляет собой два жестких предварительно напряженных железобетонных лежня (длина 4100, ширина 350, высота 145 мм, удельный расход арматуры — 134,5 кг на 1 м³ бетона), на среднюю часть которых укладывают рельсы, а на боковые полки — сборные железобетонные плиты покрытия и затем соединяют с лежнями при помощи анкерного скрепления, используемого одновременно и для прикрепления рельсов к лежням (рис. 21). Опирание плит дорожного покрытия непосредственно на подрельсовое основание, а не на промежуточный балластный слой, как в обычных шпальных основаниях, обеспечивает совместную работу основания, покрытия и рельса, т. е. их одновременные деформации при движении по пути как подвижного состава трамвая, так и безрельсового транспорта. Это обстоятельство сводит к минимуму расстройства дорожных покрытий, имеющие место в обычных конструкциях пути.

Жесткое совмещенное основание представляет собой железобетонный блок с корытообразной формой поперечного сечения и двумя желобами для размещения в них рельсов. Размеры блока — длина 2040, ширина 2150, толщина в подрельсовой части 150, в средней части 120 мм. Рельсы прикрепляют к блокам при помощи раздельного анкерно-хомутного скрепления, а пространство между боковыми поверхностями рельсов и желобов блоков заполняют

продольными железобетонными брусьями длиной 4100 мм. Жесткое соединение подрельсовых частей блока с его средней частью, являющейся дорожным покрытием, обеспечивает их полные совместные деформации и высокую устойчивость. Материал блока — обычный или предварительно напряженный железобетон М300.

Блоки укладывают на подготовленный и выровненный по шаблону подстилающий слой из песка толщиной 10—15 см. В желоба блоков укладывают и закрепляют рельсы, после чего производят подбивку балласта с наружных сторон блока в его подрельсовую

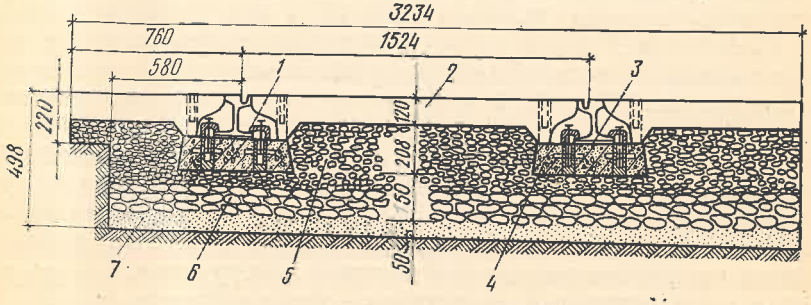


Рис. 21. Блочное шарнирно-совмещенное основание:
1 — прижимная лапка; *2* — железобетонная плита; *3* — упругая прокладка 8×180 мм; *4* — лежень 145×350×4100 мм; *5* — щебень фракции 5—15 мм; *6* — то же, 20—30 мм; *7* — песок

часть. Необходимым элементом всех сборных железобетонных подрельсовых оснований является тонкая упругая прокладка под подошвой рельса, изготовленная из прочного и долговечного полимерного материала. Она обеспечивает повышенное сцепление рельсов с подрельсовым основанием и снижает величину вредных блуждающих токов, так как обладает хорошими электроизоляционными свойствами.

К верхнему строению трамвайного пути относятся рельсы, спецчасти (стрелки, крестовины и пересечения), скрепления, соединяющие рельсы между собой по длине и с подрельсовым основанием (накладки, болты, подкладки, костыли, анкеры и др.), и электросоединения, обеспечивающие нормальную электропроводимость рельсовой сети.

Трамвайный путь по своим конструктивным особенностям — наличию дорожного покрытия и тяжелых рельсов — можно устраивать напряженно-бесстыковым, без каких-либо дополнительных мероприятий, повышающих его жесткость в горизонтальном и вертикальном направлениях, так как дорожное покрытие хорошо сопротивляется выбросу пути в сторону; оно же ввиду большой массы успешно противодействует и выбросу пути вверх. Поэтому замощенные трамвайные пути, а также пути на бесшпальных бетонных и совмещенных железобетонных основаниях всегда устраивают напряженно-бесстыковыми, а открытые пути — либо со сборными стыками, либо бесстыковыми с разрядкой температурных напря-

жений при помощи специальных уравнительных приборов (компенсаторов).

Рельсы в бесстыковом пути обоих типов сваривают в стыках, что имеет большое значение в путевом хозяйстве. Существуют различные способы сварки рельсов — термитная, электрическая и газовая. Наибольшее распространение в трамвайных путях получила термитная сварка.

Дорожное покрытие в трамвайных путях предназначено для предохранения от проникания воды внутрь путевой конструкции и улучшения внешнего вида путевого полотна, а также для использования другими видами транспорта. Эти обстоятельства, а также конструкция основания и верхнего строения трамвайных путей определяют тип дорожного покрытия в путях и междупутье. По конструкции и материалам в трамвайных путях применяют те же типы покрытий, что и на городских дорогах, а именно: штучные из каменной шашки (имеет ограниченное местное применение), брусчатки, из сборных железобетонных плит, сплошные из асфальто- и цементобетона. Основным требованием, предъявляемым к дорожному покрытию трамвайных путей, является его водонепроницаемость и устойчивость в месте сопряжения с рельсами.

При выборе дорожного покрытия в путях трамвая руководствуются типом применяемой путевой конструкции, а также учитывают расположение путей в отношении проезда, тип покрытия на прилегающей к путям проезжей части и назначение улицы или проезда в целом. При укладке путей в одном уровне с дорожным покрытием магистральных улиц должны устраивать однотипное покрытие в путях и в проезжей части.

При путевых конструкциях с открытым, незамощенным полотном путь от верхней постели шпал до головки рельсов при шпально-щебеночном основании засыпают щебнем, а при шпально-песчаном — песком. Допускается также оставлять пути без засыпки щебнем или песком и при условии, если вдоль путей возможен проезд автотранспорта (аварийные машины и механизмы).

Конструкция брусчатой мостовой состоит из брусчатки и подстилающего слоя или постели. Брусчатка применяется литая из металлургических шлаков или гранитная. Форма и размеры брусчатки определяются техническими условиями на брусчатку. Подстилающий слой под брусчаткой может быть или из мелкого щебня размером 5—15 мм, или из песка. Толщина подстилающего слоя между верхней плоскостью шпал и брусчаткой зависит от типа путевой конструкции и от высоты брусчатки.

В настоящее время в качестве дорожного покрытия в трамвайных путях все более широкое применение находят сборные железобетонные покрытия. Широко применяется дорожное покрытие обособленного полотна из легких армобетонных плит.

В перспективе должны применяться крупноразмерные покрытия из сборного железобетона, рассчитанные на автомобильную нагрузку и позволяющие решить вопрос механизации работ по их устройству.

§ 4. ПОДЗЕМНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

В городах и других населенных пунктах независимо от численности населения, климатических, географических и других условий следует предусматривать инженерное оборудование и благоустройство, обеспечивающее необходимые санитарно-гигиенические условия и высокий уровень удобств для труда, быта и отдыха населения.

Инженерное оборудование городов и других населенных пунктов следует проектировать комплексно с созданием, как правило, кооперированных систем водоснабжения, канализации, электроснабжения, теплоснабжения, газоснабжения, связи для обслуживания жилых, промышленных и других районов. При соответствующем технико-экономическом обосновании следует предусматривать создание районных систем водоснабжения, канализации, теплоснабжения и т. п. для обеспечения нужд близлежащих городов и других населенных пунктов.

Подземные инженерные сети современного города являются важнейшим элементом инженерного оборудования и характеризуют степень его развития и благоустройства. В связи с застройкой новых жилых районов и реконструкцией старых сети инженерных подземных коммуникаций каждого города находятся в состоянии непрерывного развития и реконструкции.

Как указано выше, к подземным инженерным сетям относят трубопроводы, кабели и коллекторы различного назначения, вводы и ответвления в здания. Трубопроводы служат для водопроводной сети, канализации, дренажа, теплофикации, газоснабжения, нефтеснабжения, пароснабжения и т. д. В городах трубопроводы подразделяют на магистральные, разводящие и внутриквартальные. Магистральные трубопроводы обслуживают город, отдельные его районы или крупные промышленные предприятия, разводящие обслуживают кварталы и группы домов, внутриквартальные трубопроводы прокладывают в пределах квартала или двора.

Кабельные прокладки включают в себя электрические сети высокого и низкого напряжения, а также кабели слабого тока (телефонные, телеграфные, радиовещания).

Коллекторы подразделяют на три основных группы: а) коллекторы для пропуска различных жидкостей, особенность которых состоит в том, что их несущая конструкция является одновременно трубопроводом; б) коллекторы специального назначения, в которых размещается только один из видов подземных коммуникаций (канализационных, водосточных, кабельных, теплофикационных и т. д.); в) общие коллекторы для совместной прокладки трубопроводов и кабелей различного назначения.

Подземные инженерные сети размещают под улицей, руководствуясь следующими принципами.

1. С целью лучшей эксплуатации сетей без нарушения движения транспорта их рационально размещать не под проезжей частью улицы, а под тротуарами, газонами, дорожками. Как исключение,

под проезжей частью улицы допускается размещать только те подземные сети, которые сравнительно редко нуждаются в эксплуатационных и аварийных разрывах (водостоки, водопровод и канализация).

2. В зависимости от технологических особенностей эксплуатации (табл. 7) сети размещают на разных глубинах.

Таблица 7

Наименование подземных сетей	Наименьшая глубина заложения сетей от верха конструкции, м
Водопроводы, расположенные:	
ниже глубины промерзания грунта при диаметре труб до 300 мм	0,2
выше глубины промерзания грунта при диаметре труб, мм:	
до 600	0,15
> 600	0,3
Канализация, расположенная выше глубины промерзания при диаметре труб, мм:	
до 500	0,3
> 500	0,5—0,7
Газопроводы:	
при усовершенствованных покрытиях	0,8
без усовершенствованных покрытий	0,9
Теплопроводы в каналах	0,5
Теплопроводы при бесканальной прокладке	0,7
Кабели	0,7
Кабели (при пересечении проезжих частей)	1,0

3. Все подземные инженерные сети прокладывают прямолинейно и параллельно оси улицы или линии застройки, так как прямолинейная прокладка — самая короткая.

4. Подземные сети прокладывают по одной из сторон улицы без перехода на другую, так как прокладка сети на пересечении улицы создает сложный участок для эксплуатации. Однако при ширине улиц в пределах красных линий 60 м и более следует предусматривать прокладку сетей водопровода и канализации по обеим сторонам улиц. Ответвления в кварталы или отдельные здания прокладывают под прямым углом к линии застройки.

5. Наименьшее расстояние подземных сетей от зданий определяется условиями, обеспечивающими предотвращение деформаций в основаниях и фундаментах зданий при производстве разрытий вблизи и безопасность населения, проживающего в этих зданиях, при авариях на сетях. Давление фундаментов на естественное основание передается по площади подошвы фундамента и распространяется в грунте примерно под углом естественного откоса грунта. Исходя из этого положения, всякая траншея, оказавшаяся в зоне давления в грунте, передаваемого фундаментом здания, может вызвать подвижку грунта под фундаментом и осадку здания.

6. Приближение подземных сетей к соседним прокладкам и зеленым насаждениям определяют с учетом предотвращения возможности повреждения соседних прокладок и зеленых насаждений. В табл. 8 приведены рекомендуемые наименьшие расстояния от подземных трубопроводов и кабелей до сооружений, деревьев и зданий.

Таблица 8

Вид трубопроводов и кабелей	Расстояния, м						
	до ближайшего рельса трамвайного пути	до мачт и опор сети наружного освещения, контактной сети и сети связи	до стен или опор тоннелей и путепроводов (на уровне или ниже основания)	до подошвы насыпи или наружной бровки канавы	до стволов существующих деревьев	до бортового камня	до зданий
Водопроводы	2	1,5	5	1	1,5	2	5
Водостоки	1,5	1,5	3	1	1,5	1,5	3
Канализация:							
безнапорная	1,5	1,5	3	1	1,5	1,5	3
напорная	2	3,0	5	1	1,5	2	5
Теплопроводы (от стенок канала)	2	1,5	2	1	2	1,5	5
Трубопроводы (для горючих жидкостей)	2	1,5	3	2,5	1,5	1,5	3
Дренаж	2	1,5	1	1	1,5	1,5	3
Газопроводы:							
высокого давления							
6—12 кгс/см² (0,6—1,2 МПа)	3	0,5	15	7	1,5	—	15
3—6 кгс/см² (0,3—0,6 МПа)	3	0,5	10	5	1,5	2	9
среднего давления							
0,1—3 кгс/см² (0,01—0,3 МПа)	2	0,5	5	2	1,5	2	5
низкого давления							
до 0,1 кгс/см² (до 0,01 МПа)	2	0,5	3	1	1,5	1,5	2

7. На новых и реконструируемых магистральных улицах подземные сети следует прокладывать в коллекторах, которые значительно улучшают условия эксплуатации сетей и всей улицы.

С точки зрения удобства эксплуатации инженерных подземных сетей коллекторы разделяют на непроходные, полупроходные и проходные.

Прокладку подземных коммуникаций в непроходных коллекторах (высотой 0,5—0,6 м), сооружаемых открытым способом, производят весьма часто. Объясняется это тем, что стоимость строительства таких коллекторов сравнительно невелика, а трубопроводы

надежно защищены от внешнего влияния. Однако этот способ прокладки подземных коммуникаций имеет ряд существенных недостатков. К основным из них относятся трудности обнаружения и ликвидации аварий и поэтому более надежными в эксплуатации являются полупроходные и проходные коллекторы.

Подземные коммуникации в полупроходных коллекторах (высотой 1,4—1,6 м) прокладывают в тех случаях, когда в процессе эксплуатации сетей не допускается вскрытие дорожных покрытий,

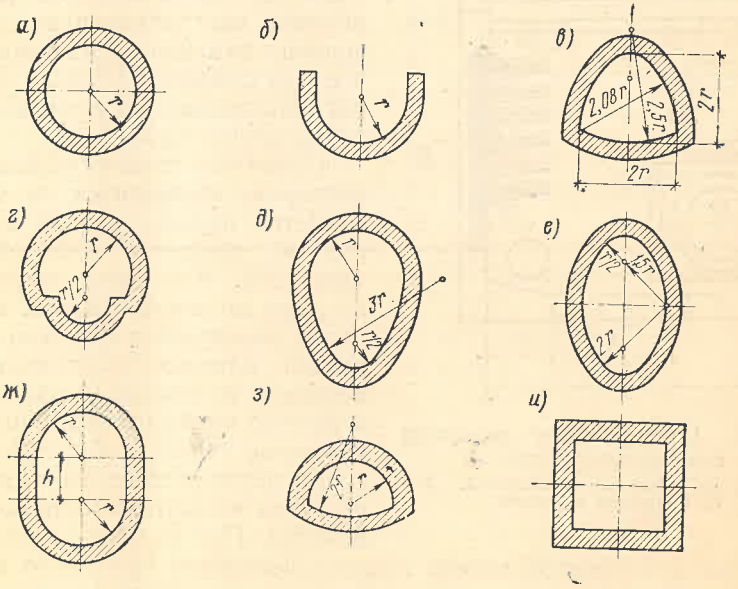


Рис. 22. Формы поперечных сечений коллекторов:
а — круглая; *б* — полукруглая; *в* — шатровая; *г* — банкетная; *д* — овоидальная; *е* — эллиптическая; *ж* — комбинированная; *з* — лотковая; *и* — прямоугольная

а количество прокладываемых труб и кабелей не вызывает необходимости устройства проходных коллекторов. К недостаткам полупроходных коллекторов относится сложность обслуживания и ремонта внутриколлекторного оборудования.

Проходные коллекторы обеспечивают беспрепятственный доступ к ним обслуживающего персонала, а также их ремонт без разрытия поверхности улицы и служат для прокладки значительного количества трубопроводов различного назначения. Коллекторы в поперечном сечении могут иметь различную форму (рис. 22).

Для очистки воздуха в коллекторе устраивают приточную вентиляцию с таким расчетом, чтобы внутренняя температура в коллекторе не превышала +30° С, а воздух обменивался не менее трех раз в час. Выбор вентиляционного оборудования производят на основа-

нии теплотехнических и гидравлических расчетов, исходя из того, чтобы каждая вентиляционная установка обслуживала участок коллектора длиной 200—250 м. Вентиляционное оборудование можно устанавливать сбоку коллектора в специально построенных камерах, имеющих в плане форму прямоугольной трапеции, или сверху коллектора в вентиляционных шахтах. Конструкции камер и шахт аналогичны конструкции обычного коллектора, т. е. монтируются они из стеновых железобетонных блоков, плоских плит днища и ребристых блоков перекрытия. Применяется дистанционное регулирование вентиляторов из диспетчерских помещений, а также местное при помощи пусковых кнопок, расположенных в помещении вентиляционной камеры.

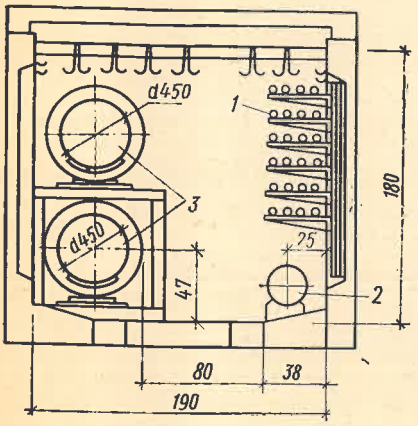


Рис. 23. Прямоугольный коллектор для подземных сетей:
1 — электрокабели; *2* — водопровод; *3* — трубопроводы теплосети

Основным типом общих коллекторов, строящихся в СССР, является прямоугольный коллектор из сборного железобетона (рис. 23). Коллектор образован из двух стеновых блоков, одного блока перекрытия и одного блока днища, которые установлены на бетонное основание (подготовку) и жестко омоноличены. Унифицированные сечения общих коллекторов позволили осуществить типизацию элементов сборного коллектора. При этом из ограниченного числа элементов можно собрать несколько вариантов общих коллекторов различного сечения. В частности, применяют при строительстве коллекторов прямоугольного сечения со сборными унифицированными элементами четыре типоразмера стеновых блоков, пять типоразмеров блоков перекрытия и пять типоразмеров блока днища.

В общих коллекторах размещают коммуникации водопровода, теплопровода, напорной канализации, кабели различного назначения и в некоторых случаях газопроводы. Наиболее целесообразно размещение общих коллекторов параллельно оси проезжей части под тротуарами или в зоне зеленых насаждений, где отсутствуют нагрузки от транспорта. В виде исключения коллекторы могут прокладываться под проезжей частью.

Безнапорные самотечные трубы канализации в общих коллекторах разместить трудно из-за необходимости обеспечения расчетных продольных уклонов канализационных труб, кроме того, это экономически нецелесообразно.

Трубопроводы располагают в коллекторе на бетонных или металлических опорах. Кабели располагают на полках, кронштейнах и крючьях. Опоры для кабелей устраивают не более чем через 0,9 м.

Электрокабели сильного тока прокладывают отдельно от кабелей слабого тока, выше последних или на противоположных сторонах боковых стенок коллектора.

Гидранты на водопроводных трубах устраивают в выносных колодцах сбоку коллектора. Камеры этих колодцев имеют обычно размеры 2,0×1,6 м при диаметре люка на поверхности улицы 0,7 м.

Для опускания в коллектор длинномерных труб в верхнем перекрытии коллектора устраивают люки прямоугольной формы шириной 0,9—1,2 м и длиной до 4,5 м через каждые 500 м.

Чаще общие коллекторы сооружают по одной стороне улицы, а переброску коммуникаций на другую сторону улицы осуществляют по поперечным к оси улицы тоннелям, устраиваемым примерно через 400 м.

Глубину заложения общих коллекторов в СССР принимают от 1 до 1,2 м от спланированной отметки поверхности тротуара до верха перекрытия общего коллектора. Наименьшая глубина заложения общих коллекторов может быть принята при сооружении их в пределах проезжей части улицы 0,5 м, а на тротуарах 0,3 м (до верха коллектора).

Для осмотра, ремонта и других целей на подземных инженерных сетях устраивают различные по конструкции колодцы и камеры.

Водонапорные колодцы. Унифицированные типовые круговые колодцы рассчитаны на размещение фасонных частей и задвижек с вертикально выдвижным шпинделем. Для большинства колодцев, где размещаются узлы с гидрантами, применяют плиты перекрытия с отверстием, расположенным по центру плиты. В тех колодцах, где отсутствует гидрант, применяют плиты перекрытия с отверстием, расположенным у края плиты. Диаметры унифицированных круглых колодцев в зависимости от схемы размещаемого оборудования и диаметров присоединений принимают 1,2; 1,5; 2,0; 2,5 м.

Колодцы на газопроводах. В зависимости от диаметров газопровода, условий размещения внутри колодца задвижек с выдвижным шпинделем и линзовым компенсатором, необходимых для узлов, принимают диаметр колодца 1,2; 1,5; 2,0; 2,5 м. Колодцы перекрывают железобетонными плитами с отверстием, расположенным у края плиты.

Колодцы на тепловых сетях. Для теплопроводов диаметром до 150 мм применяют сборные колодцы, имеющие рабочие камеры с внутренним диаметром 1,5 и 2 м. Рабочую камеру собирают из целых колец и одного кольца с отверстием для пропуска труб, которое ставят в средней или верхней части камеры. Нижнее кольцо устанавливают на подготовку из бетона, а верхнее кольцо перекрывают плитой с двумя отверстиями для горловин. Горловины выполняют из круглых колец и на них устанавливают чугунные люки. Камеры более крупных размеров выполняют прямоугольными, что позволяет лучше размещать необходимое оборудование.

Телефонные колодцы. Телефонные колодцы размещают под проезжей частью или под тротуарами, в зеленых зонах. Колодцы, предназначенные для размещения под проезжей частью, рассчитаны на

подвижную мостовую нагрузку НК-80, а под тротуарами и в зеленых зонах — на автомобильную нагрузку с давлением на ось 5,5 Т.

В конструктивном отношении телефонные колодцы представляют собой объемные железобетонные элементы, собираемые на заводе из двух половин (верхней и нижней) путем сварки соответствующих закладных деталей. Элементы колодца, предназначенные для размещения под тротуарами, имеют такие же размеры, как и колодцы, предназначенные для размещения под проезжей частью, и отличаются от них лишь армированием. Применяют линейные и угловые колодцы. В линейных колодцах предусмотрено размещение отверстия для лаза в центре перекрытия, в угловых колодцах отверстие смещено.

Армирование элементов колодцев производят сварными плоскими сетками. Крепление кронштейнов для подвески кабелей осуществляется болтами, закрепляемыми гайками и цементным раствором М50 в отверстия стенок. Элементы колодцев изготовляют из бетона М200. Соединение элементов колодца в объемный блок производят путем сварки закладных частей на растворе М50 (при толщине шва 10 мм). Колодцы устанавливают на песчаную подготовку толщиной 10 см. При высоком уровне грунтовых вод производят гидроизоляцию колодцев. Горловины колодцев выводят на необходимые отметки с помощью сборных железобетонных колец, устанавливаемых на месте монтажа.

Камеры водопроводных узлов. Обычно для водопроводных узлов применяют круглые колодцы. Прямоугольные в плане камеры устраивают на трубопроводах больших диаметров для сложных узлов, габариты которых не вписываются в круглые колодцы. Сборные прямоугольные колодцы разработаны проектными институтами «Водоканалпроект», «Гидроспецстрой», «Мосинжпроект» и др.

Размещают трубы, фасонные части и арматуру в колодце, исходя из следующих норм: максимальные расстояния от конца трубы до внутренней поверхности колодца принимают для труб 600 мм и более 0,5 м; при диаметре труб менее 600 мм — 0,3 м; расстояние от низа трубы до днища колодца при диаметре труб 600 мм и более — не менее 0,25 м, а при диаметре труб 100—400 мм — не менее 0,15 м; расстояние от фланца фасонной части до низа конструкции перекрытия колодца должно быть не менее 0,5 м.

Колодцы собирают из стеновых панелей с горизонтальной разрезкой швов высотой 0,6 и 0,9 м, что позволяет смонтировать колодцы любой высоты, кратной 0,3 м. Днища колодцев устраивают из монолитного бетона или железобетонных плит. Нижнюю часть колодца собирают из стеновых панелей с отверстиями для труб, а верхнюю — из целых ребристых панелей. Для перекрытия рабочей камеры применяют плоские железобетонные плиты с отверстиями для горловины.

Камеры для тепловых сетей. Сборные камеры для тепловых сетей из горизонтальных прямоугольных замкнутых звеньев для теплопроводов диаметром до 150 мм с ответвлениями строят с внутренними габаритами от 1,5×1,5 до 2×2 м. Стены камер монтируют

из железобетонных звеньев без отверстий и с отверстиями для пропуска труб. Верх камеры перекрывают ребристой плитой с отверстием для люков. Камеры больших габаритов собирают из стеновых блоков Г-образной формы, угловых блоков, блока днища, блока перекрытия, балки и кольца приямка.

Камеры для электрических кабелей. Для укладки электрических кабелей применяют три типа камер: проходные, угловые и поворотные. Габариты таких камер устанавливают в зависимости от технологической разводки кабелей и условий нормальной их эксплуатации в камере.

§ 5. ВОДОСТОКИ И ДРЕНАЖИ

При строительстве каждой городской улицы и дороги предусматривают мероприятия по отводу поверхностных вод, понижению уровня грунтовых вод и их отводу. Водоотвод с городских улиц, дорог, площадей, а также с внутриквартальных территорий обеспечивается соответствующей вертикальной планировкой их поверхности со сбросом воды в специальную водоотводящую систему.

Система водоотвода может быть открытая, закрытая и смешанная. Открытая состоит из открытых лотков, кюветов, водоотводных канав, закрытая — из сети трубопроводов и коллекторов, водоприемных и смотровых колодцев, соединительных труб (веток) от колодцев до сети трубопровода, камер различного назначения, оголовков, очистных сооружений. Смешанная система водоотвода включает в себя элементы закрытой и открытой сети. Для городских улиц, дорог, площадей крупных и средних городов основной системой водоотвода является закрытая. Эта система водоотвода устраивается с целью обеспечения благоприятных условий для нормальной эксплуатации городских улиц и кварталов, наземных и подземных сооружений и для быстрого удаления вод поверхностного стока. Она также используется для сплава снега и для принятия и удаления в водоемы подземных и производственных вод, не требующих предварительной очистки.

В городах применяют две системы закрытого водоотвода: общесплавную и раздельную. При раздельной системе хозяйственно-фекальные и производственные воды, требующие очистки, отводятся одной системой — канализацией, а поверхностные воды, не требующие очистки, отводятся ливневой канализацией.

Закрытый тип водостока состоит из водоприемных колодцев, из которых вода попадает в ветки, представляющие собой трубопроводы диаметром 0,2—0,5 м, а оттуда в основной закрытый трубопровод — водосток диаметром от 0,5 до 3,5 м, смотровых колодцев и оголовков на выпусках.

Для водостоков применяют трубы асбестоцементные, бетонные и железобетонные. Асбестоцементные трубы используют диаметром от 0,2 до 0,6 м и длиной от 3,0 до 5 м. Такие трубы отличаются малой массой, легкостью монтажа. Бетонные круглые безнапорные трубы длиной 1,5—2,0 м применяют для водостоков диаметром до

Таблица 9

Марки труб						Диаметр условного прохода трубы, мм	Толщина стенки трубы, мм	Ширина покосины, мм	Полезная длина трубы, мм, не менее	Справочная масса труб, т			
раструбных с раструбом типа				фальцевых						раструбных		фальцевых	
А		Б											
круглых	с плоской подошвой	круглых	с плоской подошвой	круглых	с плоской подошвой					круглых	с плоской подошвой	круглых	с плоской подошвой
РТ-4н	—	РКТ-4н	—	ФТ-4н	—	400	50	—	5000	1,0	—	0,8	—
РТ-4у	—	РКТ-4у	—	ФТ-4у	—								
РТ-5н		РКТ-5н	—	ФТ-5н	—	500	60	—	5000	1,4	—	1,3	—
РТ-5у	—	РКТ-5у	—	ФТ-5у									
РТ-6н	РТП-6н	РКТ-6н	РКТП-6н	ФТ-6н	ФТП-6н	600	60	480	5000	1,7	2,2	1,5	1,95
РТ-6у	РТП-6у	РКТ-6у	РКТП-6у	ФТ-6у	ФТП-6у								
РТ-8н	РТП-8н	РКТ-8н	РКТП-8н	ФТП-8н	ФТП-8н	800	80	640	5000	3,0	3,6	2,7	3,4
РТ-8у	РТП-8у	РКТ-8у	РКТП-8у	ФТ-8у	ФТП-8у	—	—	—	—	—	—	—	—
РТ-10н	РТП-10н	РКТ-10н	РКТП-10н	ФТП-10н	ФТП-10н	1000	100	800	5000	4,8	5,8	4,3	5,4
РТ-10у	РТП-10у	РКТ-10у	РКТП-10у	ФТ-10у	ФТП-10у								
РТ-12н	РТП-12н	РКТ-12н	РКТП-12н	ФТ-12н	ФТП-12н	1200	110	960	5000	6,3	7,45	5,7	6,95
РТ-12у	РТП-12у	РКТ-12у	РКТП-12у	ФТ-12у	ФТП-12у								
РТ-14н	РСП-14н	РКТ-14н	РКТП-14н	ФТ-14н	ФТП-14н	1400	110	1200	5000	7,0	8,8	6,5	8,5
РТ-14у	РТП-14у	РКТ-14у	РКТП-14у	ФТ-14у	ФТП-14у								
РТ-16н	РТП-16н	РКТ-16н	РКТП-16н	ФТ-16н	ФТП-16н	1600	120	1200	5000	8,0	10,1	7,8	9,7
РТ-16у	РТП-16у	РКТ-16у	РКТП-16у	ФТ-16у	ФТП-16у								
РТ-20н	РТП-20н	—	—	ФТ-20н	ФТП-20н	2000	130	1300	4500	10,6	13,3	9,7	12,2
РТ-24у	РТП-24у	—	—	ФТ-24у	ФТП-24н	2400	150	1600	3000	10,6	12,8	8,9	11,4
—	—	—	—	ФТ-30н	ФТП-30н	3000	По рабочим чертежам, разрабатываемым в зависимости от конкретных условий строительства трубопроводов.						
—	—	—	—	ФТ-34н	ФТП-34н	3400							
—	—	—	—	ФТ-40н	ФТП-40н	4000							

0,6 м. Их стыкование осуществляется в раструб, в четверть и с прямым торцом. Раструб заделывают в одну треть глубины смоляной прядью, после чего заполняют цементным раствором. Соединение труб производят в четверть на цементном растворе или асфальтовой мастике, с прямыми торцами при помощи муфт или омоноличиванием бетонным раствором на месте.

Диаметр условного прохода, м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Толщина стенок, мм	30	40	50	60	70
Наименьшая длина труб, м	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0

Железобетонные безнапорные трубы согласно ГОСТ 6482—71 выпускаются промышленностью диаметром от 400 до 4000 мм. В зависимости от формы стыков железобетонные трубы подразделяют на раструбные (с раструбом типа А и Б) и фальцевые. В табл. 9 приведен сортамент железобетонных безнапорных труб, принятый ГОСТ 6482—71.

Бетонные и железобетонные трубы изготовляют из бетона М300. Для приготовления бетона применяют фракционированный щебень размером 20—30 мм или гравий из прочных каменных пород и цемент М400. Водопоглощение бетона труб должно быть не более 6% от массы бетона, высушенного до постоянной массы, а марка бетона по морозостойкости должна быть не ниже Мрз50.

Форма и основные размеры раструбов железобетонных труб показаны на рис. 24 и в табл. 10.

Таблица 10

Диаметр условного прохода трубы $d_у$, мм	Тип раструбов							
	А			Б				
	глубина раструбов $l_р$, мм	кольцевой зазор $h_р$, мм	расстояние от начала раструба до начала конусной части b, мм	глубина раструба $l_р$, мм	кольцевой зазор $h_р$, мм	высота бортика у втулочного конца трубы $h_б$, мм	длина конусной части трубы l, мм	наименьшая толщина стенки раструба a, мм
300	100	15	50	145	15	9	300	75
400	100	15	50	145	15	9	390	75
500	100	15	50	145	15	9	450	90
600	100	15	50	145	15	9	450	90
700	100	15	50	145	15	9	450	90
800	110	15	90	155	15	9	505	110
900	110	15	90	155	15	9	590	125
1000	110	15	90	155	15	9	615	130
1200	110	15	90	155	15	9	660	140
1400	110	15	90	155	18	12	660	140
1500	110	15	90	155	18	12	680	140
1600	110	15	90	155	18	12	660	140
1800	110	20	90	—	—	—	—	—
2000	130	20	90	—	—	—	—	—
2400	140	20	100	—	—	—	—	—
2500	140	20	100	—	—	—	—	—

Трубы, выпускаемые заводами, должны быть правильной цилиндрической формы. Их стенки не должны иметь сквозных и продольных трещин. Контроль качества железобетонных труб осуществляют испытанием на водонепроницаемость, прочность и трещиностойкость. Испытания труб на водонепроницаемость можно производить двумя способами: а) заполнением водой труб, установленных в вертикальном положении, с измерением утечек воды по величине понижения уровня воды в течение 3 сут; б) заполнением трубы водой под напором и измерением потерь воды в течение 15 мин. Трубы считаются выдержавшими испытания на гидравлическое давление, если на них не будет обнаружено просачивания воды сквозь стенку в виде отдельных капель.

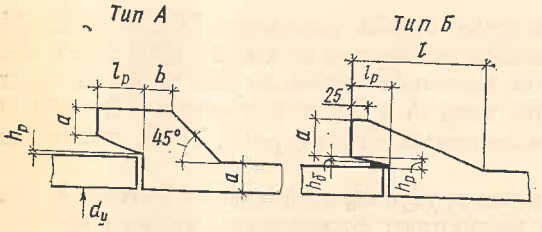


Рис. 24. Форма и основные размеры раструбов железобетонных труб

Смотровые и водоприемные колодцы делают из монолитного бетона и железобетонных элементов. Смотровой колодец состоит из рабочей камеры и горловины над ней, служащей для спуска людей в колодец. Рабочую камеру высотой примерно 1,8 м делают круглой, квадратной или прямоугольной в зависимости от диаметра труб и материала колодца. Горловину колодца устраивают из круглых железобетонных колец с внутренним диаметром 0,7 м; высота горловины зависит от глубины колодца. Для труб диаметром до 0,5 м обычно принимают колодцы круглой формы; минимальный внутренний диаметр рабочей камеры смотрового колодца принимается 1,0 м. Для труб диаметром более 0,5 м устраивают прямоугольные рабочие камеры в плане 0,9×1,0 м по высоте 1,2—1,5 м.

Круглые колодцы сборной конструкции состоят из плиты днища, кольца рабочей камеры, плиты перекрытия рабочей камеры, нескольких колец горловины и опорного кольца, на которое устанавливают люк.

В настоящее время на заводах собирают смотровые и водоприемные колодцы из сборных элементов. Объединение элементов в объемную конструкцию значительно улучшает транспортабельность изделия, сокращает трудовые затраты по монтажу колодца на месте установки.

Конструкция водоприемных колодцев может состоять из отдельных элементов — верхней плиты, колец и днища или из цельного железобетонного колодца объемного типа, собранного на заводе из готовых элементов. На рис. 25 показан сборный водоприемный железобетонный колодец. В табл. 11 приведен объем основных материалов на водоприемный колодец.

Таблица 11

Элементы конструкций	Количество материала	Содержание арматуры в 1 м³ бетона, кг
Основание из песка, м	0,17	—
Днище из сборного железобетона, шт./м³	1/0,078	74
Цилиндр рабочей камеры, шт/м³	1/0,37	66
Люк с решеткой, комплект	1,00	—
Лоток из монолитного бетона, м	0,04	—

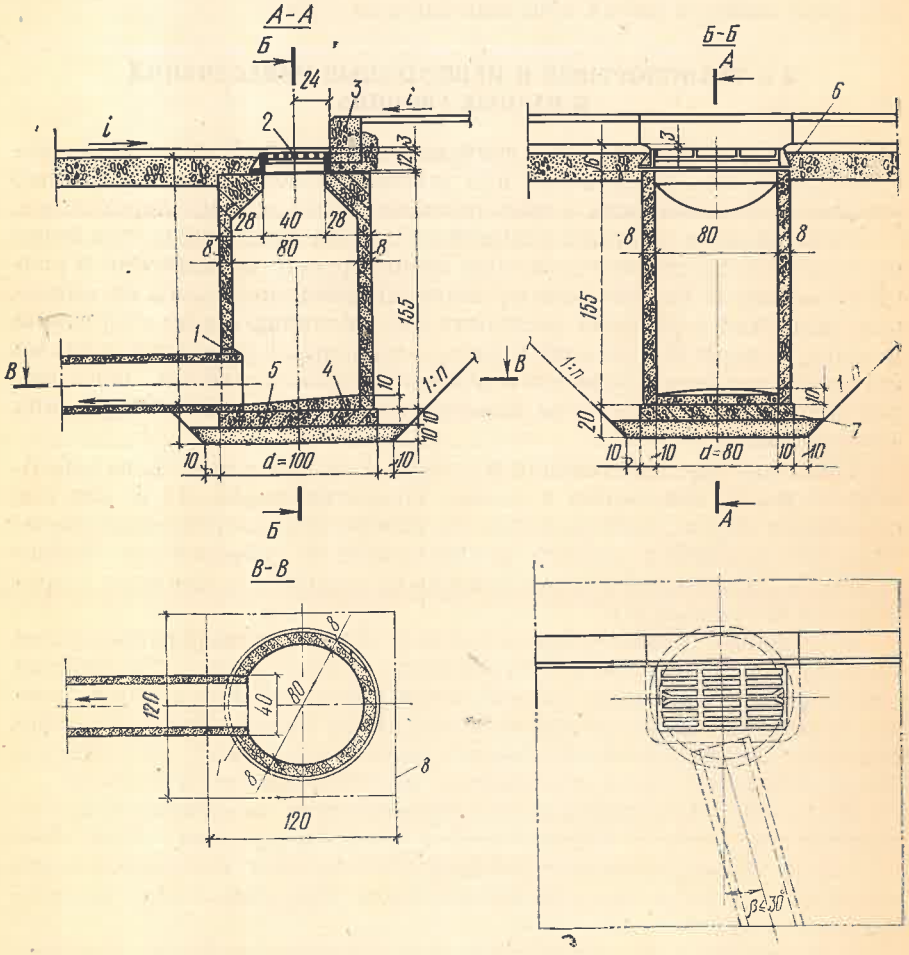


Рис. 25. Сборный водоприемный железобетонный колодец:
1 — заделка отверстия бетоном; *2* — водоприемный люк с решеткой; *3* — бортовой камень; *4* — набивка лотка бетоном М200; *5* — песчаное основание; *6* — установка люка на цементном растворе; *7* — днище; *8* — контур песчаного основания

Высота колодца от лотка до верха конструкции составляет 1,55 м, заглубление с учетом установки люка и решетки — 1,70 м. Масса колодца 1,12 т.

Прямоугольные в плане камеры устраивают на трубопроводах больших диаметров для сложных узлов. Такие камеры выполняют главным образом по индивидуальным проектам. Но во всех случаях высота засыпки над верхом покрытия рабочей камеры колодца до поверхности земли назначается с учетом вертикальной планировки местности и не должна быть менее 0,5 м.

Смотровые колодцы выпускают нескольких типов: для установки их на линейной прокладке трубопроводов, для поворотных прокладок, с одним и двумя присоединениями и др.

§ 6. ТРАНСПОРТНЫЕ И ПЕШЕХОДНЫЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Непрерывность движения транспорта с большой пропускной способностью узлов достигается при устройстве пересечений в разных уровнях в совокупности с внеуличными пешеходными переходами.

Разнообразие местных условий в городах предопределяет большую разновидность применяемых транспортных пересечений в разных уровнях. В зависимости от запроектированной схемы организации движения и рельефа местности они различаются по очертанию в плане, количеству уровней проездов в разных плоскостях, а также степенью полноты «развязки» движения транспорта по левоповоротным направлениям и по конструкции инженерного сооружения (путепровода).

Транспортные пересечения в разных уровнях могут быть многообразными по очертанию в плане. Проектирование их в каждом отдельном случае производится на основе транспортно-экономических обоснований и должно предусматривать обеспечение непрерывности движения в первую очередь по главным и наиболее загруженным направлениям.

В условиях реконструкции уличной сети и транспортных узлов на сложившейся городской территории с капитальной застройкой планировочное решение транспортных пересечений в разных уровнях и выбор типа инженерного сооружения приобретают свои особенности. Возможность обеспечения полной «развязки» всех направлений движения часто ограничена, проектирование усложнено.

В практике проектирования и строительства применяются транспортные пересечения в двух, трех и четырех уровнях. При этом исходя из топографических условий конструкции инженерных сооружений на транспортных пересечениях подразделяются на следующие виды:

путепроводы тоннельного типа с подпорными стенками или земляными откосами на подходах к ним (пандусах) (рис. 26, 27);

путепроводы эстакадного типа с пандусами, расположенными на железобетонных опорах либо на грунтовом полотне (насыпи) с подпорными стенками (рис. 28);

полутоннели и полуэстакады (полувыемки, полунасыпи);
сочетание тоннелей и эстакад.

Последние применяются при проектировании транспортных пересечений в трех уровнях и более. Полутоннели и полуэстакады проектируются в целях сокращений глубины заложения тоннеля и

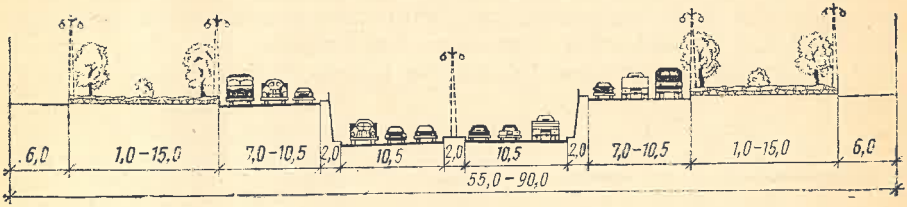


Рис. 26. Поперечный разрез пандуса с подпорными стенками на подходах к путепроводу тоннельного типа

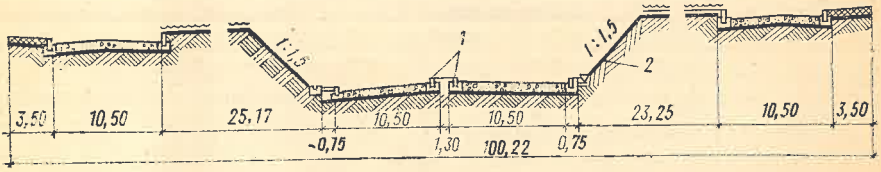


Рис. 27. Поперечный разрез пандуса с земляными откосами на подходах к путепроводу:

1 — гранитный борт размером 15×45 см; *2* — одерновка откосов

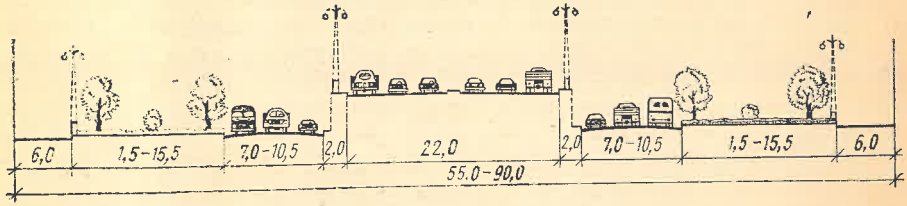
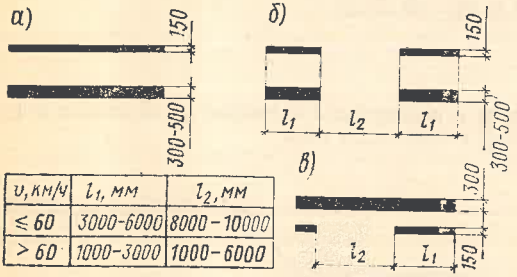


Рис. 28. Поперечный разрез пандуса, расположенного в насыпи на подходах к путепроводу эстакадного типа

высоты насыпи, а также длины пандусов, которые в отдельных случаях из-за недостаточной ширины улиц могут быть размещены только в пределах площади транспортного узла. Иногда такой тип пересечения целесообразно применить во избежание перекладки крупного подземного трубопровода, пролегающего вдоль трассы тоннеля на небольшой глубине.

Естественно, что устройство пандусов с откосами дешевле по сравнению с подпорными стенками и опорами за счет сокращения

конструктивных элементов. Однако при прочих равных условиях в городах рекомендуется проектировать и строить пандусы в подпорных стенках (при тоннелях) и на опорах (при эстакадах), так как это дает возможность использования территории под эстакадами для размещения автомобильных стоянок и гаражей. Некоторое удорожание при этом стоимости строительства пересечений в разных уровнях полностью окупается при сооружении под пандусами эстакад гаражей и за счет рационального использования городских территорий для размещения открытых автостоянок, в которых современные города испытывают большую нужду. Проект транспортных пересечений в разных уровнях должен включать в себя разработку планировочных и конструктивных мероприятий, обеспечивающих полную безопасность движения пешеходов.



v, км/ч	l_1, мм	l_2, мм
≤ 60	3000-6000	8000-10000
> 60	1000-3000	1000-6000

Рис. 29. Продольная разметка улиц:
а — сплошная линия; *б* — прерывистая линия; *в* — двойные линии — сплошная и прерывистая; *v* — допустимая скорость движения транспорта на улице; l_1 — длина пунктирной линии; l_2 — длина промежутка

Наряду с перечисленными требованиями и рекомендациями при проектировании городских транспортных пересечений в разных уровнях важнейшим фактором, определяющим выбор типа пересечения и конструкции путепровода, является также архитектурный облик сооружения, его композиционное сочетание с окружающим городским ансамблем.

Планировочные решения транспортных пересечений в разных уровнях многообразны, они зависят от местных условий. Не случайно поэтому в технической литературе и нормах отсутствует четко установленная классификация транспортных пересечений в разных уровнях.

Профессор В. А. Черепанов в своей книге «Транспорт в градостроительстве» рекомендует членение транспортных пересечений в разных уровнях по начертанию их в плане на следующие группы: клеверообразные; кольцевые; петлеобразные; сложные пересечения с обособленными левоповоротными съездами; линейные, ромбовидные и комбинированные пересечения в разных уровнях с сочетанием элементов различных видов пересечений, преимущественно таких, как клеверные листы, левоповоротные обособленные съезды, петли и участки перестроений.

В проектировании и дорожном строительстве городов наибольшее распространение получили транспортные пересечения в двух и трех уровнях, которые по очертанию в плане и схеме организации движения подразделяются на: пересечения в двух уровнях типа полный «клеверный лист», полный «клеверный лист» с объездом

вокруг прилегающих кварталов, неполный «клеверный лист», сплющенный «клеверный лист», с пятью путепроводами типа «крест», с отнесенными левыми поворотами, «прокол», с регулируемым движением по второстепенному направлению, с кольцевым движением по второстепенному направлению, улучшенное по типу распределительное кольцо с пятью путепроводами, на примыкании магистралей типа «труба», «двойная петля», с набережными, магистралями и проездами, расположенными вдоль железных дорог, по оврагам и косогорам; пересечение в трех уровнях с кольцевым левоповоротным движением, сложные пересечения в трех уровнях с сочетанием элементов различных типов пересечений.

Определение целесообразности применения того или иного пересечения в разных уровнях в конкретных условиях требует подробного изучения всех перечисленных типов.

Пешеходные переходы, обеспечивающие беспрепятственное движение транспорту, делятся на две основные группы: подземные пешеходные переходы и надземные переходы, т. е. пешеходные мостики. Важными требованиями для конструкций всех типов таких переходов являются максимальная сборность и заводское изготовление элементов. Для отделки пешеходных переходов применяют долговечные, экономичные, удобные в эксплуатации и строительстве и отвечающие градостроительным требованиям материалы. Конструкции пешеходных переходов должны быть защищены от проникновения в них грунтовых и поверхностных вод устройством надежной гидроизоляции.

При проектировании пешеходных переходов предусматривают специальные помещения для размещения электротехнического оборудования, водопроводного ввода, водоотливной установки, устройств по обогреву лестничных маршей или пандусов и площадок на тротуарах, а также для эксплуатационного персонала и хранения уборочного инвентаря.

Конструкции тоннельных частей подземных пешеходных переходов можно разделить в зависимости от ширины сечения на три основных типа: однопролетные шириной 6 м, однопролетные шириной 4 м и двухпролетные шириной 2×4 м с опорами в средней части. Реже применяются переходы однопролетные шириной 3 м, двухпролетные — 2×6 м, трех- и четырехпролетные — 3×4, 3×6 и 4×4 м. Высота подземных пешеходных переходов принимается 2,3 м. В отдельных случаях может быть принята высота 2,2 м.

Однопролетные тоннели пешеходных переходов шириной 6,0 и 4,0 м по своей конструкции в статическом отношении представляют собой перевернутую раму с распоркой, шарнирно связанной с ногами рамы. Ригелем рамы служит днище, стойками (ногами) — стены, а роль распорок выполняет перекрытие, воспринимающее также нагрузку от проезжей части и транспорта.

Трубы теплосети и водопровода располагают в конструкции пола; водосток — ниже уровня бетонной подготовки. По плитам перекрытия по бетонной стяжке толщиной 2—7 см устраивают трехслойную оклеечную гидроизоляцию, которую покрывают защитным

цементным слоем толщиной 4—5 см, армированным металлической сеткой. Двухслойную оклеечную изоляцию стен тоннеля и лестничных сходов защищают от возможных повреждений асбестоцементными плитами толщиной 10—12 мм, которые приклеивают к изоляции битумной мастикой. Трехслойную и двухслойную оклеечные изоляции в последнее время заменяют обмазкой битумно-полимерной эмульсией. В осадочных швах помимо изоляции укладывают компенсаторы из листовой латуни.

Наземные городские пешеходные переходы следует увязывать с существующей и перспективной планировкой прилегающей территории. Пешеходные мосты отличаются от конструкций мостов для автомобильного движения преимущественно меньшими размерами сечений элементов, легкостью конструкций и архитектурным оформлением. Ширина пешеходных мостов определяется в зависимости от расчетных размеров перспективного движения пешеходов и пропускной способностью одной полосы движения шириной в 0,75 м, равной 1000 пешеходов в час. Минимальная ширина пешеходных мостов должна быть 2,25 м между перилами.

Пешеходные мосты классифицируются: а) по материалам — железобетонные, металлические (каменные, бетонные и деревянные могут применяться в исключительных случаях). Современным требованиям города лучше всего отвечают железобетонные конструкции пешеходных мостов. Металлические пешеходные мосты обычно устраивают через железнодорожные пути и реже через уличные магистрали; б) по системе конструкций — балочные, рамные, арочные, консольные, висячие и др.; в) по числу пролетов — одно- и многопролетные.

Рекомендуемый продольный уклон для пешеходных мостов 20‰, максимальный — 30‰, в исключительных случаях — 40‰. Поперечный уклон на пешеходных мостах принимается 15—20‰. Подмостовой габарит для пешеходных мостов на городских улицах с троллейбусным и автобусным движением следует принимать 5 м, для остальных улиц и дорог — 4,5 м.

Наибольшее распространение в городах получили конструкции железобетонных пешеходных мостов балочного и рамного типов. Пролетные строения балочных и рамных пешеходных мостов обычно устраивают ребристой конструкции. В отдельных случаях при небольших пролетах или при стесненной строительной высоте применяют плитные конструкции. При небольшой ширине пешеходных мостов можно применить однореберистые конструкции. Применяют также конструкции с одной главной балкой в поперечном сечении и свешивающейся в обе стороны консольной плитой при ширине пешеходных мостов 2,25—2,5 м.

Чаще применяют ребристую конструкцию железобетонных пешеходных мостов с двумя или большим числом главных балок в поперечном сечении, расположенных на расстоянии 1,5—2,5 м друг от друга. При необходимости может быть принята коробчатая конструкция пролетного строения. Конструкции железобетонных пеше-

ходных мостов армируют обычной или предварительно напряженной арматурой. В целях обеспечения безопасности движения пешеходов по краям мостов устраивают металлические ограждения.

§ 7. ОБСТАНОВКА ПУТИ И СРЕДСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ

В условиях устаревшей уличной сети старых городов возникла необходимость проведения комплекса мероприятий для максимального использования проезжей части улиц и обеспечения необходимой безопасности движения. Суть этих мероприятий сводится к расчленению транспортных и пешеходных потоков во времени и пространстве. Так, на пересечениях улиц для расчленения потоков применяют принудительное регулирование движения сигналами светофоров, т. е. попеременный пропуск транспорта и пешеходов то в одном, то в другом направлении.

К числу пространственных систем регулирования относятся транспортные и пешеходные пересечения в разных уровнях, а также дорожные знаки и плоскостная разметка проезжей части улиц. Плоскостная разметка улиц служит обеспечению лучшей организации движения, безопасности и более полному использованию поперечного сечения проездов. Существует продольная и поперечная разметка городских улиц и площадей.

Продольную разметку выполняют сплошными, пунктирными и двойными линиями. Их размеры задаются ГОСТами (см. рис. 29) и являются функцией скорости движения, разрешенной на данном участке: чем выше установленная скорость, тем больше длина линий и промежутков между ними. Сплошная одинарная линия разделяет встречные транспортные потоки. На широких магистралях двумя параллельными сплошными линиями выделяют разделительные полосы. Прерывистые линии служат для ориентировки водителей. Их можно пересекать с соблюдением условий безопасности движения. Параллельные линии (сплошную и пунктирную) разрешается пересекать со стороны пунктирной. Зачастую линии продольной разметки наносят для разделения полос движения в одном направлении. Такая разметка способствует систематизации движения транспорта и увеличению пропускной способности улиц.

Поперечная разметка введена для предупреждения водителей о приближении к препятствиям. Важнейшей разметкой этого вида являются стоп-линии. Их наносят на перекрестках с таким расчетом, чтобы расстояние видимости для водителя составляло 50 м влево и 80 м вправо. До пешеходного перехода назначают расстояние 2—5 м, а при отсутствии перехода и невозможности обеспечения должной видимости стоп-линию наносят как можно ближе к перекрестку.

Разметка пешеходного перехода является разновидностью поперечной разметки. Ширину перехода назначают в зависимости от интенсивности движения пешеходов, но не менее 2,5 м. Во многих случаях на проезжей части улиц выделяют зоны безопасности, обо-

значаемые штриховым полем, полосы которого располагают под углом 45° к продольной оси дороги. Пешеходные переходы размечают в целях долговечности специальными пластмассовыми или металлическими кнопками, которые удерживаются в покрытии при помощи анкерных штырей.

Остановки городского транспорта обозначают сплошной линией на бортовом камне или около него на проезжей части.

Для направления транспортных потоков перед перекрестками применяют разметку стрелами (рис. 30). Длину их принимают не менее 2,5 м. На улицах с односторонним движением стрелы можно наносить и на перегонах между перекрестками, подтверждая направление движения. Наряду с разметкой проезжей части на улицах для лучшей организации движения транспорта и пешеходов устанавливают дорожные знаки. Простейший дорожный знак представляет собой диск из тонкой листовой стали, на одной из поверхностей которого в два или три цвета нарисовано условное изображение. В ночное время знак подсвечивается лампой направленного освещения. В последнее время стали применять самосветящиеся знаки. Их изображение наносят на стекло, вставляемое в чашу фонаря. В фонарь вставляют две лампы накаливания.

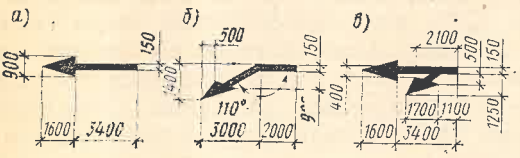


Рис. 30. Разметка остановок общественного транспорта и указатели направления движения:

а — указатель прямого проезда; *б* — указатель левого поворота; *в* — указатель прямого и левого проезда

Дорожные знаки подвешивают на тросах над проезжей частью улицы или крепят на кронштейнах к столбам фонарей уличного освещения. В городских условиях почти не используют знаки, установленные на самостоятельную стойку.

В современной практике организации уличного движения средства принудительного регулирования потоков транспорта во времени можно систематизировать по следующим признакам: по способу подачи сигналов — наручные и автоматические; по режиму работы — на устройства с жестким и гибким режимом работы; по зоне действия — на изолированные и координированные в системе пересечений.

В крупных городах средства регулирования в основном автоматизированы. При этом особые устройства переключают сигналы светофоров в зависимости от интервалов времени или количества транспорта у перекрестка. Режим, при котором светофор подает сигналы по постоянному циклу, заданному интервалом времени, является жестким режимом регулирования. Такой режим может осуществляться изолированными светофорами, работающими в пределах одного перекрестка, или системой светофоров, связанных в цепь координированного регулирования.

Существует несколько систем координированного регулирования: «зеленая волна» — совокупность светофоров на магистрали, сменяющих сигналы через промежутки времени, необходимые для преодоления транспортом расстояния между перекрестками при движении с расчетной скоростью; «зеленая улица» — цепь светофоров, подающих в данный отрезок времени одноименные сигналы на всех перекрестках магистрали.

При гибком режиме регулирования постоянный цикл переключения сигналов светофора отсутствует. Сигналы сменяются в зависимости от транспортной ситуации на перекрестке. При работе на таком режиме возможно гибкое управление движением, поскольку специальные устройства изменяют длительность цикла сигналов и их распределение по фазам. Гибкий режим регулирования можно использовать как на изолированных перекрестках, так и в системе светофоров, обслуживающих целую улицу или ее отрезок (в системе координированного регулирования).

Управление гибкими системами осуществляется автоматическими устройствами, работа которых основана на применении автоматики, телемеханики и вычислительной техники. Применяют различные входные устройства, реагирующие на информацию об интенсивности транспортного потока. Наиболее просты устройства механического действия, например педаль, заделанная в проезжую часть. Автомобили, надавливая на педаль, приводят в действие блок управления светофорами и удлиняют до определенного предела цикл зеленого сигнала в направлении основного по интенсивности потока.

Применяют также системы, на входах которых устанавливают фотоэлементы, радиолокаторы и датчики индукционного тока. Работа радиолокационных анализаторов движения, например, основана на восприятии звуковых колебаний от движения транспорта. Она весьма компактна и монтируется на опорах оповещания. Анализаторы с успехом заменяют механические системы педального типа. Блоки управления обычно настроены на одну программу. Однако применяют системы, отрегулированные на несколько программ, чередующихся в соответствии с суточным изменением интенсивности потоков. Иногда системы регулирования снабжают счетно-решающими устройствами, обеспечивающими смену программ. При этом информация о транспорте воспринимается датчиками и отсылается в счетно-решающее устройство, где перерабатывается по заложенной в него программе. В зависимости от результата назначается режим работы блока управления светофорами. Существуют счетно-решающие устройства, способные решать логические транспортные задачи не только в пределах одного перекрестка, но и в масштабах крупного транспортного комплекса. В таких системах производится анализ транспортной ситуации на нескольких перекрестках. Однако определяющим является развязка движения в наиболее сложном узле.

Для повышения интенсивности, скорости, безопасности и безаварийности движения улицы также должны быть оборудованы

дорожными и сигнальными знаками, надписями для улучшения ориентировки водителей и пешеходов. Там, где ширина проезжей части более 24 м, по оси улицы в определенных местах необходимо создавать специальные островки безопасности для пешеходов. На городских улицах применяют два типа таких островков из сборных железобетонных элементов заводского изготовления.

Установка плит островка на покрытие или основание проезжей части улицы производится при помощи автокранов. В теле плиты имеются три отверстия, в которые вставляются штыри, и при их помощи плита крепится к дорожному основанию. Для придания островку привлекательного вида поверхность плиты может быть выполнена из мозаичной смеси или штучного камня. Наружные грани плиты выполняются из светящегося материала для создания лучшей видимости водителям транспорта. На островке безопасности по ходу транспорта устанавливается световой маяк, который в ночное время горит желтым цветом. Островки безопасности, как большие, так и малые, могут быть вмонтированы в дорожное покрытие или укладываться непосредственно на покрытие.

§ 8. ОЗЕЛЕНЕНИЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ УЛИЦ

Одной из важнейших задач градостроительства является озеленение улиц и площадей, которое выполняют в соответствии с современными санитарно-гигиеническими и эстетическими нормами. Как в новых, так и в реконструируемых городах создается целая система зеленых насаждений. Растения положительно влияют на микроклимат, их используют в борьбе с городским шумом, загрязнением атмосферного воздуха, для защиты от ветров, укрепления грунтов и осушения территорий. Озеленение является одним из элементов архитектурного ансамбля улиц и площадей города.

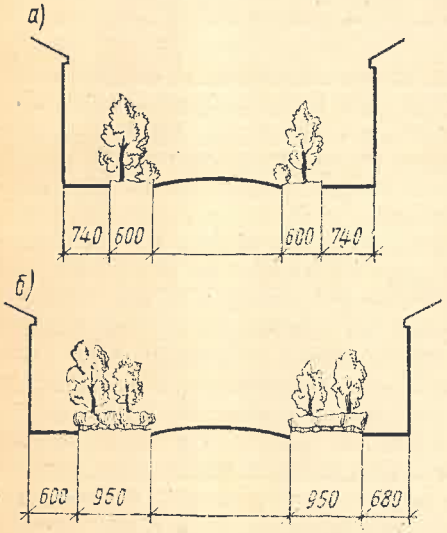


Рис. 31. Поперечные профили улиц с расположением защитного озеленения между проезжей частью и тротуаром:
а — однорядная посадка деревьев с однорядным расположением кустарника вдоль проезжей части; *б* — двухрядная посадка с многорядным расположением кустарника вдоль проезжей части

Существует несколько приемов озеленения улиц, которые можно свести к следующим схемам: расположение посадок между проезжей частью и тротуаром в один, два ряда и более (рис. 31); озеленение разделительной полосы проезжей части при одностороннем движении; расположение одно- и

многорядных посадок между тротуаром и застройкой; различные сочетания озеленения на широких улицах (рис. 32) при расположении на них магистральных дорог и местных проездов, бульваров и газонов.

Тип озеленения выбирают в зависимости от назначения насаждений (улучшение микроклимата, защита застройки и пешеходов от чрезмерной инсоляции, защита от городского шума); климатических условий местности и ориентации улицы; ширины и назначения

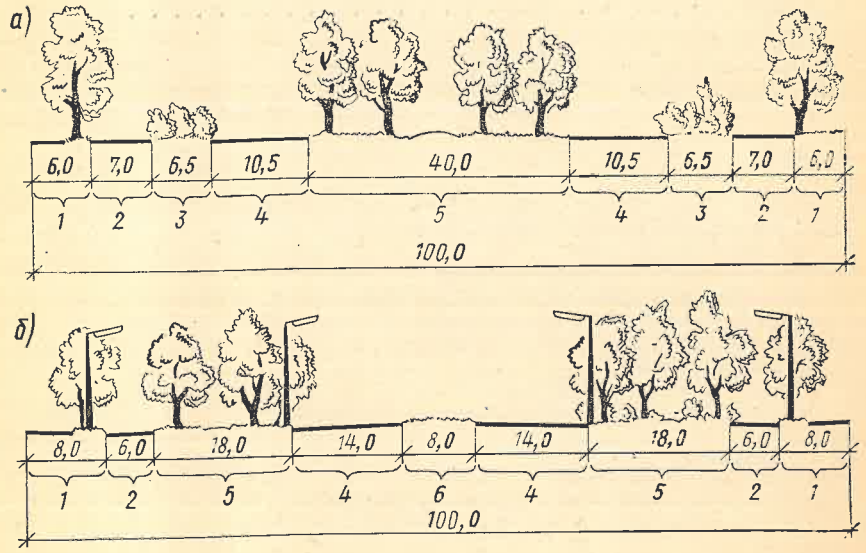


Рис. 32. Поперечные профили улиц с бульварами:
а — бульвар расположен по середине улицы; *б* — двустороннее расположение бульваров; *1* — тротуар; *2* — местный проезд; *3* — газон; *4* — проезжая часть; *5* — бульвар; *6* — разделительная часть

улицы; вида транспорта и интенсивности движения; назначения и этажности застройки.

Разработка проектов озеленения основывается на детальном изучении всех перечисленных факторов. При этом возможность применения той или иной схемы в первую очередь определяется шириной улицы.

В соответствии со СНиП II-60—75 «Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов. Нормы проектирования» ширину полос зеленых насаждений на улицах следует принимать не менее указанной ниже (см. стр. 62).

При многорядной посадке кустарников указанную ширину полосы следует увеличивать на 40—50% для каждого дополнительного ряда растений. При расположении деревьев и кустарников вблизи зданий, различных дорожно-транспортных сооружений и инженерных наземных и подземных сетей расстояния от них следует принимать в соответствии с данными табл. 12.

Газон с рядовой посадкой деревьев или деревьев в одном ряду с кустарниками:	
однорядная посадка	2
двухрядная »	5
Газон с однорядной посадкой кустарников:	
высоких (более 1,8 м)	1,2
среднего размера (1,2—1,8 м)	1
низких (до 1,2 м)	0,8
Газон с групповой или куртинной посадкой:	
деревьев	4,5
кустарников	3
Газон	1

Таблица 12

Здания и сооружения	Расстояние до оси, м	
	ствола дерева	кустарника
От наружных стен зданий и сооружений	5	1,5
От осей трамвайных путей	5	3
От края тротуаров и садовых дорожек	0,7	0,5
От края проезжей части улиц, кромок укрепленных полос обочин дорог или бровок канав	2	1
От мачт и опор осветительной сети, трамвая, колонн, галерей и эстакад	4	—
От подошвы откосов, террас и др.	1	0,5
От подошвы или внутренней грани подпорных стенок	3	1
От подземных сетей:		
газопроводов, канализации	1,5	—
теплопроводов (от стенок канала) и трубопроводов тепловых сетей при бесканальной прокладке	2	1
водопроводов, дренажей	2	—
силовых кабелей и кабелей связи	2	0,7

Примечания: 1. Приведенные нормативы относятся к деревьям с диаметром кроны не более 5 м и должны быть соответственно увеличены для деревьев с кроной большого диаметра.

2. Расстояния от воздушных электросетей до деревьев следует принимать по правилам устройства электроустановок.

При выборе приема озеленения можно руководствоваться следующими рекомендациями. Озеленению подлежат в первую очередь улицы с наибольшей интенсивностью движения пешеходов и транспорта, а также улицы, находящиеся вблизи промышленных предприятий, которые выбрасывают в воздух дым, пыль и прочие загрязнения.

При недостаточной ширине улицы с интенсивным движением транспорта предпочтение должно отдаваться посадкам между проездом и тротуаром, а на улицах с небольшим движением — посадкам вдоль фасадов, если это требуется по условиям инсоляции. На улицах с интенсивным движением автотранспорта, а также на ули-

цах городов, где дуют сильные ветры, наибольшее применение должны найти плотные посадки между проезжей частью и тротуаром.

Можно применять асимметричные по высоте и размещению посадки, что не противоречит архитектурному решению. При недостаточной ширине улиц при посадке одного ряда деревьев можно чередовать невысокие (для защиты тротуаров) и высокие (для защиты фасадов зданий) деревья. Чтобы повысить эффективность насаждений в борьбе с загрязнением воздуха и шумом, во всех типах озеленения улиц следует широко внедрять посадку кустарников между тротуаром и проездом.

В городах южных широт наиболее приемлема линейная посадка деревьев с широкой и плотной кроной, способствующая затемнению наиболее облучаемых тротуаров и фасадов зданий. Интервалы между деревьями должны обеспечивать проветривание во избежание застоя воздуха под кронами деревьев (что особенно важно в южных широтах).

На улицах городов средних и северных широт в полосах насаждений должны быть предусмотрены интервалы для временного размещения снега.

На перекрестках и поворотах улиц посадки не должны мешать пешеходам и водителям видеть дорогу и движущийся транспорт. При интенсивном пешеходном движении на улицах недостаточной ширины допускается посадка деревьев на тротуаре. В рядовых посадках вдоль тротуаров не следует применять породы деревьев с поверхностной и сильно разветвленной корневой системой (во избежание повреждений тротуаров).

В городах средних и северных широт следует высаживать деревья в возрасте не менее 12 лет, а в городах южных широт — в возрасте от 7 лет, возраст кустарников должен быть не менее 4—5 лет.

Одним из важнейших элементов благоустройства города является наружное освещение улиц, дорог и площадей. Оно служит для обеспечения безопасности движения транспорта и пешеходов в вечерние и ночные часы, а также для выявления архитектурно-художественных форм зданий и сооружений, придавая городу в вечерние часы нарядный вид.

По своему назначению световые установки используют: для уличного освещения, основной целью которого является создание на улицах, площадях, проездах, бульварах достаточной и равномерной освещенности, необходимой для безопасности движения транспорта и пешеходов; рекламного освещения, предназначенного для информации населения города, освещения витрин, магазинов, павильонов, киосков; сигнального освещения, куда входят световые указатели остановок городского транспорта, светофоры, островки безопасности, светящиеся дорожные знаки, архитектурно-художественного освещения и т. п.

В состав элементов освещения входят воздушные и кабельные сети, фонари, трансформаторные и фидерные подстанции. Фонари состоят из одного или нескольких светильников, прикрепленных к

опоре держателями. Обычно конструкция фонарей проста, удобна в эксплуатации и долговечна. У светильников, как правило, имеются не лампы накаливания, а газоразрядные электроисточники, высокоэкономичные и долговечные в эксплуатации. Для этой цели стали применять люминесцентные, ртутные и ртутно-люминесцентные лампы, а затем ксеноновые и натриевые. Новая более мощная осветительная техника, а также переход к нормированию не минимальной горизонтальной освещенности, а яркости проезжей части допускает неодинаковые расстояния между устанавливаемыми опорами. Это улучшает облик улиц, а стремление уменьшить количество фонарей является тенденцией современного уличного освещения. При этом нормативная яркость покрытия достигается применением мощных источников света. Применение ламп с большей световой отдачей и вызванная этим замена многорожковых кронштейнов одно- и двухрожковыми дает возможность облегчить стойку фонаря.

Для подвески светильников в настоящее время применяют металлические, железобетонные, деревянные и пластмассовые опоры. В СССР, как правило, применяют железобетонные опоры разнообразной формы, состоящие из двух элементов: стойки и консоли со светильником (рис. 33). Сменные криволинейные кронштейны различных геометрических параметров обеспечивают не только разнообразие архитектурного облика фонаря, но и создают благоприятное распределение светового потока на улицах разной категории. В зависимости от угла наклона кронштейна светильник можно выносить ближе к осевой линии или поднимать на дополнительную высоту. Значительно реже на улицах и площадях города применяют фонари венчающего или торшерного типа, которые относятся к парковым и используются для освещения внутримикрорайонной территории.

Высоту фонаря назначают с учетом архитектурно-планировочных условий улицы или площади. На улицах общегородского значения устанавливают фонари высотой 9—10 м, на улицах районного значения — фонари высотой 7,5—9 м, а на внутримикрорайонных проездах и в торговых центрах, где движение транспорта незначительное, используют фонари высотой 3,75—4,5 м.

Тон света можно подобрать исходя из конкретных условий. Например, на магистралях удобно серебристо-белое освещение от ртутно-люминесцентных ламп (ДРЛ). На второстепенных улицах можно применять более мягкий свет — желтоватый или красноватый (от натриевых ламп).

Стремление к повышению комфортности освещения приводит к появлению новых фонарей, основные светильники которых работают на проезжую часть улицы, а менее мощные лампы освещают тротуар.

В старых районах города светильники нередко навешивают на гибкую подвеску, укрепленную к стенам домов. Безмачтовая система освещения экономична, но имеет некоторые недостатки: плохо освещаются тротуары и примыкающие к ним участки проезжей

части; не полностью используется поперечное сечение улицы, поскольку осевая подвеска светильников психологически заставляет водителей передвигаться у разделительной полосы; на улице появляется «паутина» проводов, ухудшающая ее перспективу. Кроме

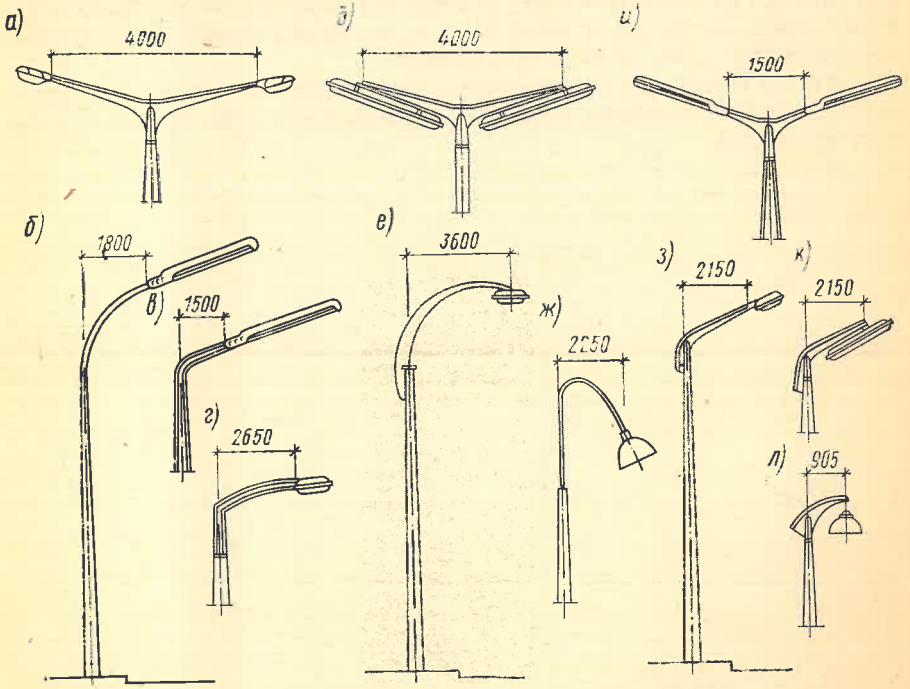


Рис. 33. Железобетонные уличные фонари с газосветными светильниками:
а — двухконсольный МК9-ДП-4К; *б* — одноконсольный МК6-ОК-6; *в* — одноконсольный МК4В-ОМ-2; *г* — одноконсольный МК4А-ОК-5; *д* — двухконсольный МК12-ДП-4; *е* — одноконсольный с натриевой лампой (Швеция); *ж* — одноконсольный МК4А-ОП3К; *з* — двухконсольный МК4В-ДП-5; *и* — двухконсольный МК4Б-ОП3П; *к* — одноконсольный М42-ОК-4; *л* — одноконсольный

того, гибкая подвеска светильников исключает их жесткое закрепление, они раскачиваются от ветра. Это приводит к быстрому выходу из строя осветительных устройств.

На улицах с непрерывной застройкой светильники иногда монтируют на консолях, укрепленных непосредственно к стенам домов. Безмачтовое освещение применяют также в случаях крепления светильников на карнизах и парапетах зданий. Для освещения полотна тротуаров и проездов используют перила и парапеты ограждений и даже бордюры, в которые закладывают ленточные источники света. Такой вид освещения чаще всего применяют в подземных и надземных путепроводах или для дополнительного подсвечивания тротуаров.

Источники света при парапетном или бордюрном освещении укладывают в специальные борозды и защищают прозрачными экранами из органического стекла. Поверхность борозд облицовывают отражающим свет материалом или за светильником устанавливают специальный рефлектор.

Подвесные системы воздушных электросетей портят экстерьер улицы, поэтому всю разводку освещения рационально укладывать в канализацию мелкого заглубления, оставляя подвешенной только контактную сеть электротранспорта.

Архитектурно-художественное и рекламное освещение, как правило, не имеет типовых решений, а выполняется по индивидуальным проектам.

ГЛАВА II

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЛИЦ И ГОРОДСКИХ ДОРОГ

§ 9. ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

Исходными материалами для проектирования городских улиц, дорог и площадей являются: задание на проектирование, архитектурно-планировочное задание, материалы геодезических и гидрогеологических изысканий, данные о существующих наземных строениях и сооружениях, а также зеленых насаждениях, о существующих и проектируемых подземных инженерных сетях, о существующих и перспективных размерах движения транспорта и пешеходов (для магистральных улиц).

Геодезические изыскания для проектирования городских улиц, дорог и площадей, как правило, состоят из сбора материалов и полевых работ, на основании которых проектируют планы в масштабе 1 : 2000—1 : 500 (для технического проекта) и в масштабе 1 : 500 — 1 : 200 (для рабочих чертежей и одностадийных проектов) с красными линиями. Кроме того, в материалах геодезических изысканий должны быть представлены данные существующих наземных строений и сооружений. На жилые и нежилые строения, попадающие в зону строительства городских улиц, дорог и площадей, составляют ведомости инвентаризации по форме, приведенной ниже.

Ведомость инвентаризации жилых и нежилых строений, попадающих в зону строительства

№ п/п	Адрес строения	Назначение	Материал и характер строения	Этажность	Застройка		Заселенность		Владелец строения
					площадь, м²	объем, м³	семей	людей	

Инвентаризацию провел _____
подпись

Расположенные на трассе проектируемых улиц, дорог и площадей сооружения (мосты, путепроводы, трубы, подпорные стенки и др.) должны быть точно засняты и нанесены на планы. По каждому из этих сооружений по заданию проектной организации должны быть установлены год постройки, материал, конструкция, техническое состояние и сделаны эскизы.

Все телеграфно-телефонные линии, осветительные мачты, трамвайно-троллейбусная контактная сеть и высоковольтные линии электропередач должны быть на планах точно привязаны, а при пересечении этих линий должны быть установлены вертикальные отметки нижних проводов.

Важное значение имеют сведения о существующих и проектируемых подземных инженерных сетях. Данные для проектирования городских улиц, дорог и площадей собирают в специализированных организациях и наносят на планах обычно в масштабе 1 : 500. При отсутствии данных производят съемку их в натуре по колодцам или открытым шурфам. На таких планах указывают место расположения сооружений, сечение коллектора или диаметр трубы, отметку верха или лотка сооружения, материал, колодцы и камеры с отметкой крышек, количество кабелей, число отверстий телефонной канализации и владельцев этих прокладок.

Все насаждения, попадающие в зону строительства городских улиц, дорог и площадей, наносят на план в масштабе 1 : 500 и на них составляют пересчетную ведомость по следующей форме.

Ведомость зеленых насаждений, попадающих в зону строительства

№ п/п	Название пород	Количество, шт.		Диаметр, см	Возраст, лет	Высота, м	Характеристика состояния	Заключение	Размер кома пересаживаемых деревьев в весенне-осенний период	Оценка зеленых, руб.
		деревьев	кустарников							

Дендролог _____
подпись

В данных о существующей конструкции дорожной одежды проезжей части и тротуаров даются техническая характеристика дорожных одежд, их состояние и эксплуатационные качества.

Сведения о существующих и перспективных размерах движения транспорта и пешеходов устанавливают специальными подсчетами в часы «пик» в наиболее напряженных узлах. При этом должны быть выяснены размеры движения в каждом направлении с учетом видов транспорта (автомобили легковые и грузовые, автобусы, троллейбусы, трамваи и др.). Дополнительные работы при изысканиях предусматривают: сбор сведений о наличии местных материалов и ресурсов для проведения строительных работ, сбор сведений о местах свалок грунта и др.

Полевые работы должны дать дополнительно следующие материалы:

изменения в рельефе и ситуации проектируемых улиц, дорог и площадей, происшедшие к моменту производства полевых работ,

причем эти изменения необходимо внести в ранее собранные полевые материалы;

дополнения имеющихся планов характерными элементами зданий (входы, въезды, ступени, приямки и пр.), мачтами (опоры воздушных проводов), столбами и другими наземными, а также подземными сооружениями;

поперечные сечения существующих городских улиц и площадей по точкам, характерным для проектирования, с нивелирными отметками всех характерных точек;

для расчета водосточной сети данные, характеризующие площади водосборных бассейнов, для определения коэффициента стока, сведения о характере застройки и нивелирные данные о существующей водосточной сети;

сведения о водосборных бассейнах, необходимые для назначения отверстий искусственных сооружений;

сведения о режиме рек, необходимые для проектирования улиц и сооружений на их берегах;

данные, связанные с пересечением железных дорог и автомагистралей, и др.

Камеральные работы заключаются в обработке всех полевых данных с составлением планов, профилей, технических эскизов и других материалов и внесении всех изменений, полученных в натуре, в имеющиеся планы и другие документы. Если вдоль линии застройки предвидятся большие срезки или подсыпки грунта, составляют планы дворовых территорий с нивелирными отметками и продольные профили по линиям застройки.

В результате геодезических изысканий для составления проектов строительства новых или реконструкции существующих городских улиц, дорог и площадей составляются следующие материалы: а) планы в масштабе 1 : 2000 или 1 : 500 с уточненной в натуре существующей ситуацией, красными линиями, линиями базиса с привязками, пикетами, линиями застройки и контуров зданий, дополненными въездами во дворы, входами в здания, ступенями, приямками и др., реперами с указанием места расположения каждого, его номера и отметки, скважинами или шурфами в местах бурения (наносятся по материалам грунтовых и гидрогеологических обследований), расположенными существующими подземными сооружениями со всеми колодцами, водосточными решетками, а также вертикальными отметками крышек и дна колодцев и др.; б) поперечные профили в масштабах: горизонтальном — 1 : 200 и вертикальном — 1 : 100. На поперечном профиле показывают расстояние между точками перелома, черные существующие отметки, виды существующей одежды проезжей части и тротуаров, существующие линии поверхности, подземные сооружения; в) дополнительные материалы и данные.

Продольный профиль городских улиц, дорог и площадей составляется при проектировании после уточнения их оси или оси проезжей части в масштабе: горизонтальном — 1 : 1000 или 1 : 500 и вертикальном — 1 : 100 или 1 : 50.

Производство гидрогеологических изысканий состоит в первую очередь в осмотре всех имеющихся котлованов и траншей, расположенных на проектируемой улице, на прилегающих к ней территориях (в кварталах и во дворах) и выяснении характера грунта и грунтовых вод, которые могут повлиять на выбор дорожных конструкций и проектируемых сооружений. При отсутствии котлованов или их недостаточности закладывают буровые скважины. Если это не является препятствием движению, бурение производится по оси улицы, дороги и площади, а если они широкие, также и по лоткам. В случае, если это невозможно, допускается производить бурение в прилегающих дворах и на незастроенных участках вблизи проектируемой городской улицы, дороги или площади. Количество буровых скважин устанавливают в зависимости от изменения качеств грунта по длине улицы или дороги (рекомендуется не реже чем через 100 м). На площадях закладывают не менее двух рядов скважин на расстоянии 80—100 м одна от другой в ряду, преимущественно на местах, не бывших ранее под проезжей частью.

Одновременно с грунтовыми и гидрогеологическими изысканиями ведутся обследования существующих конструкций дорожной одежды с промером ее толщины и описанием состояния. Расположение обследованных котлованов, заложенных скважин, а также мест произведенных промеров толщины дорожных одежд наносят на план и проставляют их номера.

Гидрогеологические изыскания должны обеспечить проектирование следующими данными: разрезами грунтов по скважинам с описанием грунтов, а также показанием залеганий слоев и уровней грунтовой воды в абсолютных отметках (рис. 34); почвенно-грунтовыми профилями (по данным бурения), нанесенными на продольные профили улиц, дорог и площадей, в абсолютных отметках; справками о ближайших карьерах камня и песка, их мощности и

Скв. № 12
отм. 196,71

Геологический возраст	Абсолютные отметки	Глубина залегания	Мощность	Литологическое описание	Гидрогеологическая характеристика	Абсолютная отметка уровня воды	Примечания
a_2 pr	194,91	1,80	1,80	Суглинок буровато-желтый тонкопесчаный, пылеватый слоистый	Мерзлый до 1,80		
	194,01	2,70	0,90	Суглинок буровато-желтый тонкопесчаный	Влажный		
	192,81	3,90	1,20	Супесь желтая, мелкопесчаная, средней плотности	Влажный		
$Q_2^2 d_3^1$	191,71	5,00	1,10	Суглинок красно-бурый, мелкопесчаный, с редким гравием	Слабо влажный		

Рис. 34. Разрез скважины

составе, а также о расстояниях до карьеров и наличии подъездов; результатами лабораторных испытаний грунтов по форме, приведенной ниже.

Ведомость лабораторных испытаний грунтов

№ скважины	Наименование грунтов	Гранулометрический состав	Влажность	Включение	Объемная масса	Плотность	Угол внутреннего трения	Коэффициент фильтрации	Угол естественного откоса	Пластичность (для глинистых грунтов)	Допускаемое давление	Пористость

Зав. лабораторией _____
подпись

Ст. лаборант _____
подпись

Для проектирования глубоких выемок, противопучинных мероприятий, глубокого дренажа дополнительно надо установить при исследованиях уровень грунтовых вод в период наибольшего увлажнения, направление течения грунтовых вод, их химический анализ, а также дебит и скорость потока. В необходимых случаях составляются планы: с гидроизогипсами, залегания торфа, границ и мощности гниющих свалок и т. п.

§ 10. СОСТАВ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Для строительства городских улиц используют следующую проектную документацию: технический проект, рабочие чертежи, проект организации строительства (ПОС), проект производства работ (ППР).

Технический проект состоит из плана проектируемой городской улицы с горизонтальной и вертикальной планировкой с решением отвода поверхностных вод в масштабе 1 : 500; продольного профиля в масштабе: горизонтальном — 1 : 500 или 1 : 1000 и вертикальном — 1 : 50 или 1 : 100; поперечных профилей на характерных пикетах и точках в масштабе: горизонтальном — 1 : 500 или 1 : 1000 и вертикальном — 1 : 50 или 1 : 100; поперечных профилей на характерных пикетах и точках в масштабе: горизонтальном — 1 : 200 и вертикальном 1 : 100; конструктивного поперечного профиля в масштабе 1 : 10 — 1 : 20 или 1 : 100 — 1 : 200 с деталями в масштабе 1 : 5 — 1 : 20; рабочих чертежей прокладки новых и переустройства существующих подземных инженерных сетей в масштабе 1 : 500 или 1 : 200 с элементами проектируемой улицы; сводной ведомости

объемов работ; пояснительной записки; сводной сметы, составленной на все виды работ и затрат.

Рабочие чертежи разрабатывают после утверждения технического проекта. В процессе их разработки уточняют и детализируют предусмотренные техническим проектом решения, объемы отдельных видов работ. Уточнение стоимости каждого объекта и вида работ в сметах по рабочим чертежам допускается в пределах общей стоимости строительства, установленной в техническом проекте.

При составлении рабочих чертежей нельзя допускать каких-либо отклонений от положений утвержденного технического проекта (тип дорожной одежды, ширина проезжей части и т. д.). К рабочим чертежам относятся проекты сложных нетиповых сооружений (подпорные стенки, лестничные сходы и др.), проекты переустройства входов в здания, деталей установки ограждающих парапетов, решеток, прокладки новых и переустройства существующих подземных инженерных сетей, проекты разработки специальных водоотводных и дренажных сооружений и т. п.

Проект организации строительства разрабатывает проектная организация, составляющая технический проект. Этот проект предназначен для планирования капитальных вложений, строительства и материально-технического снабжения, а также для своевременного проведения подготовительных работ и решения вопросов, связанных с развитием или организацией производственной базы строительства. В проекте учитывают совмещение общестроительных, монтажных и специальных работ и увязку их выполнения. Значительное внимание в проекте уделяется вопросам, связанным с повышением уровня производительности труда, поточностью строительства, механизацией, сокращением трудоемкости и снижением себестоимости работ. ПОС содержит сводный календарный план строительства; календарный план работ, выполняемых в подготовительный период; сведения об объеме основных строительных, монтажных и специальных работ; строительный генеральный план; сведения о требующихся строительных конструкциях, деталях, полуфабрикатах и основных материалах; схему организации движения городского транспорта и пешеходов в период строительства; пояснительную записку с описанием принятых методов производства работ, обоснованием потребности в материально-технических ресурсах, кадрах и источниках покрытий этой потребности, основных принципов построения потока.

Проект организации строительства согласовывают с генеральной строительной организацией, которой поручено строительство улицы. Строительные организации при проведении работ кроме перечисленных проектных материалов пользуются также проектом производства работ. В этом проекте должны быть детально разработаны и технологические карты на все виды строительных, монтажных и специальных работ.

В настоящее время для всех строительных процессов, выполняемых преимущественно поточными методами, разрабатывают и при-

меняют типовые технологические карты. Технологической картой называется технический документ, в котором определены последовательность выполнения технологических операций для определенного вида работ, длины захваток, количество потребных ресурсов, составы бригад, их оснащение и производительность, а также дана графическая схема специализированного потока с размещением всех машин и технико-экономические показатели работы потока. Подсчет объемов работ и ресурсов для их выполнения может быть выполнен непосредственно на схеме или в виде краткой записки с необходимыми расчетами.

Технологические карты являются руководством для повседневной организационной работы на производстве. Они определяют расстановку машин и рабочих, упрощают учет выполненных работ, контроль за расходованием материалов и качеством производства работ.

Дорожные научно-исследовательские и производственные организации разработали большое количество типовых технологических карт на основные виды дорожно-строительных работ. Однако они не могут полностью охватить все многообразие производственных процессов. В ряде случаев конкретные условия производства работ значительно отличаются от условий, принятых в типовых картах. При проектировании новых дорожных конструкций изменяется и технология их устройства. Поэтому ППР сопровождается привязкой к местным условиям типовых карт и разработкой новых технологических карт. Основная задача при разработке технологических карт состоит в том, чтобы наметить правильную технологию работ, затем подобрать для ее осуществления наиболее рациональный комплект машин. Оба эти этапа взаимосвязаны и влияют один на другой. Одни и те же виды работ могут быть выполнены различными комплектами машин. Обычно машины подбирают в соответствии с требованиями технологического процесса.

Кроме календарного графика производства работ на сложные с инженерной точки зрения объекты составляют сетевые графики. Значительное внимание в ППР уделяется вопросам техники безопасности на всех стадиях строительства городской улицы.

Общую стоимость строительства городской улицы определяют сводной сметой, которая содержит данные о стоимости следующих видов работ: освоения трассы и подготовки территории строительства; устройства земляного полотна; искусственных сооружений; дорожных одежд; организации связи и энергоснабжения; постройки зданий и сооружений дорожной и автотранспортной службы; обстановки улицы; проведения особых работ; строительства временных зданий и сооружений.

За итогом сводных сметно-финансовых расчетов указывают возвратную сумму финансирования, включающую амортизируемую в течение строительства часть стоимости временных зданий и сооружений, а также ликвидную сумму (от ликвидации временных зданий и сооружений).

§ 11. ДВИЖЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО ДОРОГЕ

Для городских условий характерен, как правило, смешанный транспортный поток, состоящий из легковых и грузовых автомобилей, автобусов, троллейбусов, трамваев. Рост интенсивности движения и совершенствование транспортных средств предъявляют все более высокие требования к элементам городских дорог и улиц, к конструкциям дорожных сооружений. В процессе проектирования должны быть решены вопросы обеспечения удобства и безопасности движения со скоростями, установленными для данной категории улиц и дорог. При этом необходимо учитывать требования и особенности всех видов транспортных средств, движение которых предусматривается на проектируемой улице или дороге.

1. **Режим движения** отдельных видов транспортных средств определяется их динамическими качествами. В составе городских транспортных потоков преобладает автомобильный транспорт. Поэтому необходимо, чтобы проектируемая улица или дорога прежде всего удовлетворяла требованиям динамики автомобиля. В процессе движения автомобиль совершает ряд сложных перемещений — поступательное на прямых участках, вращение вокруг вертикальной оси при движении на кривых, а также продольные и поперечные колебания. В основу проектирования дорог положено решение вопросов взаимодействия дороги и автомобиля, обеспечение механической устойчивости его движения. Одним из главных факторов, определяющих режим движения автомобиля, являются его динамические качества.

Вместе с тем в транспортных потоках, особенно смешанных, где отдельные транспортные средства испытывают взаимные помехи, фактический режим движения во многом зависит от таких факторов, как дорожные условия и особенности их психологического восприятия водителями, что влияет на выбор последними режима движения.

Сложность учета и пока еще недостаточная изученность всех факторов, влияющих на режим движения, не позволяют в полной мере учесть их при проектировании. Поэтому расчет основных геометрических параметров дорог устанавливают на основе положений теоретической механики из условия движения одиночного автомобиля с расчетной скоростью без колебаний, по ровной недеформируемой поверхности, с полной реализацией тяговых возможностей автомобиля.

Наличие в составе транспортного потока троллейбусов и трамваев предъявляет дополнительные требования к проектированию элементов городских дорог и улиц, а также их оборудованию. Привязка к контактной сети и рельсовому пути делает эти виды транспорта маломаневренными, особенно трамвай. В результате взаимные помехи с другими видами транспорта, особенно при узкой проезжей части, резко возрастают, что сказывается на режиме движения потока в целом.

Использование электроэнергии для движения троллейбусов и трамваев требует устройства тяговых подстанций, оборудование линий контактной сети, а для трамваев — рельсовых путей. Кроме того, трассы троллейбусных линий по условиям надежности токосъема можно прокладывать только по улицам, имеющим усовершенствованные капитальные покрытия.

2. **Сила тяги автомобиля.** При сгорании смеси топлива в двигателе совершается полезная работа по перемещению поршней и вращению коленчатого вала, вследствие чего двигатель развивает определенную мощность. Мощность, снятая с коленчатого вала и используемая для движения автомобиля, называется эффективной мощностью N_e. Она не остается постоянной, а возрастает с увеличением числа оборотов коленчатого вала до некоторой максимальной величины — $N_{e_{max}}$, определенной для каждого двигателя. При дальнейшем увеличении числа оборотов ухудшается процесс сгорания топлива, увеличиваются потери на трение и мощность начинает уменьшаться.

При работе двигателя на его валу развивается определенный крутящий момент M_e, характеризующий работоспособность двигателя. Между эффективной мощностью N_e, Вт, частотой вращения вала двигателя n_e, об/мин, и крутящим моментом M_e, Н·м, имеется следующее соотношение:

$$M_e = 9{,}55 \frac{N_e}{n_e}.$$

С изменением частоты вращения коленчатого вала двигателя изменяются крутящий момент M_e и удельный расход топлива, г/Вт, показывающий количество топлива в граммах, израсходованное на каждую единицу мощности в час (g_e).

При испытании работающего двигателя на стенде получают экспериментальную зависимость N_e, M_e и g_e от частоты вращения коленчатого вала n_e при полном открытии дроссельной заслонки в карбюраторном двигателе или с полной подачей топлива в дизелях. Эта зависимость, представленная в виде графика, называется внешней скоростной характеристикой двигателя.

Через трансмиссию автомобиля (сцепление, коробку передач, карданный вал и главную передачу) крутящий момент двигателя M_e передается на ведущие колеса. Крутящий момент на ведущих колесах равен

$$M_к = M_e i_к i_0 \eta,$$

где $i_к$ — передаточное число коробки передач; i_0 — передаточное число главной передачи; η — механический коэффициент полезного действия трансмиссии автомобиля, составляющий для легковых автомобилей 0,88—0,92, для грузовых автомобилей и автобусов — 0,8—0,9.

Крутящий момент на ведущих колесах вызывает появление пары сил (рис. 35): окружной силы $P_к$, приложенной в месте контакта колеса с покрытием, и тягового усилия $P_а$, приложенного в цен-

тре колеса, которое через ведущий мост и рессоры передается на раму автомобиля, вызывая его движение. Эти силы равны

$$P_к = P_а = \frac{M_к}{r_к} = \frac{M_e i_к i_0}{r_к}\eta,$$

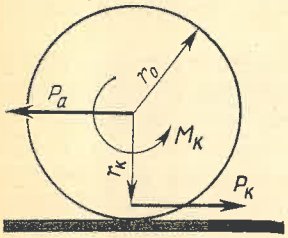


Рис. 35. Тяговое усилие на ведущих колесах автомобиля

где $r_к = r_0\lambda$ — радиус колеса с учетом деформации шины, характеризуемой коэффициентом деформации λ, принимаемым равным 0,945—0,950 — для шин высокого давления и 0,930—0,935 — для шин низкого давления.

Принимая во внимание соотношение между эффективной мощностью N_e, частотой вращения вала n_e и крутящим моментом двигателя M_e, приводим выражение тягового усилия к виду

$$P_а = 9{,}55\frac{N_e i_к i_0}{n_e r_к}\eta.$$

Скорость автомобиля (м/с) при частоте вращения ведущего колеса $n_к = n_e/i_к i_0$ равна

$$v = \frac{2\pi r_к n_к}{60} = \frac{2\pi r_к n_e}{60 i_к i_0},$$

или

$$v = 105\frac{r_к n_e}{i_0 i_к}.$$

Преобразуя формулу тягового усилия, получим

$$P_а = \frac{3{,}6N_e}{v}\eta,$$

где N_e — эффективная мощность двигателя, Вт, при которой автомобиль развивает скорость v, км/ч.

Из сказанного выше видно, что сила тяги и скорость автомобиля изменяются в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и передаточного числа коробки передач. При движении автомобиля на определенной передаче сила тяги и скорость автомобиля увеличиваются с возрастанием числа оборотов коленчатого вала. Использование разных передач также приводит к изменению силы тяги и скорости движения автомобиля. Так, переход на низшие передачи при постоянной частоте вращения коленчатого вала обеспечивает увеличение силы тяги, но одновременно приводит к уменьшению скорости движения. Наибольшая скорость может быть достигнута автомобилем при использовании прямой передачи ($i_к = 1$) при благоприятных условиях движения и незначительных дорожных сопротивлениях, так как сила тяги в этом случае будет небольшая.

3. **Сопротивления движению автомобиля.** При движении автомобиля его сила тяги расходуется на преодоление следующих сил сопротивления движению: сопротивление качению P_f; сопротивление движению на подъем P_i; сопротивление воздушной среды $P_в$; сопротивление инерционных сил P_j.

Сопротивление качению P_f возникает за счет затрат энергии на деформацию шин и дороги, которые не являются идеально упругими телами. Упругие и пластические деформации дороги зависят от типа покрытия и величины удельного давления на него колеса. На дорогах с асфальто- и цементобетонными покрытиями, отличающихся ровностью поверхности проезжей части, P_f вызывается в основном затратами энергии на деформирование шин. На других покрытиях, таких, как щебеночные, гравийные, брусчатая и булыжная мостовые, P_f увеличивается в результате качения колес по менее ровной поверхности и связанных с этим ударами колес при наездах на неровности дорожного покрытия.

При качении колес автомобиля по твердому покрытию P_f прямо пропорционально массе автомобиля G. Коэффициент сопротивления качению f зависит от типа и состояния дорожного покрытия, свойств колеса и скорости движения. Его величину устанавливают опытным путем. Средние значения f для дорог с различными типами покрытий при нормальном давлении воздуха в пневматической шине следующие:

Асфальтобетонное и цементно-бетонное покрытия в хорошем состоянии	0,015—0,018
То же, в удовлетворительном	0,018—0,022
Щебеночные и гравийные покрытия, обработанные органическими вяжущими материалами	0,020—0,025
То же, не обработанные вяжущими материалами	0,030—0,040
Мостовые из брусчатки	0,020—0,030
Мостовые булыжные	0,035—0,045
Грунтовые дороги в хорошем состоянии	0,030—0,060

Приведенные значения коэффициентов сопротивления качению практически не изменяются при скоростях движения до 50 км/ч.

С возрастанием скорости, после превышения ею некоторого критического значения, в шинах возникают радиальные колебания и величина коэффициента сопротивления качению заметно увеличивается. Существенное значение имеет здесь жесткость шины, зависящая от величины давления в камере и конструкции покрышки. При движении автомобиля по ровным, твердым покрытиям сопротивление качению тем больше, чем ниже давление в шинах, т. е. меньше ее жесткость и больше деформируемость.

Значения f при скоростях от 50 до 150 км/ч f_v находят по эмпирической формуле

$$f_v = f\,[1 + 0{,}01\,(v - 50)],$$

где v — скорость автомобиля, км/ч; f — коэффициент сопротивления качению при скоростях до 50 км/ч, значения которых приведены выше.

Сопротивление движению на подъем с уклоном i возникает при перемещении автомобиля по наклонной поверхности дороги на некоторую высоту. Эта сила является составляющей веса автомобиля и направлена параллельно плоскости дороги (рис. 36)

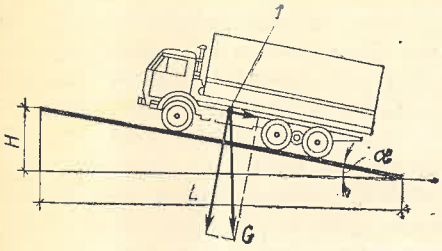


Рис. 36. Схема сил сопротивления движению автомобиля на подъем:
1 — центр тяжести автомобиля

$$P_i = G \sin \alpha.$$

Так как углы подъема на автомобильных дорогах незначительны, можно допустить, что $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$, а длина наклонного участка дороги равна его горизонтальному проложению L. Тогда $\operatorname{tg} \alpha = H/L = i$, где H — высота подъема дороги на участке длиной L; i — продольный уклон на этом участке, выраженный в десятичных дробях.

Таким образом, сопротивление движению на подъем равно

$$P_i = G_i.$$

Сопротивление воздушной среды возникает при движении автомобиля в результате реактивного давления воздуха на его лобовую поверхность, граничного трения воздуха о боковые поверхности кузова, а также завихрений воздушных струй за автомобилем, под его кузовом и около колес.

Величина сопротивления воздушной среды зависит от размеров лобовой поверхности автомобиля, конфигурации и обтекаемости его кузова, плотности и температуры воздуха. Сила сопротивления воздушной среды $P_в$ пропорциональна квадрату скорости движения автомобиля и выражается следующей зависимостью:

$$P_в = 9{,}81 c \rho F v^2,$$

где c — коэффициент обтекаемости, зависящий от формы автомобиля и гладкости его поверхности; ρ — плотность воздуха, кг·с²/м⁴; F — лобовая площадь автомобиля, м²; v — скорость движения автомобиля, м/с.

Произведение $c\rho$ обычно представляют в виде коэффициента сопротивления воздушной среды k (табл. 13).

Таблица 13

Автомобили	Лобовая площадь, м²	Коэффициент сопротивления воздушной среды k, кг·с²/м⁴
Легковые	1,4—2,6	0,015—0,030
Грузовые	3,0—7,0	0,050—0,070
Автобусы	4,0—7,0	0,025—0,050

Лобовая площадь автомобиля F с достаточной степенью точности может быть определена по формуле

$$F=0{,}775BH,$$

где B — ширина автомобиля, м; H — высота, м.

Значения лобовой площади для некоторых видов автомобилей приведены в табл. 13.

Выражая скорость в км/ч, получим

$$P_в=\frac{kFv^2}{3{,}6^2}.$$

Сопротивление воздушной среды возрастает при движении автопоездов, состоящих из автомобиля-тягача и прицепов. Каждый прицеп увеличивает сопротивление воздушной среды на 15—25%.

Сопротивление инерционных сил возникает при неравномерном движении автомобиля с увеличивающейся скоростью. Оно слагается из инерции поступательно движущейся массы автомобиля и сил инерции вращающихся частей автомобиля.

Величина инерционной силы поступательного движения автомобиля массой $m=G/g$ равна

$$P_{j\,пост}=m\frac{dv}{dt}=\frac{G}{g}\frac{dv}{dt},$$

где $\frac{dv}{dt}$ — ускорение автомобиля.

Полагая $\frac{1}{g}\frac{dv}{dt}=j$ — относительное ускорение, получим величину инерционной силы поступательного движения

$$P_{j\,пост}=Gj.$$

Влияние вращающихся масс автомобиля, главным образом маховика и колес, учитывается поправочным коэффициентом δ, который представляет собой отношение полной силы, необходимой для разгона всех поступательно движущихся и вращающихся частей автомобиля, к силе, необходимой только для разгона поступательно движущихся масс:

$$\delta=\frac{P_{j_{пост}}+P_{j_{вр}}}{P_{j_{пост}}}.$$

Коэффициент влияния вращающихся масс принимает различные значения в зависимости от того, на какой передаче движется автомобиль. Чем больше передаточное число коробки передач, тем выше коэффициент δ. Его величина может быть определена по приближенной эмпирической формуле

$$\delta=1{,}03+ni_к^2,$$

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

С учетом коэффициента δ сопротивление инерционных сил равно

$$P_j = \delta G j.$$

Когда движение автомобиля связано с частым изменением скорости, остановками, что характерно для городских условий, протекание рабочих процессов двигателя несколько видоизменяется. Это сказывается на величине тяговой силы в результате своеобразной «тепловой инерции» двигателя, который не успевает мгновенно приспосабливаться к происходящим изменениям нагрузки, и процесс сгорания происходит при менее выгодных условиях, чем при установившемся режиме работы.

Влияние неустановившегося режима двигателя на динамику автомобиля в этом случае оценивают по аналогии с влиянием вращающихся частей двигателя введением поправочного коэффициента δ' к инерции поступательно движущихся масс. Дополнительное инерционное сопротивление от влияния неустановившегося режима работы двигателя равно

$$P'_j = \delta' i_к^2,$$

где δ' — коэффициент, равный 0,075—0,085 для легковых автомобилей и 0,070—0,075 для грузовых (проф. Б. С. Фалькевич).

В общем случае сопротивление инерционных сил имеет следующий вид:

$$P_j = G[1{,}03 + (n + \delta) i_к^2].$$

4. **Динамические характеристики автомобиля.** При движении автомобиля тяговое усилие затрачивается на преодоление сил сопротивления движению. Условие равенства внутренних и внешних сил называется уравнением тягового баланса или уравнением движения автомобиля и имеет следующий вид:

$$P_а = P_f \pm P_i + P_в \pm P_j.$$

Знак плюс перед силой P_i соответствует движению на подъем, а знак минус — на спуск. Знак плюс перед силой P_j соответствует ускоренному движению, а знак минус — замедленному. Приведенное выражение представляет собой распределение тяговой силы по отдельным видам сопротивлений движению автомобиля. Уравнение тягового баланса показывает, что в каждый данный момент движения сила тяги равна сумме всех сил сопротивления.

Подставив значения сопротивлений, определенных ранее, получим уравнение тягового баланса в развернутом виде:

$$P_а = Gf \pm Gi + kFv^2 \pm \delta G j.$$

Перенеся величину сопротивления воздушной среды в левую часть и разделив все члены полученного выражения на массу автомобиля, получим удельный тяговый баланс, отнесенный к единице массы автомобиля:

$$\frac{P_a - kFv^2}{G} = f \pm i \pm \delta j.$$

Разница между полной силой тяги на ведущих колесах и сопротивлением воздушной среды, отнесенная к единице массы автомобиля, является характеристикой тяговых или динамических качеств автомобиля и названа акад. Г. А. Чудаковым динамическим фактором D:

$$D = \frac{P_a - kFv^2}{G}.$$

Это выражение является основным измерителем, характеризующим тяговые качества автомобиля, резерв тягового усилия на единицу его массы, который может быть израсходован на преодоление дорожных сопротивлений (f и i) и на ускорение автомобиля.

Так как сила тяги и сопротивление воздушной среды зависят от скорости движения, то и величина динамического фактора соответственно меняется с изменением скорости. Кривая, характеризующая зависимость динамического фактора от скорости движения на каждой передаче, называется динамической характеристикой автомобиля (рис. 37). Она является основой для тяговых расчетов и позволяет определять основные параметры движения — максимальную скорость при заданных дорожных сопротивлениях, предельные сопротивления дороги, преодолеваемые автомобилем на данной передаче, ускорение при разгоне.

Скорость, соответствующая максимальному значению динамического фактора на графике для данной передачи, называется критической скоростью. При движении автомобиля с этой скоростью в случае увеличения сопротивлений движение становится неустойчивым и необходимо переключение на следующую пониженную передачу.

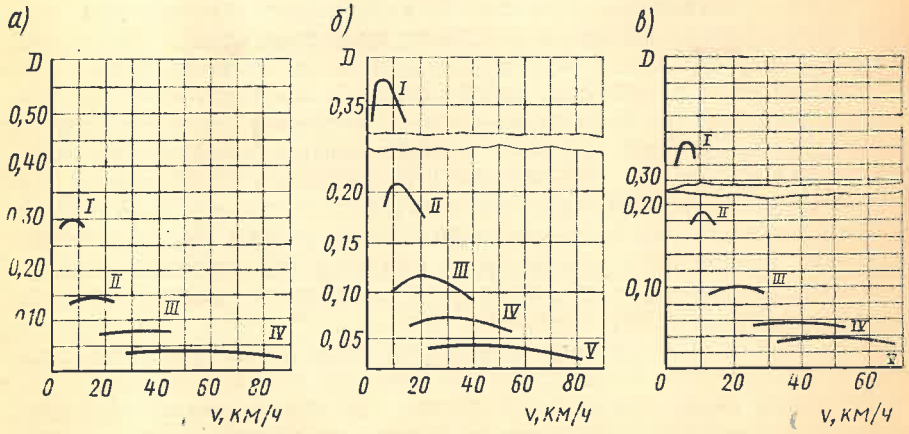


Рис. 37. Динамические характеристики грузовых автомобилей:
а — ГАЗ-53А; *б* — ЗИЛ-130; *в* — МАЗ-500; *I—V* — передачи

Величина динамического фактора равна величине дорожных сопротивлений $(f+i)$ при движении с равномерной установившейся скоростью. В этом случае ускорение равно нулю. Исходя из условий установившегося режима движения автомобиля с помощью динамических характеристик, решают частные задачи проектирования продольного профиля.

Сцепление пневматических шин с дорожным покрытием. Крутящий момент ведущего колеса автомобиля вызывает в месте контакта с поверхностью дороги окружную силу $P_к$, под воздействием которой на поверхности дороги возникает равная и противоположная ей реакция дороги T, являющаяся силой трения между дорогой и колесом. Движение автомобиля будет возможно только при условии достаточного сцепления ведущих колес автомобиля с дорожным покрытием, когда вращение колеса будет происходить без проскальзывания по покрытию.

Отношение наибольшей силы тяги $P_а = P_к$ к вертикальной нагрузке на ведущее колесо $G_{сц}$, с превышением которой начинается пробуксовывание колеса, называется коэффициентом сцепления

$$\varphi = P_{к\,max}/G_{сц}.$$

Максимальная величина силы тяги по условию сцепления колес с покрытием пропорциональна нагрузке на ведущие колеса автомобиля $G_{сц}$

$$P_{к\,max} = \varphi G_{сц}.$$

Величина коэффициента сцепления зависит от нагрузки на ведущие колеса, шероховатости и влажности покрытия, типа, жесткости и степени изношенности шин, а также скорости движения и погодных условий. Это необходимо учитывать при решении вопросов устойчивого и безопасного движения автомобилей.

Силы, действующие в месте контакта колеса с покрытием, могут быть направлены как в плоскости вращения колеса, так и под углом к этой плоскости. В расчетах элементов дорог полагают, что геометрическая сумма сил, действующих в площади контакта колеса с дорогой, не должна превышать величины силы сцепления. При этом различают два рода коэффициентов: продольного сцепления и поперечного. Коэффициент продольного сцепления φ_1 соответствует началу проскальзывания колеса при его вращении в плоскости движения без воздействия боковой силы ($\varphi_1 = \varphi$). Коэффициент поперечного сцепления φ_2 является поперечной составляющей коэффициента сцепления φ, когда колесо одновременно и вращается, и скользит в сторону.

Сила сцепления зависит главным образом от степени износа дорожного покрытия и состояния его поверхности. Как показали исследования коэффициента сцепления, на его величину большее влияние оказывает состояние дорожного покрытия, а не его тип. На грязных, влажных и скользких покрытиях величина коэффициента сцепления снижается вследствие образования из пыли и воды

смазки, разделяющей шероховатые поверхности колеса и дорожного покрытия.

Для лучшего сцепления колес с покрытием на протекторе покрышки шины делают выступы различной формы по определенным рисункам. Это способствует также выжиманию воды из-под колес при мокром покрытии и предотвращает возникновение явления аквапланирования шины, когда при движении с высокой скоростью пленка воды не успевает выжиматься из-под набегающего колеса и собирается, образуя водяной клин между колесом и покрытием. В результате возникает гидродинамическая подъемная сила и контакт шины с покрытием уменьшается, что может привести к потере управляемости передними колесами и сделать торможение автомобиля невозможным.

С возрастанием скорости величина коэффициента сцепления уменьшается. Это связано с тем, что при высоких скоростях шина не успевает полностью деформироваться из-за кратковременности ее контакта с покрытием, в течение которого неровности покрытия вдавливаются в шину на меньшую глубину.

Изменение погодных условий также влияет на величину коэффициента сцепления, который снижается в зимний период и повышается летом. При проектировании в различных климатических условиях необходимо учитывать наиболее типичное состояние дорожного покрытия, применительно к которому следует вести тяговые расчеты.

Коэффициент сцепления φ является важной характеристикой, от которой зависит тормозной путь автомобиля, а также устойчивость его против заноса на кривых в плане.

Расчетные значения коэффициентов сцепления в зависимости от состояния покрытия следующие:

Сухое шероховатое	0,7
Сухое гладкое	0,6
Влажное	0,5
Мокрое	0,4—0,3
Грязное	0,2—0,3
Обледенелое	0,1—0,05

Условия сцепления колес с дорожным покрытием существенно влияют на динамические возможности автомобиля. Значительные тяговые усилия, обеспечиваемые мощностью двигателя, могут быть реализованы только при достаточном сцеплении колес с покрытием. Поэтому при тяговых расчетах помимо динамических характеристик по мощности двигателя пользуются динамическими характеристиками по условию сцепления. Подставив в уравнение тягового баланса максимально возможную величину силы тяги, по условиям сцепления шины с дорожным покрытием $P_{\text{amax}}=\varphi G_{\text{сц}}$ получим следующее выражение:

$$\varphi G_{\text{сц}}=Gf \pm Gi+kFv^2 \pm \delta Gj,$$

где $G_{\text{сц}}$ — вес автомобиля, приходящийся на ведущие колеса.

Перенося величину сопротивления воздушной среды в левую часть и разделив все члены этого выражения на вес автомобиля, получим

$$\frac{\varphi G_{сц} - kFv^2}{G} = f \pm i \pm \delta j.$$

Избыток сцепления над сопротивлением воздушной среды, отнесенный к весу автомобиля, называется динамическим фактором по сцеплению колес с дорожным покрытием

$$D_{сц} = \varphi \frac{G_{сц}}{G} - \frac{kFv^2}{G}.$$

На рис. 38 показан пример динамической характеристики по условиям сцепления. Сцепление пневматических шин с покрытием является одним из главных условий обеспечения безопасности движения.

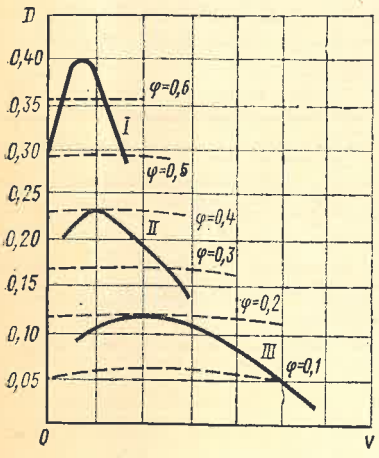


Рис. 38. Динамические характеристики автомобиля:

— · — · — по сцеплению; ——— по силе тяги; *I—III* — передачи

Торможение автомобиля. В условиях города движение транспортных средств происходит, как правило, с переменными скоростями, торможением и остановками, особенно на перекрестках. Торможение применяют также при необходимости быстрой остановки в аварийной ситуации. В процессе торможения, при выключенном сцеплении, когда крутящий момент двигателя не передается на ведущие колеса и их вращение замедляется действием тормозов, между колесом и дорогой возникает сила трения — тормозная сила $P_т$, которую определяют из выражения

$$P_т = \gamma_т G,$$

где $\gamma_т$ — коэффициент удельной тормозной силы, зависящий от числа тормозных колес, снижения и регулировки тормозов, интенсивности торможения водителем.

Предельное возможное значение $\gamma_т$ равно величине коэффициента продольного сцепления шин с покрытием φ при торможении с полной блокировкой колес автомобиля и тормозная сила $P_т$ равна

$$P_т = \varphi G.$$

Это значение тормозной силы принимают в расчетах геометрических элементов улиц и дорог в плане и продольном профиле.

Условие торможения автомобиля может быть выражено из уравнения движения автомобиля, где тяговое усилие $P_а$ заменено тормозной силой $P_т$:

$$Gj\delta = P_т + P_f \pm P_i + P_в.$$

Правая часть этого выражения представляет собой полную величину тормозной силы с учетом всех сопротивлений движению.

Изменение кинетической энергии при уменьшении скорости с v_1 до v_2 происходит на длине пути s и определяется выражением

$$\frac{G}{g}\left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2}\right) = (G\varphi + Gf \pm Gi + P_в)s.$$

Пренебрегая сопротивлением воздушной среды, которое быстро падает с уменьшением скорости при торможении, и не учитывая влияния вращающихся частей автомобиля, получим путь (м), проходимый автомобилем при снижении скорости от v_1 до v_2 при v (м/с):

$$s = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g(\varphi \pm f \pm i)}.$$

При v (км/ч)

$$s = \frac{v_1^2 - v_2^2}{254(\varphi \pm f \pm i)}.$$

Отрицательное относительное ускорение при торможении $j = \frac{1}{g}\frac{dv}{dt}$, характеризующее интенсивность замедления автомобиля, равно

$$j\delta = \gamma_т + f \pm i + P_в/G.$$

Не учитывая сопротивление воздушной среды и влияние вращающихся частей автомобиля, получим значение абсолютной величины отрицательного ускорения a

$$a = (\gamma_т + f \pm i)g.$$

При экстренном торможении с полной блокировкой всех колес $\gamma_т = \varphi$, тогда

$$a = (\varphi + f \pm i)g.$$

В случае торможения до полной остановки автомобиля длина тормозного пути может быть найдена по формуле равномерно-замедленного движения

$$v = \sqrt{2as_т},$$

где v — скорость в начале торможения, м/с; a — абсолютная величина отрицательного ускорения, откуда длина тормозного пути равна

$$s = \frac{v^2}{2g(\varphi + f \pm i)}.$$

Чтобы учесть реальные условия торможения, когда не удается полностью реализовать возможную величину коэффициента сцеп-

ления, в формулу тормозного пути вводят, по предложению Д. П. Великанова, коэффициент эффективности торможения $k_э$, принимаемый 1,2 — для легковых автомобилей и 1,4 — для грузовых автомобилей и автобусов.

Важной характеристикой безопасности движения, используемой в расчетах элементов улиц и дорог, является величина расчетного тормозного пути, который проходит автомобиль от момента, когда водитель заметил препятствие, и до момента остановки. В этом случае весь процесс торможения включает следующие этапы. Водитель видит перед собой препятствие и принимает решение тормозить, нажимает на педаль тормоза, после чего происходит нарастание тормозного усилия в тормозных приводах. Весь этот период условно называют «временем реакции водителя» t и при расчетах принимают равным 1 с. За это время автомобиль проходит путь $l_1 = vt$ (рис. 39). Далее происходит интенсивное торможение при максимальном значении тормозной силы до полной остановки автомобиля. В формулу расчетного тормозного пути обычно включают некоторое расстояние — зазор безопасности между препятствием и остановившимся автомобилем $l_з$.

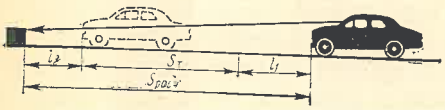


Рис. 39. Схема к определению тормозного пути

Объединяя все расстояния, получим:

при v (м/с)

$$S_{расч} = vt + \frac{k_э v^2}{2g(\varphi + f \pm i)} + l_з;$$

при v (км/ч)

$$S_{расч} = \frac{vt}{3{,}6} + \frac{k_э v^2}{254(\varphi + f \pm i)} + l_з.$$

Величину коэффициента сцепления φ в расчетах назначают в зависимости от рассматриваемых условий движения.

§ 12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЛИЦ И ДОРОГ В ПЛАНЕ

Проектирование улиц и дорог в плане состоит в разбивке трассы, нанесении красных линий и размещении на плане всех элементов улиц и дорог и различных инженерных сооружений. Трассы улиц и дорог наносят при проектировании дорожно-уличной сети населенного пункта. Однако при разработке заданий на проектирование отдельных улиц или дорог их корректируют с учетом местных условий.

На планах улиц должны быть показаны: красные линии с опорными отметками; фасадные линии застройки с контурами зданий и изображением выступающих лестниц, приямков и т. д., а также указанием типов зданий (число этажей, материал стен, номера до-

мов); крышки колодцев подземных сетей с их отметками; осевые линии проезжих частей с привязкой к опорным точкам и линии базисного хода геодезической съемки; элементы кривых; линии бортов с указанием радиусов криволинейных их участков на сопряжениях улиц; пикетажные точки с указанием номера пикетов; решетки дождеприемных колодцев; проектные отметки во всех характерных точках, а также отдельные рабочие отметки.

Основным элементом плана улицы является проезжая часть, предназначенная для движения транспорта; ось проезжей части, как правило, совпадает с осью улицы.

При составлении проекта планировки какого-либо района города стремятся придать улице по возможности прямолинейное направление, чтобы обеспечить по кратчайшему расстоянию связь между отдельными зонами города, между центрами сосредоточения пассажиров и грузов. Однако не всегда представляется возможным проектировать улицы, а следовательно, и городские дороги по прямым направлениям. Большие продольные уклоны, существующая застройка, всевозможные преграды, встречающиеся на трассе улицы (например, водные), заставляют при проектировании прокладывать дороги по ломаной линии.

Для обеспечения плавности движения транспорта в местах поворотов трассы вписывают горизонтальные кривые. Наименьшие радиусы кривых (м) в плане по оси проезжей части улиц и дорог следует принимать согласно данным:

Скоростные дороги	600
Магистральные улицы и дороги:	
общегородского значения:	
непрерывного движения	400
регулируемого »	400
районного значения	250
дороги грузового движения	400
Улицы и дороги местного значения:	
жилые улицы	125
дороги промышленных и коммунально-складских районов	125
поселковые улицы	60
» дороги	125
проезды	30

На криволинейных участках с радиусом кривых менее 750 м проезжие части улиц и дорог следует уширять. Величины уширений полос движения приведены ниже.

Радиусы кривых, м	750—550	550—400	400—300	300—200	200—150	150—90	90—60
Уширение каждой полосы движения, м	0,2	0,25	0,3	0,35	0,5	0,6	0,7

Расстояние от края проезжей части улиц до линии застройки (красной линии) следует, как правило, принимать не более 25 м. При невозможности обеспечения указанного расстояния следует предусматривать на расстоянии не ближе 5 м от линии застройки

полосу шириной 6 м, пригодную для проезда по ней пожарных машин.

Проезжие части тупиковых улиц и дорог необходимо заканчивать площадками с радиусом поворота не менее 15 м или при стесненных условиях — поворотными площадками размерами в плане 20×20 м, если эти площадки не являются конечными пунктами общественного транспорта.

Радиусы закруглений проезжей части улиц и дорог по кромке тротуаров и разделительных полос следует принимать не менее 12 м, а на транспортных площадках — не менее 15 м. В реконструируемых городах (населенных пунктах) при сложившейся застройке допускается уменьшать эти радиусы соответственно до 5 и 8 м. Повороты автомобилей с минимальными радиусами предусматриваются при снижении скоростей движения до 8—15 км/ч. В направлении движения видимость проезжей части улицы или дороги должна быть не менее величин, указанных в табл. 14. Препятствием для видимости на кривых небольших радиусов могут являться различные сооружения, застройка, зеленые насаждения, откосы выемок и т. д., расположенные со стороны центров кривых.

Таблица 14

Показатели	Категории улиц и дорог			
	скоростные дороги	магистральные улицы		улицы местного значения
		общегородского значения	районного значения	
Расстояние видимости, м:				
поверхности проезжей части	175	140	100	75
встречного автомобиля	350	280	200	150

Расстояние видимости определяют или условием торможения перед препятствием, или возможностью его объезда. В первом случае расстояние видимости s_0 определяют по формуле

$$s_0 = \frac{vt}{3{,}6} + \frac{kv^2}{254(\varphi \pm i)} + l_0,$$

где v — скорость автомобиля, км/ч; t — время реакции водителя, с ($t = 0{,}7—1{,}0$); k — коэффициент эксплуатационного состояния тормозов; φ — коэффициент сцепления шины с поверхностью дорожной одежды; i — продольный уклон дороги; l_0 — запас пути перед препятствием.

Расстояние видимости s_0 во втором случае следует определять по формуле

$$s_0 = \frac{vt}{1{,}8} + \frac{kv^2}{127(\varphi^2 - i^2)} + l_0.$$

Ширину проезжих частей, тротуаров и других элементов улиц и дорог обычно сохраняют по всей их длине или значительных по протяжению участках. Однако в отдельных случаях проезжие части и тротуары необходимо уширять. В частности, проезжие части рекомендуется уширять у перекрестков, остановочных пунктов общественного транспорта, автостоянок, а тротуары — у остановочных пунктов общественного транспорта, у торговых зданий, зрелищных предприятий и т. д.

Остановочные пункты автобусов и троллейбусов на магистральных улицах регулируемого движения необходимо размещать на расстоянии не менее 20 м после перекрестка, а также в середине больших перегонов при продольном уклоне проезжей части не более 40‰.

Длину остановочной площадки следует принимать для маршрутов одного направления — 20 м, для маршрутов нескольких направлений — по расчету, но не менее 30 м, а ширину — не менее 3 м. Ширину посадочной площадки необходимо принимать от 1,5 до 2,25 м в зависимости от пассажирооборота остановочного пункта.

На скоростных дорогах остановочные пункты экспресс-автобусов следует устраивать за пределами проезжей части в виде специальных остановочных площадок с переходно-скоростными полосами для замедления и ускорения движения, размеры которых следует принимать по табл. 15.

Таблица 15

Продольный уклон, ‰	Длина переходно-скоростной полосы, м		Длина отгона полос разгона и торможения, м
	для ускорения	для замедления	
—40	140	110	80
—20	160	105	80
0	180	100	80
+20	200	95	80
+40	230	90	80

Полосы замедления и ускорения необходимо отделять от основных полос движения разделительной полосой шириной не менее 0,75 м или разметкой.

На магистральных улицах непрерывного движения вместо специальных остановочных площадок при интенсивности движения более 90 автобусов в час «пик» в одном направлении следует предусматривать на центральной проезжей части дополнительную полосу для пропуска пассажирского общественного транспорта.

При трамвайных путях, располагаемых на обособленном полотне, посадочные площадки размещают в пределах отводимой полосы. При расположении же путей на объединенном полотне с проезжей частью посадочные площадки следует выделять маркировочными линиями (ширину площадок принимают не менее 1,5 м). В этих местах надо предусматривать соответствующее уширение

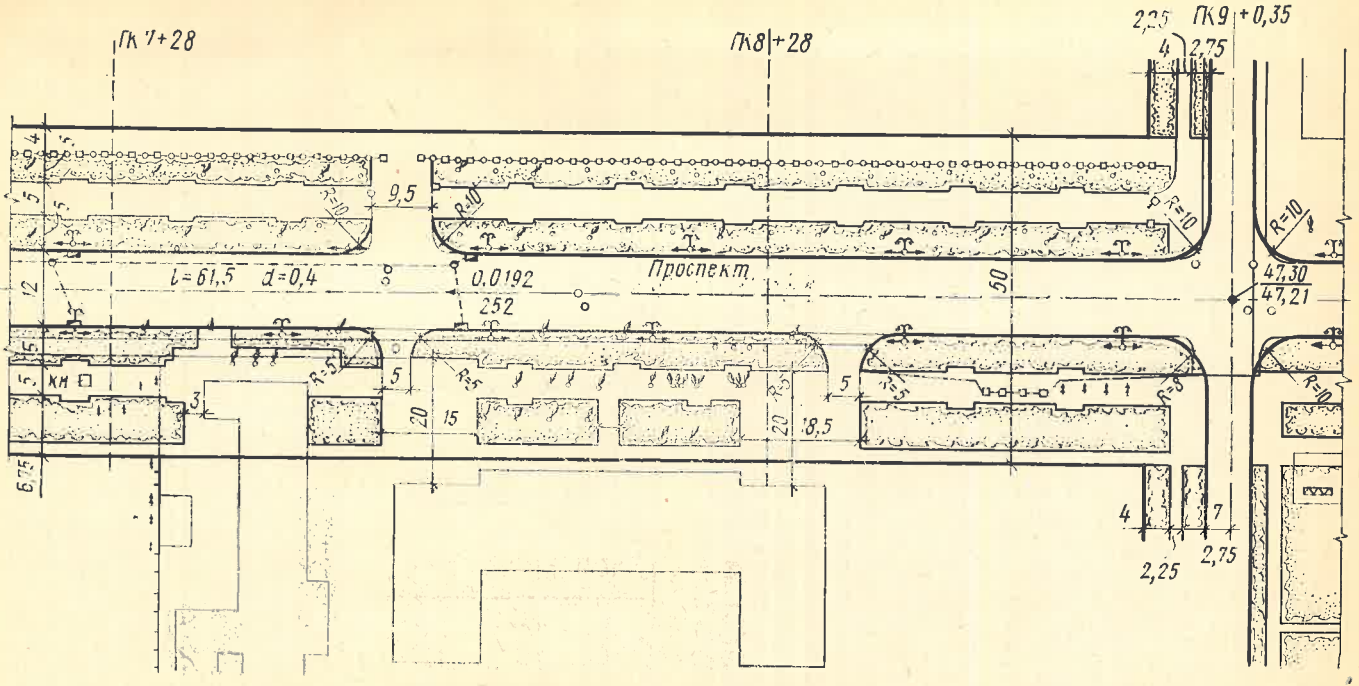


Рис. 40. План участка городской улицы

проезжих частей. При ширине проезжей части для движения в одном направлении более 9 м можно устраивать приподнятые (на 0,15 м) посадочные площадки. Длину посадочных площадок на трамвайных остановках принимают на 5 м более расчетной длины поезда. На рис. 40 приведен пример плана запроектированного участка улицы.

Проектирование улиц и дорог в плане нужно увязывать с их вертикальной планировкой. В условиях гористой и пересеченной местностей, а также при наличии опорной застройки выправление рельефа иногда представляет сложную задачу. Для смягчения уклонов приходится в отдельных случаях развивать трассу дорог, придавая последним извилистость. Извилистые участки дорог при крутых уклонах местности носят название «серпантин», которые устраивают обычно на загородных дорогах, проходящих в горной местности (в Крыму, на Кавказе и др.). Однако в отдельных случаях их можно устраивать и в городах. Схема участка такой дороги представлена на рис. 41.

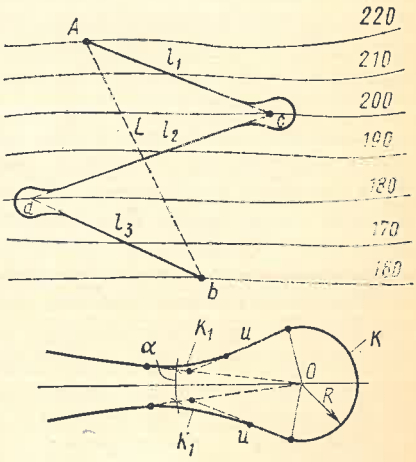


Рис. 41. Трассирование дороги в горной местности

Уклон местности между точками A и b можно определить по формуле

$$i = \Delta H / L,$$

где ΔH — разность отметок точек A и b; L — расстояние между ними.

Если i получается более допустимого, следует изменять отметки в точках A и b или развивать трассу дороги. Первое решение часто затруднительно или невозможно. В этом случае прибегают ко второму решению. Развивают трассу дороги от L до $L_1 = l_1 + l_2 + l_3$. Направление трассы и положение переломных точек c и d устанавливают с учетом обеспечения допустимых продольных уклонов.

Для сопряжения отдельных прямых отрезков дороги между собой, так же как и в обычных условиях, вводят криволинейные участки. Однако в данном случае кривые не вписывают в углы, а описывают вокруг них.

Виток серпантина состоит из кривой K, обратных кривых K_1 и прямых вставок между ними или переходных кривых u. Радиусы основной кривой принимают от 15 до 30 м в зависимости от назначаемой скорости движения ($v = 20 \div 30$ км/ч).

§ 13. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ПРОФИЛЕЙ УЛИЦ И ДОРОГ

Основной задачей проектирования поперечных профилей улиц и дорог является установление состава и взаиморасположения отдельных их элементов (проезжей части, тротуаров, полос зеленых насаждений, полотна трамвая, резервных полос и т. п.) и определение необходимой их ширины. Состав и взаиморасположение элементов улицы зависят от многих факторов, определяющими из которых являются: категория улицы и дороги; предполагаемый вид транспорта и характер движения пешеходов по улице; тип застройки улицы и требования защиты населения от шума, пыли, выхлопных газов автомобилей; намечаемая прокладка по улице подземных инженерных сетей и др.

Ширина проезжей части улицы устанавливается в зависимости от количества и ширины полос движения, необходимых для пропуска заданного движения транспорта. Для этого необходимо определить: пропускную способность одной полосы движения для каждого вида транспорта; необходимое количество полос движения; ширину каждой полосы движения и проезжей части.

Пропускную способность одной полосы движения проезжей части улицы или дороги следует определять по расчету в зависимости от видов транспорта, расчетной скорости движения, продольного уклона, интенсивности перемещения транспортных средств с одной полосы движения на другую в целях правого или левого поворота.

Пропускная способность одной полосы движения определяется по формуле

$$N_{ч} = \frac{3600v}{L} \text{ экип/ч},$$

где v — скорость движения экипажей, м/с; L — динамический габарит» экипажа, м;

$$L = vt + \frac{v^2}{2g(\varphi \pm i)} + l + s,$$

где t — время для осознания водителем необходимости торможения, с, зависит от квалификации водителя и принимается равным:

Высокая квалификация	1,0
Средняя »	1,5
Слабая »	2,0

g — ускорение силы тяжести ($g = 9{,}81$ м/с^2); φ — коэффициент сцепления пневматической шины с покрытием, изменяющийся в зависимости от состояния покрытия дороги и принимаемый равным:

Сухое покрытие	0,6—0,7
Влажное »	0,3—0,5
Скользкое, загрязненное	0,1—0,2

i — продольный уклон, принимаемый на подъемах со знаком плюс, на спусках — со знаком минус; l — длина экипажа, м; s — расстояние между остановившимися экипажами, принимаемое равным 3 м.

При определении пропускной способности линий общественного транспорта, в том числе и автобусов, следует исходить из того, что она практически определяется пропускной способностью остановочных пунктов. Пропускную способность остановочного пункта для автобуса (в авт/ч) можно определить по формуле

$$N_{ост}=3600/T,$$

где T — полное время занятия автобусом остановочного пункта, с;

$$T=t_1+t_2+t_3+t_4,$$

где t_1 — время на занятие места на остановочном пункте (время торможения);

$$t_1=\sqrt{2l_1/b},$$

где l_1 — промежуток безопасности между автобусами при подходе к остановке, равный длине автобуса, м; b — замедление при торможении, равное 1,0 м/с^2; t_2 — время на посадку и высадку пассажиров;

$$t_2=\frac{\beta\Omega t_0}{n},$$

где β — коэффициент, учитывающий, какую часть входящие и выходящие пассажиры составляют от нормальной вместимости автобуса; для остановочных пунктов с большим пассажирооборотом $\beta=0{,}2$; Ω — вместимость автобуса; t_0 — время, затрачиваемое одним входящим или выходящим пассажиром, равное 1,5 с; n — количество дверей для выхода или входа пассажиров; t_3 — время на передачу сигнала и закрытие дверей; по данным наблюдений принимается равным 3 с; t_4 — время на освобождение автобусом остановочного пункта, принимается в пределах 4—6 с.

При определении пропускной способности полос проезжей части, используемой легковым и грузовым транспортом, следует учитывать, что расчетная скорость в перегоне не равна фактической скорости сообщения по улице, а зависит от задержек транспорта у перекрестков.

Коэффициенты снижения пропускной способности с учетом влияния перекрестков определяют по формуле

$$\alpha=\frac{L_п}{L_п+\frac{v^2}{2a}+\frac{v^2}{2b}+t_Δ v},$$

где $L_п$ — расстояние между регулируемыми перекрестками; a — ускорение при разгоне, равное 1 м/с^2; b — замедление при торможении, равное 1 м/с^2; $t_Δ$ — средняя продолжительность задержки перед светофором;

$$t_Δ=\frac{\tau_к+2\tau_ж}{2},$$

где $\tau_к$ — продолжительность красной фазы светофора, равная 20 с; $\tau_ж$ — продолжительность желтой фазы светофора, равная 5 с (продолжительность зеленой фазы светофора $\tau_з$=40 с).

С учетом коэффициента α пропускная способность одной полосы каждого вида транспорта на перегоне будет равна

$$N_{пер}=N_ч\alpha=\frac{3600v}{L}\alpha.$$

При расчете движения на одной улице различных транспортных средств их следует приводить к одному расчетному виду (легковой автомобиль), применяя следующие коэффициенты:

Легковые автомобили	1
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:	
до 2	1,5
2—5	2
5—8	2,5
8—14	3,5
свыше 14	3,5
Автобусы	2,5
Троллейбусы	3
Сочлененные троллейбусы и автобусы	4
Мотоциклы и мопеды	0,5
Велосипеды	0,3

Пропускную способность проезжей части с многополосным движением на перегонах следует определять с учетом коэффициента многополосности, принимаемого в зависимости от числа полос движения в одном направлении:

Одна	1,0
Две	1,9
Три	2,7
Четыре	3,5

Для предварительных расчетов пропускную способность одной полосы проезжей части улиц и дорог допускается принимать в соответствии с данными табл. 16.

Расчетное количество полос движения для всех видов транспорта можно определить по формуле

$$n=A/N_{расч},$$

где A — перспективная интенсивность движения транспорта в рассматриваемом направлении в час «пик»; $N_{расч}$ — расчетная пропускная способность одной полосы движения.

Наименьшее количество полос движения и ширину одной полосы принимают в зависимости от категории улицы или дороги по табл. 1.

Ширину проезжей части в каждом направлении определяют по формуле

$$B=bn,$$

где B — ширина проезжей части в одном направлении; b — ширина одной полосы движения (согласно табл. 1); n — расчетное количество полос движения.

Таблица 16

Транспортные средства	Наибольшее число однородных физических единиц транспорта в 1 ч		
	при пересечении в разных уровнях		при пересечении в одном уровне
	на скоростных дорогах	на магистральных улицах непрерывного движения	
Легковые автомобили	1200—1500	1000—1200	600—700
Грузовые »	600—800	500—650	300—400
Автобусы	200—300	150—250	100—150
Троллейбусы	—	110—130	70—90

Примечание. Пропускная способность пересечений в одном уровне определена для регулируемых светофорами перекрестков при отсутствии левоповоротного движения. При наличии на перекрестке левоповоротного движения пропускная способность полосы движения должна уменьшаться пропорционально величине левоповоротного движения.

Принцип расчета ширины тротуара и пешеходных дорожек тот же, что и проезжих частей. Тротуар (его ходовую часть) разбивают на условные полосы или ленты движения. Каждая полоса предназначается для пропуска по ней пешеходов, следующих друг за другом, с учетом обеспечения необходимых условий для удобства движения. Ширину одной полосы движения принимают равной 0,75 м. В отдельных случаях (на прогулочных дорожках) ее увеличивают до 0,85—0,9 м. Пропускную способность одной полосы тротуара, пешеходной дороги и перехода через проезжую часть в одном уровне (пешеходов в 1 ч) следует принимать согласно данным:

Тротуары, расположенные вдоль красной линии при наличии в прилегающих зданиях магазинов	700
Тротуары, отдаленные от зданий с магазинами	800
Тротуары в пределах зеленых насаждений улиц и дорог	1000
Пешеходные дороги (прогулочные)	600
Переходы через проезжую часть (в одном уровне)	1200

Количество полос движения определяют расчетом:

$$n = Q_{\text{пеш}} / N_{\text{пеш}},$$

где $Q_{\text{пеш}}$ — проектная интенсивность пешеходного движения по тротуару в часы «пик» (в обоих направлениях) с учетом коэффициента внутричасовой неравномерности ($K = 1{,}5 \div 2$); $N_{\text{пеш}}$ — пропускная способность одной полосы пешеходного движения.

Полученную величину округляют (в сторону увеличения) до целого числа полос.

Необходимую ширину тротуаров улиц и дорог различных категорий получают расчетом путем умножения ширины одной полосы

на расчетное число полос, но принимают не менее указанной в табл. 17.

Таблица 17

Категории улиц и дорог	Ширина, м	
	на первую очередь	на расчетный срок
Магистральные улицы:		
общегородского значения	4,5	7,5
районного значения	3	6
Улицы и дороги местного значения (жилые улицы)	2,25	4,5
Дороги промышленных и коммунально-складских районов	1,5	4,5
Поселковые улицы	1,5	1,5
Пешеходные дороги	3	4,5

Ширину полосы трамвайных путей нормальной колеи на прямых участках улиц следует принимать согласно табл. 18.

Таблица 18

Расположение трамвайных путей	Ширина полосы, м	
	двухпутной	однопутной
В общей полосе движения	6,6	3,6
На обособленном полотне:		
без размещения посадочных площадок	8,8	8,8
с учетом размещения посадочных площадок	9,6	5

Для разделения между собой отдельных элементов поперечного профиля улицы и дороги и разных направлений движения необходимо предусматривать разделительные полосы. Центральные разделительные полосы следует предусматривать шириной: на скоростных дорогах — 6 м, магистральных улицах непрерывного движения и дорогах грузового движения — 4 м. Ширину центральной разделительной полосы с разделительным брусом (барьерным ограждением) допускается принимать: на скоростных дорогах — 4 м, магистральных улицах непрерывного движения и дорогах грузового движения — 2 м. Между элементами поперечного профиля ширину разделительных полос принимают согласно табл. 19.

В реконструируемых городах допускается уменьшать ширину разделительных полос между основной проезжей частью и местным проездом на магистральных улицах непрерывного движения до 5 м, на магистральных улицах регулируемого движения — до 2 м, проезжей частью и трамвайным полотном — до 2 м.

Таблица 19

Местонахождение полосы	Ширина полосы, м			
	магистральных улиц			жилых улиц
	общегородского значения		районного значения	
	с непрерывным движением	с регулируемым движением		
Между основной проезжей частью и местными проездами	8	6	—	—
Между проезжей частью и трамвайным полотном	6	3	3	—
Между проезжей частью и велодорожкой	—	3	2	2
Между проезжей частью и тротуаром	3	3	3	2
Между тротуаром и трамвайным полотном	—	3	2	—
Между тротуаром и велодорожкой	—	2	2	2

В горных и стесненных условиях ширину разделительной полосы между основной проезжей частью и местным проездом допускается уменьшать до 3 м.

При проектировании поперечных профилей разрабатывают несколько вариантов с различным взаиморасположением отдельных элементов улицы или дороги.

На рис. 42 приведены примеры проектирования поперечного профиля улицы в двух вариантах: с одной проезжей частью, располо-

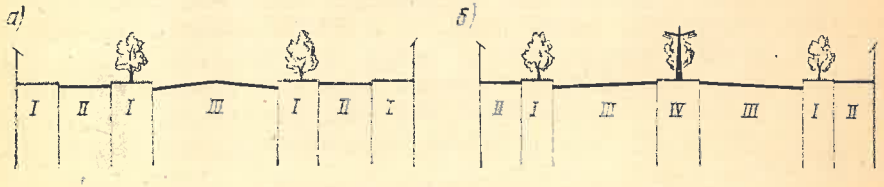


Рис. 42. Варианты поперечного профиля улицы:

а — без разделительной полосы; *б* — с разделительной полосой; *I* — полоса зеленых насаждений; *II* — тротуар; *III* — проезжая часть; *IV* — разделительная полоса

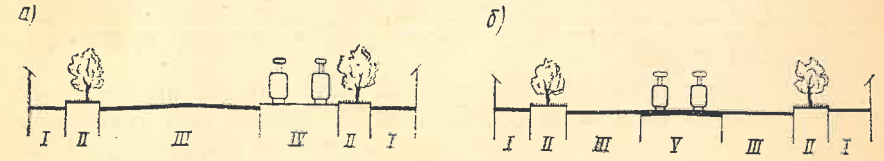


Рис. 43. Варианты поперечного профиля улицы с трамвайными путями:

а — на обособленном полотне; *б* — на полотне в одном уровне с проезжей частью; *I* — тротуар; *II* — полоса зеленых насаждений; *III* — проезжая часть; *IV* — обособленное трамвайное полотно; *V* — трамвайное полотно в одном уровне с проезжей частью

женной в средней части улицы, и движением транспорта в двух направлениях; с двумя проезжими частями и разделительной полосой между ними с движением транспорта в одном направлении.

На рис. 43 показаны примеры расположения трамвайных путей на обособленном полотне с одной стороны улицы и в общей полосе движения посередине улицы. Окончательный вариант поперечного профиля принимают в результате его всестороннего рассмотрения и необходимого технико-экономического обоснования.

§ 14. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ И ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА

Задача вертикальной планировки города заключается в придании будущей поверхности улицы и прилегающей к ней территории уклонов, обеспечивающих отвод дождевых, талых и иных поверхностных вод по открытым лоткам внутриквартальных проездов и городских дорог в закрытую водосточную сеть или естественные водоемы, овраги, тальвеги, а также безопасность и благоприятные условия движения транспорта и пешеходов по улицам. Проектирование схемы вертикальной планировки состоит в том, чтобы найти наиболее целесообразное и экономически оправданное решение планировки естественного рельефа, отвечающее требованиям строительства города.

Исходным материалом для проектирования вертикальной планировки улиц и дорог являются задание на проектирование и архитектурно-планировочное задание, в которых указываются: категория проектируемой улицы или дороги, намечаемый состав и размеры движения, типы дорожных покрытий, условия водоотвода и приводятся другие необходимые данные.

Исходными графическими материалами являются: схема вертикальной планировки улицы (дороги) и прилегающих к ней участков территории; конструктивные поперечные профили улицы или дороги; ситуационный план с трассой дороги, отметками или горизонталями, красными линиями и опорными проектными отметками; продольный и поперечные профили; материалы гидрогеологических изысканий.

Проект схемы вертикальной планировки (рис. 44) состоит из плана в масштабе 1 : 5000, на который нанесена уличная сеть и прилегающие к ней территории.

Проекты вертикальной планировки можно разрабатывать методами профилей или проектных (красных) горизонталей, а также использовать при разработке тот и другой методы комплексно (смешанный метод).

Продольные профили улиц и дорог проектируют по осям проезжих частей, а иногда дополнительно по лоткам или кюветам — в случае, если уклоны последних отличаются от продольных уклонов поверхности дороги. Поперечные профили проектируют, как правило, в сечениях, перпендикулярных оси улицы или дороги, на расстояниях 20 м друг от друга. При плоском рельефе и отсутствии

Зак. 1090

застройки их можно проектировать через 100 м. Система продольных и поперечных профилей образует сетку профилей, дающую возможность организовывать рельеф местности в полном соответствии с проектными решениями.

При проектировании улиц следует стремиться к тому, чтобы проезжие части размещались с незначительным понижением по отношению к прилегающим территориям, с тем чтобы был удобный въезд на эти территории и в то же время обеспечивалась возможность стока поверхностных вод с последних в лотки проезжих частей и к водоотводящим сооружениям на улицах.

Для уменьшения объема земляных работ проектирование вертикальной планировки следует вести с возможным приближением проектных отметок к существующим. Если необходимо выполнить значительные объемы земляных работ, следует стремиться к проектированию проектных (красных) линий профиля таким образом, чтобы насыпи и выемки на соседних участках дорог балансирова-

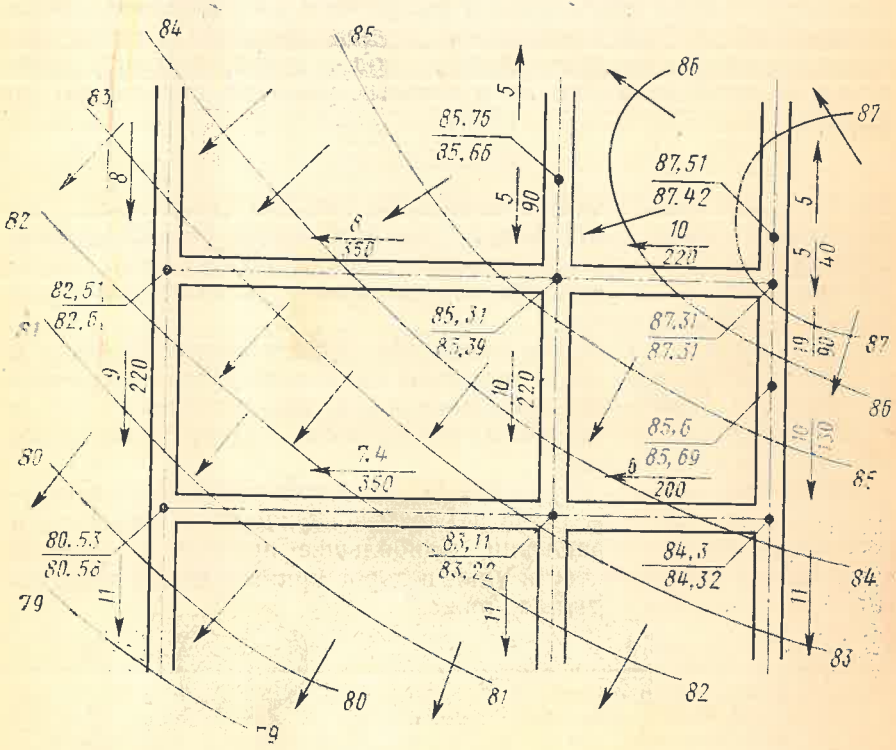


Рис. 44. Схема вертикальной планировки системы улиц и микрорайонных территорий:

стрелками показаны направления уклонов и стока поверхностных вод вдоль улиц и с прилегающих к ним территорий (схема организации поверхностного стока). Цифры под стрелками указывают расстояния между точками с задаваемыми проектными отметками, а над стрелками — предусматриваемые проектные уклоны на участках между ними

лись, т. е. исключалась или сокращалась до минимума необходимость в привозе со стороны или вывозе грунта, что связано со значительными транспортными расходами.

При трассировании улиц и дорог на планах в большинстве случаев надо стремиться к проложению их трасс под косыми углами к горизонталям. При проложении их вдоль горизонталей не обеспечиваются условия поверхностного водоотвода, а при проложении поперек горизонталей (при крутом рельефе) создаются недопустимые для движения уклоны дорог, искусственное уменьшение которых связано с образованием крупных выемок и насыпей и выполнением большого объема земляных работ или постройкой дорогостоящих искусственных сооружений — эстакад или тоннелей.

Продольные профили нужно проектировать так, чтобы шаг проектирования (расстояния между точками перелома профиля) был не менее: на скоростных дорогах — 100, магистральных улицах — 50 и на улицах и дорогах местного движения — 20 м.

При проектировании улиц и дорог их поверхностям нужно придавать уклоны (в продольном и поперечном направлениях), обеспечивающие удобные и безопасные условия движения, а также беспрепятственный сток поверхностных вод к водоприемным устройствам. Уклоны местности на отдельных участках определяют по формуле

$$i = \Delta H / L,$$

где L — расстояние между какими-либо точками (на участке с горизонталями, расположенными в плане на примерно равных расстояниях друг от друга, причем прямые, соединяющие эти точки, должны проходить в направлении определяемого уклона); ΔH — разность отметок этих точек.

На участке между двумя соседними горизонталями величина L соответствует расстоянию между ними на плане в рассматриваемом направлении, а ΔH — разности отметок этих горизонталей.

Высотные отметки отдельных точек между горизонталями находят методом интерполяции.

Величины уклонов, определяемые по вышеприведенной формуле, выражают тангенсы углов наклона поверхности к горизонту в рассматриваемом направлении. Наибольшие продольные уклоны (‰) по оси проезжей части улиц и дорог принимают в соответствии с данными, приведенными ниже.

Скоростные дороги	40
Магистральные улицы и дороги:	
общегородского значения:	
непрерывного движения	50
регулируемого »	50
районного значения	60
дороги грузового движения	40
Улицы и дороги местного значения:	
жилые улицы	80
дороги промышленных и коммунально-складских районов	60
пешеходные улицы и дороги	40

поселковые улицы	70
» дороги	70
проезды	80

На площадях уклоны не должны превосходить 30‰ и на автомобильных стоянках 20‰. Минимальные уклоны дорог, тротуаров, велодорожек, пешеходных дорожек, поверхностей площадей и автостоянок принимают: для ровных покрытий (асфальтобетонные и цементно-бетонные) — 5‰ и остальных — 7‰. В виде исключения эти уклоны допускается уменьшать на 1—2 ‰. Величины поперечных уклонов (‰) проезжих частей улиц и дорог, тротуаров, пешеходных дорожек и велодорожек принимают в зависимости от типов дорожных покрытий, а также величины продольных уклонов. Для проезжих частей их можно принимать в соответствии с данными:

Асфальтобетонные, цементно-бетонные, сборные (из плит)	15—25
Грунтовые и щебеночные, обработанные вяжущими материалами, из сборных железобетонных плит, брусчатые и мозаиковые мостовые	20—30
Простейшие (из грунта, щебня, гравия и шлака)	25—40

Рекомендуемые величины поперечных уклонов на виражах приведены ниже.

Радиусы кривых в плане, м	1000—2000	700—1000	650—700	600—650	600
Поперечные уклоны на виражах, ‰	20	30	40	50	60

В местностях с частым гололедом величину поперечных уклонов на виражах рекомендуется принимать не более 40‰ и соответственно радиусы закруглений не менее 650 м. Переход от двускатного профиля к односкатному на вираже нужно осуществлять на подходах к нему — на прямолинейных участках дорог или участках переходных кривых. Длину отгонов виража следует принимать не менее 20 м. Уклоны на площадях и автостоянках с усовершенствованными покрытиями принимают обычно 15‰. Поперечные уклоны обочин на дорогах принимают на 20‰ более поперечных уклонов проезжих частей.

Продольные уклоны тротуаров не должны, как правило, превышать 60‰. Лишь на отдельных участках уклоны допускается увеличивать до 80‰. При большем уклоне (в пересеченной или гористой местности) отдельные отрезки тротуаров должны уполаживаться, сопрягаясь между собой лестницами. Продольные уклоны велосипедных дорожек не должны превышать 50‰. Поперечные уклоны принимают в пределах 15—25‰. Уклоны газонов проектируют в пределах от 40 до 120‰. Уклоны откосов, в том числе в полосах газона, принимают 1 : 1,5 или 1 : 2.

Трамвайные пути проектируют с продольными уклонами, не превосходящими, как правило, 60‰. Как исключение на отдельных участках допускается увеличение уклонов: для одиночных вагонов — до 80‰ и двухвагонных составов — 80‰. На криволиней-

ных участках предельные величины уклонов трамвайных путей следует уменьшать на величину $1/(2R)$, где R — радиус кривой в плане.

На подходах к пересечениям с автомобильными и железными дорогами продольные уклоны путей не должны превышать 40‰, а на самих пересечениях — 2,5‰. Поперечный уклон покрытий в путях трамвая на прямолинейных участках должен быть не менее 7‰.

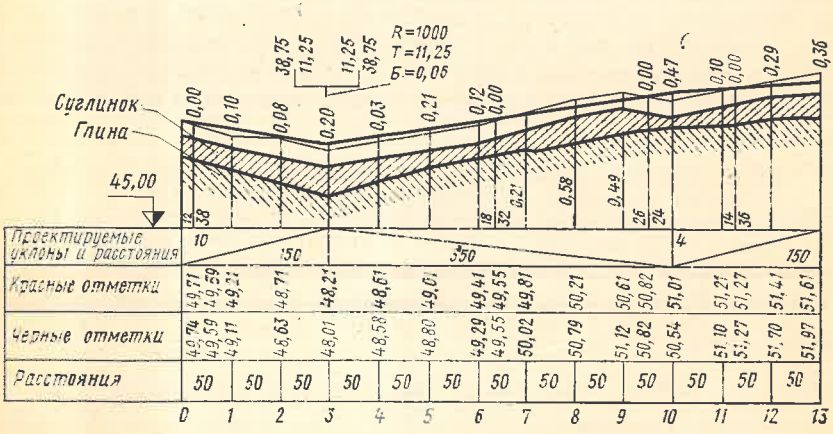


Рис. 45. Проектный продольный профиль улицы (дороги)

На пересечениях в одном уровне с железными дорогами участки автомобильных дорог следует устраивать горизонтальными (в продольном направлении) на протяжении не менее чем по 10 м в каждую сторону от крайних рельсов железнодорожных путей.

На рис. 45 представлен пример запроектированного продольного профиля участка улицы (дороги), совмещенного с геологическим разрезом. Тонкой линией показан существующий профиль, а жирной — проектируемый профиль поверхности дороги. Проектная (красная) линия на продольном профиле наносится между точками перелома прямыми линиями.

Отметки промежуточных точек (между точками перелома продольного профиля) определяют по формуле

$$H_x = H_A \pm li,$$

где H_A — проектная отметка в ближайшей точке перелома продольного профиля; l — расстояние от нее до рассматриваемой точки; i — проектный уклон дороги на участке между ними.

Знак плюс принимается при отсчете от нижележащей переломной точки профиля, а знак минус — от вышележащей. Расстояния между переломными точками продольного профиля указывают в м, а проектные уклоны — в ‰. Рабочие отметки, показывающие разность между проектными и существующими отметками, надпи-

сывают при возвышениях над проектной линией профиля и при понижениях — под ней.

Положение нулевых точек, в которых пересекаются линии существующего (черного) и проектируемого (красного) профилей (рис. 45), можно определить по формуле

$$l = \frac{H_A}{H_A + H_B} L,$$

где H_A и H_B — рабочие отметки (плюсовая и минусовая) в точках по сторонам от нулевой; L — расстояние между ними; l — расстояние от нулевой точки до точки с отметкой H_A.

После построения продольного профиля следует проверить правильность определения уклонов и проектных отметок по формуле

$$H_к = H_н + \sum Li,$$

где $H_к$ — проектная отметка конечной точки продольного профиля; $H_н$ — проектная отметка начальной точки профиля; i и L — соответствующие уклоны и расстояния на отдельных участках продольного профиля (при подъемах дороги в рассматриваемом направлении уклоны i считаются положительными и принимаются в расчете со знаком «+», а при спусках — отрицательными со знаком «—»).

Вычисление отметок в промежуточных точках обычно производят после определения отметок во всех переломных точках профиля и проведения поверочных подсчетов.

Переломы проектной линии смягчают вписыванием вертикальных кривых. Вертикальные кривые проектируют в том случае, если алгебраическая разность сопрягаемых уклонов превышает значения, приведенные в табл. 20.

Таблица 20

Категории улиц и дорог	Алгебраическая разность уклонов, ‰	Наименьшие радиусы вертикальных кривых, м	
		выпуклых	вогнутых
Скоростные дороги	5 и более	10 000	2000
Магистральные улицы и дороги:			
общегородского значения	7 и более	6 000	1500
районного значения	10 и более	4 000	1000
дороги грузового движения	7 и более	6 000	1500
Улицы и дороги местного значения	15 и более	2 000	500

Величину радиусов вогнутых кривых определяют из условий недопущения резких толчков и неприятных ощущений для пассажиров при въезде автомобилей на кривую, а также перегрузки рессор. Задаваясь допустимой величиной возникающего на вертикальных кривых центробежного усилия c, можно определить минимальный радиус кривой:

$$R = mv^2/c.$$

В расчетах отношение m/c принимают обычно равным 2 и $R=2v^2$.

Величину радиусов выпуклых кривых определяют из условия обеспечения необходимой видимости дороги и идущих впереди автомобилей. При этом условии радиусы кривых получаются бо́льшими, чем в первом случае. В качестве примера рассмотрим продольный профиль дороги на участке выпуклой кривой радиуса R (рис. 46, $а$). При расположении автомобиля в точке $а$ водитель,

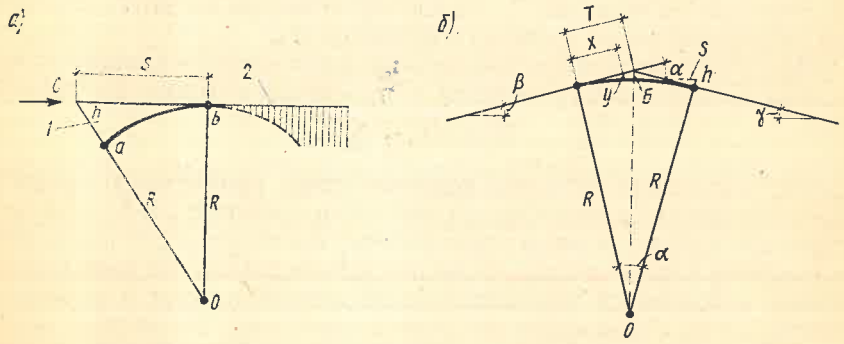


Рис. 46. Схемы к расчету элементов вертикальных кривых:
1 — зона видимости; *2* — зона отсутствия видимости

уровень зрения которого находится на высоте h от нее (в точке c), должен видеть дорогу на расстоянии безопасности S, т. е. до точки b.

В прямоугольном треугольнике cbO имеем равенство $(R+h)^2=S^2+R^2$. Раскрыв скобки, получим

$$R^2+2Rh+h^2=S^2+R^2.$$

Пренебрегая малой величиной h^2, можно считать, что

$$S=\sqrt{2Rh}.$$

Минимальное возвышение уровня зрения водителей над дорогой (для легковых автомобилей) принимают равным 1,2 м. В этом случае

$$R=S^2/(2h)=S^2/2{,}4.$$

Из условий обеспечения видимости идущих впереди автомобилей на дороге радиусы выпуклых кривых приближенно можно определять по формуле

$$R=0{,}1S^2.$$

В особо сложных условиях, в частности при реконструкции улиц, допускается уменьшать эти радиусы при условии обоснования такого решения и принятия мер, обеспечивающих безопасность движения.

При проектировании продольного профиля наименьшие радиусы вертикальных кривых принимают в соответствии с табл. 20.

Основными элементами вертикальных кривых (так же, как и горизонтальных, при проектировании улиц и дорог в плане) являются тангенсы кривых T и биссектрисы $Б$ (рис. 46, *б*)

$$T = \Delta i R/2,$$

где Δi — алгебраическая разность уклонов сопрягаемых участков дороги;

$$\Delta i = \operatorname{tg}\beta \pm \operatorname{tg}\gamma = i_1 \pm i_2.$$

При одноименных уклонах (одного направления) принимают разность, а при разноименных (встречных) — сумму уклонов;

$$Б = T^2/(2R).$$

Ординаты отдельных точек кривой можно определять по формуле

$$y = x^2/(2R).$$

где x — расстояния от рассматриваемых точек до начала (или конца) кривой.

На продольном профиле вертикальные кривые показывают условным изображением в виде скобки, имеющей длину, равную $2T$, и обращенной: при выпуклых кривых — книзу и при вогнутых — кверху (см. рис. 45).

Поперечные профили проектируют в соответствии с типовым (конструктивным) поперечным профилем, принимаемым для улицы, дороги или отдельных их участков, а также проектными отметками продольного профиля в соответствующих сечениях. Пример поперечного профиля улицы приведен на рис. 47.

В поперечных профилях поверхностям отдельных элементов улиц и дорог или их составляющих можно придавать прямолинейное или криволинейное очертание. Криволинейное очертание обычно придают пешеходным дорожкам и велодорожкам, прямолинейное — тротуарам, газонам и откосам.

Поверхность проезжих частей улиц и дорог может быть одно- или двускатной. Односкатную поверхность устраивают на проезжих частях с односторонним движением. Поверхностям проезжих частей для двустороннего движения чаще всего придают двускатный выпуклый (крышеобразный) профиль, при большей ширине — полигональный; иногда им придают параболическое очертание.

При параболическом очертании достигается обеспечение более пологой поверхности в центральной части, где движение автомобилей происходит с повышенными скоростями, и увеличение уклонов к краям для улучшения условий стока поверхностных вод и образования лотков. Однако при механизированном устройстве оснований и покрытий выполнение такого профиля затруднительно или невозможно, в связи с чем его заменяют крышеобразным или полигональным.

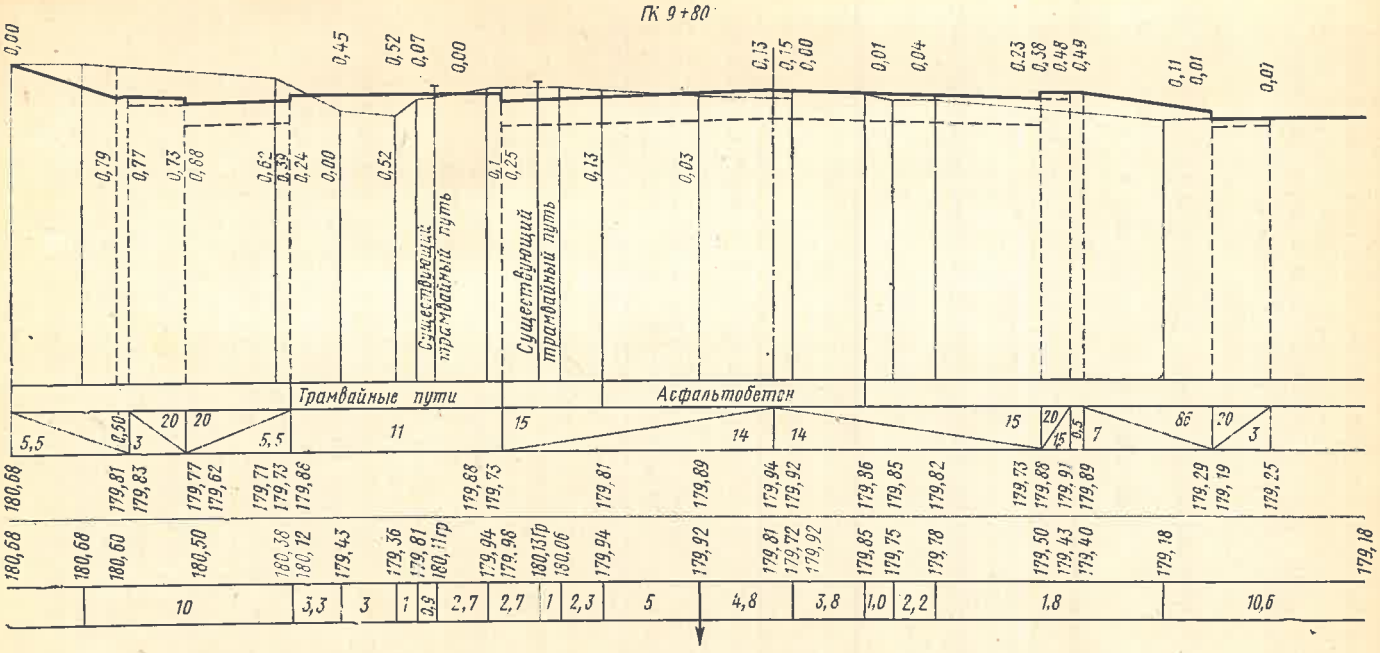


Рис. 47. Проектный поперечный профиль улицы с трамвайными путями на обособленном полотне

При криволинейном очертании поверхности за средний поперечный уклон проезжей части $i_{ср}$ принимают уклон прямой, соединяющий вершину (гребень) с краем проезжей части (лотком).

Ординаты параболической кривой определяют по формуле

$$y = 4x^2 f / B^2,$$

где f — стрела подъема (возвышение оси проезжей части над лотком);

$$f = Bi_{ср}/2,$$

При разбивке проезжей части на 10 равных частей ординаты половины параболической кривой будут равны: 0; 0,36f; 0,64f; 0,84f; 0,96f.

Метод проектирования с помощью продольных и поперечных профилей применяют при составлении проектов вертикальной планировки объектов большой протяженности (рис. 48) на сравнительно узкой полосе (проезжая часть дороги). Вертикальную планировку улиц, перекрестков, площадей, автомобильных стоянок, внутриквартальных территорий и других участков рекомендуется проектировать с помощью проектных («красных») горизонталей. Такие проекты планировки дают более наглядное представление о проектируемом рельефе и обеспечивают возможность осуществления микропланировки на всех участках территории в точном соответствии с проектными решениями, что имеет особо важное значение при незначительных ее уклонах.

Горизонтали на проезжей части условно наносят прямыми линиями. Результирующие уклоны $i_р$ направлены поперек горизонталей и определяются по формуле

$$i_р = \sqrt{i_{пр}^2 + i_п^2},$$

где $i_{пр}$ и $i_п$ — продольный и поперечный уклоны поверхности проезжей части.

Разбивку проектных горизонталей обычно начинают с оси проезжей части. Расстояние между горизонталями в продольном направлении определяют по формуле

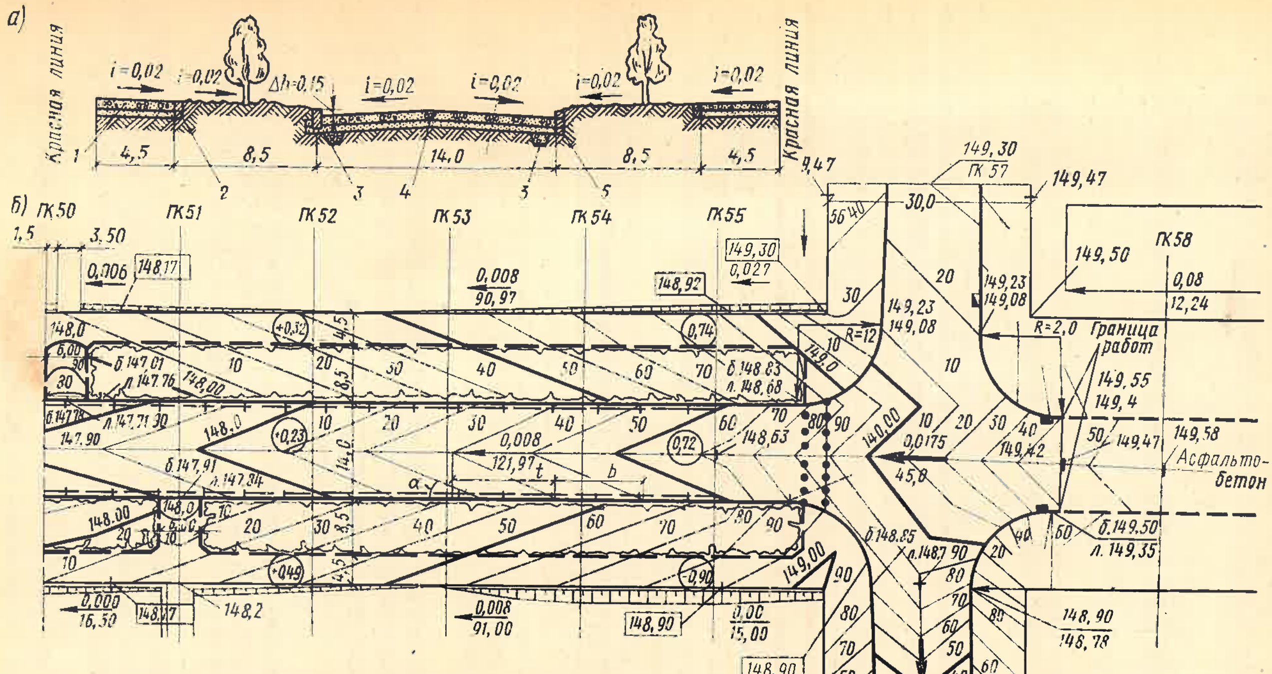
$$l = H/i_{пр},$$

где H — падение или шаг горизонталей (разность в отметках двух соседних горизонталей). Для планов масштаба 1 : 500 H принимают 10 или 20 см и для планов масштабов 1 : 1000 и 1 : 2000 — 20 или 50 см.

На планах показывают намечаемые точки переломов (изменений продольных уклонов), расстояния между этими точками, проектируемые уклоны и существующие и проектируемые отметки в этих точках.

Углы наклона горизонталей по отношению к осевой линии или параллельным ей определяют по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = i_{пр}/i_п.$$



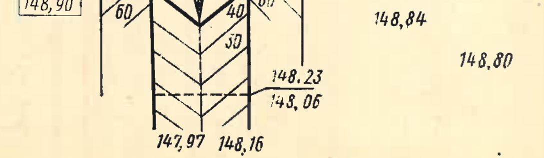


Рис. 48. Конструктивный поперечный профиль (*а*) и план участка улицы с проектными горизонталями (*б*):

1 — **песчаный асфальт** (H=3 см), щебень-известняк (H=10 см), **песок** (H=20 см); *2* — **бетонный** борт 10×20 **см**; *3* — продольный дренаж **мелкого заложения**; *4* — **двухслойный** асфальтобетон (H=8 см — мелкозернистый **3,5** см, крупнозернистый 4,5 **см**), **бетон** М200 (H=20 см), **песок** (H=35 см); *5* — бетонный бортовой **камень** (15×30 **см**)

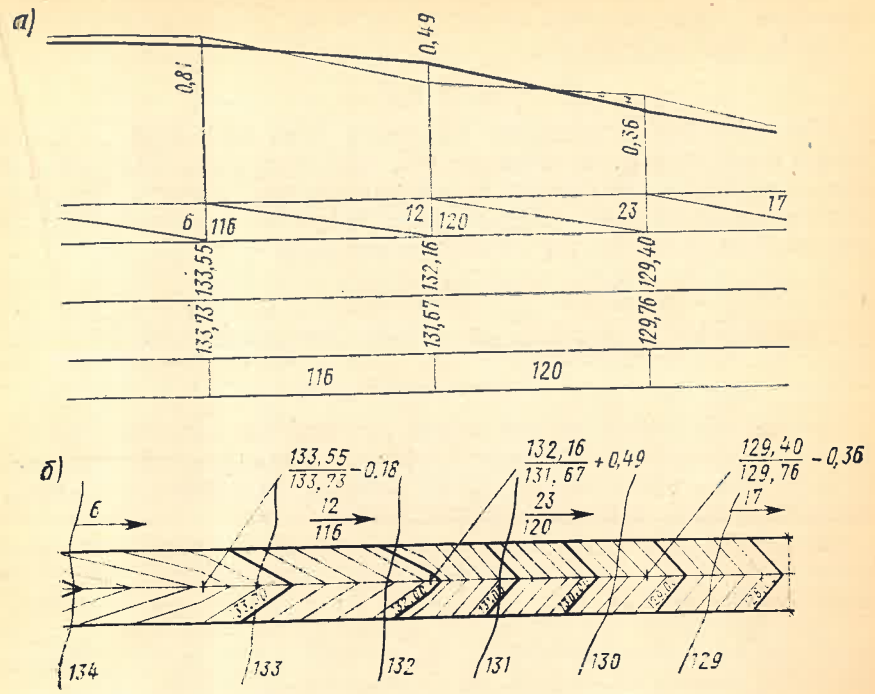


Рис. 49. Продольный профиль по оси (*а*) и план в проектных горизонталях (*б*) участка проезжей части городской улицы

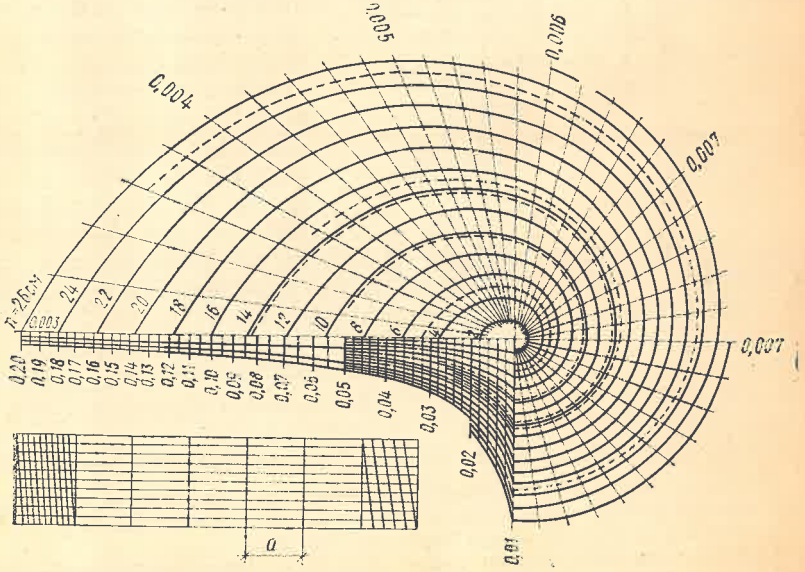


Рис. 50. Интерэкстраполятор

Проекцию расстояния между точками с одинаковыми отметками по оси и краю (лотку) проезжей части на продольную ось дороги определяют по формуле

$$t=(B/2)(i_{\text{п}}/i_{\text{пр}}).$$

При сопряжении соседних элементов улиц или дорог в одном уровне горизонтали на соседних участках будут совпадать, а при разных уровнях — смещаться по отношению друг к другу. При разности уровней Δh (рис. 48) величину смещения горизонталей a на сопрягаемых участках определяют по формуле

$$a=\Delta h/i_{\text{пр}}.$$

При $\Delta h=15$ см (возвышение бортов над проезжей частью)

$$a=0{,}15/i_{\text{пр}}.$$

Смешанный метод вертикальной планировки позволяет сохранить все преимущества метода профилей и дополнить его наглядность изображения проектируемого рельефа на наиболее сложных участках методом проектных горизонталей.

На рис. 49 приведены примеры проектирования комплексно продольного профиля и плана в проектных горизонталях проезжей части улицы (дороги).

При разработке планировки в проектных горизонталях удобно пользоваться интерэкстраполятором инж. В. М. Станкеева (рис. 50) с учетом масштабов, приведенных в табл. 21.

Таблица 21

Масштабы планов	Масштабные величины	
	на планах, см	в натуре, м
1:2000	0,5	10
1:1000	1	10
1:500	2	10

Интерэкстраполятор выполняется обычно на металлической или пластмассовой пластинке и служит для определения величин уклонов, заложений горизонталей, а также высотных отметок (интер- или экстраполированием) отдельных точек на плане. На лучах интерэкстраполятора показаны уклоны: на радиальных лучах — до 10‰ и на вертикальных линиях — от 10 до 20‰. Кривые линии характеризуют шаг горизонталей. Величины превышений (в см) выписывают над осью абсцисс. Наконец, отрезки лучей радиальных (от точки пересечения координат) и вертикальных (от оси абсцисс) показывают заложения, т. е. интервалы в плане между горизонтальными или какими-либо рассматриваемыми точками.

Ниже приведен пример пользования интерэкстраполятором.

Требуется определить заложение горизонталей (расстояние между соседними горизонталями), если превышение (падение горизонталей) составляет 10 см, а уклон на участке между горизонталями 6‰.

Находим над осью абсцисс цифру 10 и точку пересечения кривой, соответствующей этой цифре, с лучом, соответствующим уклону 0,006. Расстояние от

этой точки до оси пересечения координат составит определяемую величину. Для масштаба 1 : 500 заложение горизонталей составляет ≈ 33,3 мм, что соответствует 16,66 м (0,10/0,006=16,66 м).

§ 15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКЕ

Объем земляных работ и дальность перемещения грунта — показатели, определяющие целесообразность и экономичность принятого варианта вертикальной планировки, а также способ организации и очередности работ. При проектировании городских улиц и дорог существует несколько способов подсчета объемов земляных работ, которые позволяют с определенной степенью точности подсчитать объем земляного массива для естественно залегающего грунта. Объемы земляных работ подсчитывают по продольным и поперечным профилям, проектным горизонталям и другими способами.

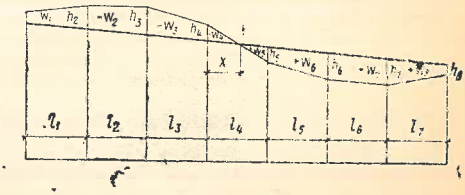


Рис. 51. Схема подсчета площадей по продольному профилю

Рассмотрим подсчет объемов земляных работ *по продольному профилю*. При подсчетах этим способом получаются приближенные объемы для предварительного определения количества земляных работ при разработке схематического решения проектов вертикальной планировки.

На продольном профиле участка улицы (рис. 51) h_1, h_2, h_3, ..., h_n — рабочие отметки по оси проезжей части, а l_1, l_2, l_3, ..., l_n — соответственно расстояния между ними. При этом полагают, что величина рабочей отметки по оси проезжей части одинакова для всей ширины улицы. Тогда объем земляных работ (м³) может быть подсчитан по формуле

$$V = FB,$$

где F — площадь насыпи (+) и выемки (—) по продольному профилю; м; B — ширина полосы, для которой составлен проект вертикальной планировки, м.

Для облегчения подсчетов площадь F по продольному профилю разбивается на ряд простейших геометрических фигур — трапеций и треугольников, площадь которых W_1, W_2, W_3 и т. д. может быть определена по формулам. Так, на участке l_1 площадь выемки

$$W_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} l_1.$$

На участках, где насыпь переходит в выемку и обратно, образуются два треугольника, площади которых равны:

$$W_4 = \frac{1}{2} h_4 x \quad \text{и} \quad W_5 = \frac{1}{2} h_5 (l_4 - x),$$

где x — расстояние от соответствующей рабочей отметки до места перехода из насыпи в выемку (нулевой точки), которое можно определить по формуле

$$x = \frac{h_4 l_4}{h_4 + h_5}.$$

Более точно объемы земляных работ могут быть подсчитаны *по поперечным профилям,* которые строят через одинаковые расстояния, равные обычно 20 м (поперечные профили на пикетах). По каждому поперечнику отдельно для насыпи и выемки подсчитывают их площади путем разбивки сложного сечения на более простые фигуры или измеряют площадь поперечного профиля обводкой планиметром. Объем земляных работ ($м^3$) подсчитывают по формуле

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} L,$$

где F_1 и F_2 — площади двух смежных поперечных профилей, $м^2$; L — расстояние между этими поперечными профилями, м.

Объемы земляных работ по профилям для площадей или кварталов вычисляют по нивелирной сетке. Для этого вся площадь разбивается сеткой квадратов, длина сторон которых берется от 20 до 40 м в зависимости от требуемой точности подсчета объемов (рис. 52). Около каждой вершины квадратов вписывают ее черную отметку, которую берут с топографического плана, и красную отметку, определяемую путем интерполяции по красным горизонталям с плана вертикальной планировки или вычислением. После этого вычерчивают продольные профили по сетке квадратов. На каждом продольном профиле должны быть указаны черные, красные и рабочие отметки. По каждому профилю отдельно измеряют площади насыпей и выемок. Объемы насыпей и выемок вычисляют по предыдущей формуле, т. е. подсчитывают площади поперечного сечения двух смежных профилей, находят их среднее значение и умножают его на расстояние между профилями, равное при разбивке сетки квадратов длине их стороны. Объемы земляных работ, подсчитанные этим способом, получаются несколько завышенными.

Метод определения объемов земляных работ по проектным горизонталям дает более близкие к истинным результаты, чем метод по профилям. Метод картограммы земляных работ — один из наиболее распространенных способов подсчета объемов земляных работ в проектах вертикальной планировки, выполненных при помощи проектных горизонталей. Для составления картограммы земляных работ на план наносят сетку квадратов, направление линий которой выбирают в зависимости от конфигурации квартала. Обычно ее строят параллельно линиям фасадов зданий или длинной стороне квартала.

В зависимости от требуемой точности подсчета объемов земляных работ сетку квадратов разбивают через 5, 10 или 20 м. Око-

ло пересечений вершин квадратов выписывают черные отметки, определяемые по топографическому плану, красные отметки, найденные по проектному плану вертикальной планировки, и рабочие

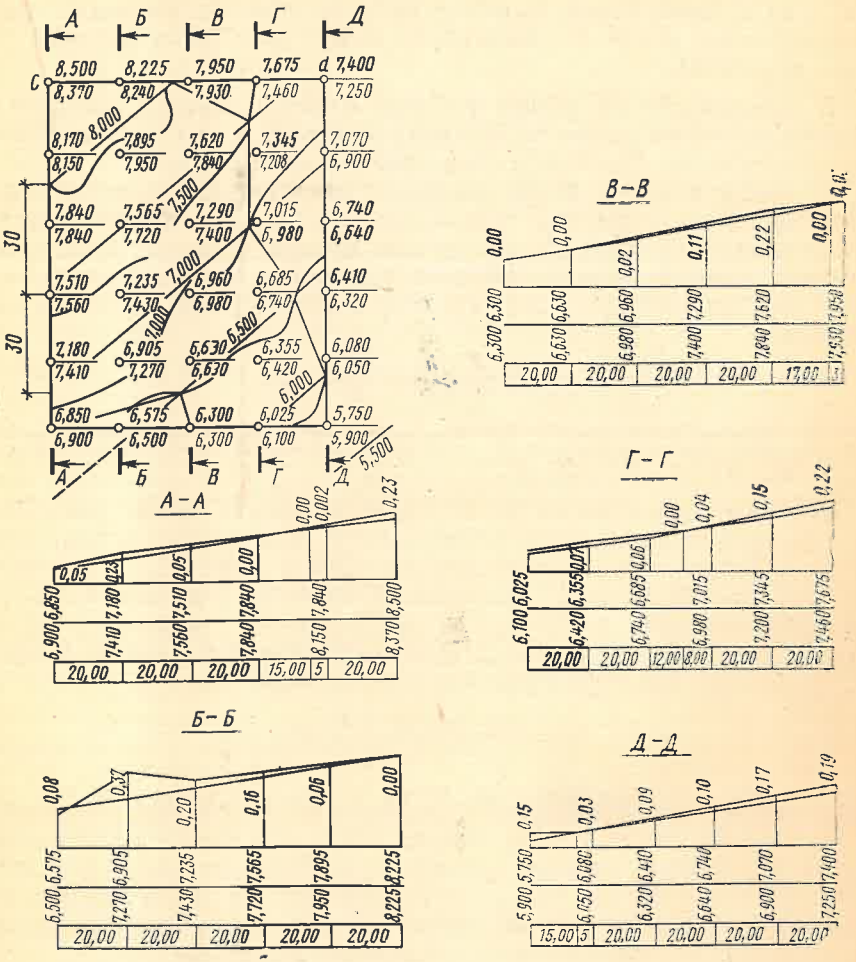


Рис. 52. Определение объема земляных работ по профилям и нивелирной сетке

отметки со знаком «+», если красная отметка больше черной, и со знаком «—», если черная отметка больше красной.

Все квадраты сетки нумеруют. Перед тем как приступить к подсчету объемов земляных работ, определяют линию нулевых работ, которая разграничивает объемы, подлежащие срезке и подсыпке. Для этого на сторонах квадратов, имеющих смежные рабочие отметки разных знаков, находят нулевые точки, пользуясь известной зависимостью

$$x = \frac{h_2 l}{h_1 + h_2},$$

где x — искомое расстояние от вершины квадрата с рабочей отметкой h до нулевой точки; h_1 и h_2 — рабочие отметки, имеющие противоположные знаки; l — расстояние между отметками (длина стороны квадрата).

В зависимости от знаков рабочих отметок вершин квадратов объемы земляных работ по каждому квадрату могут быть подсчитаны по-разному. Возможны следующие основные случаи.

1. Линия нулевых работ соединяет две противоположные вершины квадрата, деля его, таким образом, на два треугольника. Рабочие отметки двух других вершин квадрата служат высотами пирамид, объемы которых равняются объемам проектируемых насыпи или выемки (рис. 53). Их объем может быть вычислен по формуле

$$V = \frac{F}{2} \cdot \frac{h}{3} = \frac{Fh}{6},$$

где F — площадь квадрата, м^2; h — рабочая отметка вершины квартала (высота пирамиды), м.

2. Рабочие отметки на углах одного квадрата имеют одинаковые знаки или равны нулю. Объем насыпи или выемки в пределах этого квадрата принимается равным объему призмы, основанием которой служит площадь квадрата, а высотой — средняя арифметическая величина рабочих отметок на углах квадрата. В этом случае формула для подсчета объема насыпи или выемки в пределах данного квадрата будет иметь следующий вид:

$$V = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \cdot F,$$

где F — площадь квадрата, м^2; h_1, h_2, h_3, h_4 — рабочие отметки, м.

3. Рабочие отметки трех вершин квадратов имеют одинаковые знаки, а четвертая рабочая отметка — противоположный (рис. 54). Пользуясь линией нулевых работ, разбивают насыпи и выемки на ряд призм и пирамид, основаниями которых служат треугольники, и устанавливают их объемы по следующим формулам:

$$V_1 = \frac{F_1 (h_1 + h_2)}{3}; \qquad V_2 = \frac{F_2 h_2}{3};$$

$$V_3 = \frac{F_3 (h_2 + h_3)}{3}; \qquad V_4 = \frac{F_4 h_4}{3};$$

где F — площадь основания пирамиды или призмы, м^2.

При определении объемов земляных работ на местности большой площади для предварительных подсчетов длину сторон квадратов иногда принимают 100—200 м. В дальнейшем эти квадраты разбивают вспомогательной квадратной сеткой на меньшие, длины

сторон которых в зависимости от сложности рельефа принимают 10, 15 или 20 м. Объемы насыпей и выемок в пределах большого квадрата определяют как объемы призм, основаниями которых служат площади малых квадратов. Для бóльшей точности подсчета каждый квадрат делят диагонально на два треугольника, которые пред-

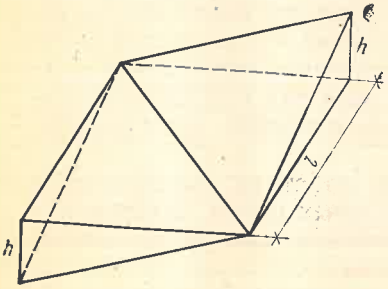


Рис. 53. Схема определения объема земляных работ (призмы и пирамиды)

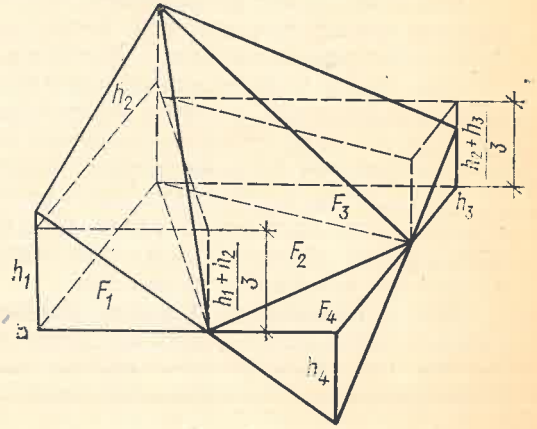


Рис. 54. Схема к расчету объемов земляных работ

ставляют собой основания пространственных тел — призм и пирамид. Треугольные призмы имеют площадь основания $F/2$ и среднюю высоту

$$(h_1+h_2+h_3)/3,$$

где F — площадь квадрата, м^2; h_1, h_2, h_3 — рабочие отметки по углам треугольника, м.

Объем треугольной призмы вычисляют по формуле

$$V_{\text{пр}}=\frac{F}{2}\cdot\frac{h_1+h_2+h_3}{3}=\frac{F}{6}(h_1+h_2+h_3).$$

При проектировании реконструкции улиц из объемов земляных работ необходимо вычесть объем существующих конструкций проезжей части и тротуаров. Их толщина определяется промерами в натуре через каждые 100 м путем устройства шурфов или бурением скважин.

При всех способах подсчета объемов земляных работ определяют геометрический объем земляного массива в условиях естественного залегания. В процессе разработки выемок происходит так называемое первоначальное разрыхление грунта. Объем грунта (м^3) увеличивается и с учетом разрыхления равен

$$V_{\text{разр}} = \frac{V(100 + n)}{100},$$

где V — подсчитанный геометрический объем выемки; n — процент разрыхляемости грунта при разработке.

Первоначальное разрыхление грунта необходимо учитывать при расчете транспорта для его перевозки. Перевезенный в насыпь грунт уплотняется катками, трамбующими плитами и другими способами. После механического уплотнения происходит еще и естественное уплотнение, которое во многом зависит от высоты насыпи. Но и после этого грунт не достигает естественной плотности, которую он имел до первоначального разрыхления. Разрыхление грунта в насыпи после окончательного его уплотнения называется остаточным разрыхлением. В связи с этим, даже при одинаковых геометрических объемах насыпей и выемок, в насыпь идет меньше земли, чем получается из выемки.

Для установления баланса земляных работ на определенном участке необходимо учесть все виды земляных работ, которые будут на нем выполняться (рытье котлованов под фундаменты, устройство подземных коммуникаций и т. д.).

§ 16. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Земляное полотно является одним из основных конструктивных элементов автомобильной дороги, от устойчивости и прочности которого зависит срок службы дорожных одежд. Прочность и устойчивость земляного полотна обеспечиваются правильным выбором грунтов для отсыпки насыпей и необходимой степенью их уплотнения, регулированием водно-теплового режима. Земляное полотно на городских улицах проектируют в соответствии с проектом вертикальной планировки улиц по всей их ширине и в увязке с планировкой прилегающих к ним территорий.

При устройстве земляного полотна с применением привозных грунтов наиболее благоприятными являются дренирующие грунты (гравийные, песчаные), а также скальные породы. К ним следует относить: скальные из слабо- и легковыветривающихся неразмягчаемых горных пород; крупнообломочные, песчаные, за исключением мелких недренирующих и пылеватых песков; супеси легкие, крупные.

Не допускается, как правило, применять для насыпей следующие грунты: глинистые избыточно засоленные; глинистые с влажностью, превышающей допустимую; торф, ил, мелкий песок и глинистые грунты с примесью ила и органических веществ; верхний почвенный слой, содержащий в большом количестве корни растений, — для насыпей высотой до 1 м; тальковые, пирофиллитовые грунты и трепелы; грунты, содержащие гипс в количестве, превышающем нормы. При высоком уровне грунтовых вод нельзя применять грунты со способностью высокого капиллярного поднятия (в том числе лёссовые).

Насыпи следует устраивать из однородных грунтов, отсыпаемых на всю ширину земляного полотна горизонтальными слоями толщиной, обеспечивающей необходимое их уплотнение (плотность грунтов в верхних слоях насыпей предусматривается: при дорожных покрытиях капитального типа — не менее 98% и при покрытиях облегченного и переходного типов — не менее 95% оптимальной).

Требуемую плотность песчаных и глинистых грунтов в теле насыпей $\gamma^{н}_{ск}$ (г/см³) можно определить по формуле

$$\gamma^{н}_{ск} = K\gamma_{ск\,max},$$

где K — минимальный коэффициент уплотнения; $\gamma_{ск\,max}$ — максимальная плотность (объемная масса скелета используемого грунта), г/см³, определяемая по методу стандартного уплотнения.

При оценке возможности использования песчаных и глинистых грунтов для отсыпки насыпей, а также установления коэффициента уплотнения необходимо учитывать их влажность. Для насыпей следует применять преимущественно грунты, имеющие оптимальную влажность W_0 или близкую к ней.

Максимальная влажность грунтов $W_{пр}$ для насыпей может быть определена по формуле

$$W_{пр} = K_у W_0,$$

где $K_у$ — коэффициент переувлажнения, принимаемый по табл. 22; W_0 — оптимальная влажность для данного грунта, %.

Следует отметить, что в пределах города большое распространение имеют культурные слои, насыпные и намывные грунты, образовавшиеся, главным образом, за счет производственной и культурно-хозяйственной деятельности человека. Искусственные грунты существенно отличаются строением, структурой и физическими свойствами от природных грунтов, которые послужили для них исходным материалом.

Большое влияние на свойства грунтов и их несущую способность оказывает вода, заполняющая промежутки между твердыми грунтовыми частицами.

Таблица 22

Разновидности грунтов	$K_у$ при требуемом коэффициенте уплотнения грунта в теле насыпи	
	$K \geqslant 0{,}98$	$K = 0{,}95$
Пески пылеватые; супеси легкие крупные	1,35	1,60
Супеси легкие и пылеватые	1,25	1,35
Супеси тяжелые пылеватые; суглинки легкие и легкие пылеватые	1,15	1,30
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	1,05	1,20

Прочность грунтов в течение года изменяется в зависимости от влажности и колебаний температуры. Наибольших значений колебания температуры и влажности достигают в верхних слоях грунтового массива. Существенное влияние на изменение влажности грунтов оказывает колебание уровня грунтовых вод. Водно-тепловой режим грунтов можно представить в виде круглогодичного цикла изменений влажности грунта в связи с изменением климатических условий в течение года. Исследованиями д-ра техн. наук, проф. А. Я. Тулаева установлено, что годовой цикл изменения влажности грунтов земляного полотна состоит из следующих стадий:

1. Осенняя стадия начального повышения влажности верхних слоев грунта в результате впитывания атмосферных осадков и недостаточного испарения. В песчаных грунтах бóльшая часть осенних осадков просачивается в глубину. В связных, особенно в пылеватых грунтах, выпадающие осенью осадки задерживаются в верхних слоях.

2. Стадия накопления влаги в верхних слоях вследствие перемещения ее под действием отрицательных температур в начальный период зимы.

3. Стадия вымерзания (понижения влажности), нередко наблюдаемая при дальнейшем быстром промерзании, особенно на участках, оголенных от снега, и при глубоком залегании грунтовых вод.

4. Стадия насыщения, т. е. резкого повышения влажности при длительном промерзании грунта до постоянной максимальной глубины (1,5—2 месяца). При этом увеличивается общий объем грунта и поднимается (вспучивается) его поверхность.

5. Стадия потери прочности, наступающая при оттаивании грунта примерно до половины максимальной глубины промерзания. Влажность оттаявшего слоя грунта иногда превышает при этом влажность границы текучести, что приводит к полной потере устойчивости грунта.

6. Стадия перехода к летнему водному режиму, наступающая с увеличением глубины оттаивания при значительном понижении влажности грунта.

Приближенная оценка водного режима поверхностного слоя грунта на протяжении некоторого промежутка времени может быть дана сопоставлением прихода и расхода воды в грунте за данный период, т. е. составлением уравнения водного баланса:

$$h_{гр} = h_1 + (h_2 + h_3 + h_4) - (h_5 + h_6 + h_7),$$

где $h_{гр}$ — количество воды, находящейся в рассматриваемом слое грунта к концу периода; h_1 — запас влаги в том же слое к началу периода; h_2 — количество атмосферных осадков, выпавших за расчетный период на поверхность слоя; h_3 — количество влаги, поступившей в рассматриваемый слой грунта из нижележащих слоев (в том числе в результате действия отрицательных температур); h_4 — количество влаги, поглощенной грунтом из атмосферы, в форме пара (конденсация и гигроскопическое поглощение); h_5 — количество влаги, испарившейся из грунта; h_6 — поверхностный сток за рас-

сматриваемый период; h_7 — количество влаги, просочившейся в нижележащие слои.

Регулирование водно-теплового режима земляного полотна включает комплекс инженерных мероприятий, направленных на предотвращение попадания поверхностных и грунтовых вод в земляное полотно и нижние слои дорожной одежды и предохранение их от промерзания.

Наряду с тщательным уплотнением верхних слоев земляного полотна в последние годы как у нас, так и за рубежом земляное полотно защищают от поступления поверхностной воды укрытием его полиэтиленовой пленкой или стабилизацией минеральными вяжущими материалами (негашеная известь, цемент и др.).

Стабилизированный слой грунта устраняет также поступление водяных паров снизу и конденсацию их в конструктивных слоях дорожной одежды, повышает модуль упругости грунта земляного полотна и снижает морозное пучение; приток свободной воды в корыто в период оттаивания настолько мал, что нет надобности в устройстве дренирующих слоев и дренажей мелкого заложения.

Стабилизированный грунт при щебеночном основании или подстилающем слое выполняет функцию противозаиливающего слоя. Наличие стабилизированного слоя облегчает также технологию производства работ, особенно в дождливый период года, отпадает необходимость устройства дренирующего слоя из хорошо фильтрующего песка, по которому невозможно движение даже построечного транспорта. Для стабилизации применяют наряду с известью и цементом гранулированный шлак, бокситовый шлам и доменный основной молотый шлак с добавками жидкого стекла.

Для защиты земляного полотна от поверхностной влаги в опытном порядке в СССР опробовано применение литых эмульсионно-минеральных смесей, называемых битумными шламами. В ФРГ по земляному полотну укладывают слой из полиуретановой смолы. Слой толщиной всего 2 см через некоторое время приобретает прочность, достаточную для последующей укладки без промежуточных слоев черной щебеночной смеси. В опытном порядке применяют и пеностекло, представляющее собой зерна различного размера, которые перемешивают с каким-либо вяжущим и укладывают тонким слоем непосредственно на земляное полотно. Стабилизация верхней части земляного полотна оправдана в технико-экономическом отношении вследствие значительного повышения срока службы дорожных одежд.

Для общего снижения уровня грунтовых вод на городской территории применяют дренажные устройства. Как известно, высокое стояние подземных вод обусловливается залеганием на небольшой глубине от дневной поверхности водоупорных слоев грунта. К таким грунтам относятся скальные породы и глины, практически не проводящие воду. Скорость движения подземных вод зависит от уклона и водопроницаемости пласта, в котором происходит движение, и выражается формулой

$$v = ki,$$

где k — коэффициент фильтрации, м/сут или см/с.

Коэффициент фильтрации при гидравлическом уклоне i зависит от гранулометрического состава грунта. Ориентировочные значения этого коэффициента для различных пород приведены в табл. 23.

Таблица 23

Породы	Коэффициент фильтрации, м/сут	Породы	Коэффициент фильтрации, м/сут
Гравий чистый	200—100	Песок мелкий	10—2
» с песком	150—75	Супеси	0,7—0,2
Песок гравелистый	100—50	Суглинки	0,4—0,005
» крупный	75—25	Глины	0,005 и менее
» средний	25—10		

В городских условиях для понижения уровня грунтовых вод главным образом применяют горизонтальные дренажи. Наряду с мероприятиями, связанными с понижением общего уровня грунтовых вод на городской территории, в районах со значительной глубиной промерзания для предохранения дорожной одежды от неравномерного сезонного вспучивания, а также для сбора и последующего отвода воды, поступающей в основание проезжей части, предусматривают морозозащитные или дренирующие слои из морозоустойчивых и хорошо дренирующих материалов. Дренирующий слой предусматривают, исходя из условий поглощения и отвода всего количества воды, поступающей в основание проезжей части.

Практически для расчета толщины песчаного морозозащитного слоя можно применять график, позволяющий определить общую толщину стабильного слоя, исходя из логарифмической зависимости между глубиной промерзания и суммой морозных градусодней, которые можно определить по данным метеорологических станций или по справочникам.

Проф. А. Я. Тулаев принимает зависимость между относительной глубиной промерзания z и относительной величиной пучения $H_{пуч}$ в форме параболы, выражаемой на ее начальном участке уравнением

$$H_{пуч} = z^2/\beta,$$

где β — параметр, определяемый наблюдением, при максимальных значениях z и $H_{пуч}$.

Необходимая величина песчаного морозозащитного слоя будет

$$h_{пуч} = z_{max}\left(1 - \sqrt{\frac{h_{доп.пуч}}{H_{пуч\,max}}}\right) - h_{покр},$$

где z_{max} — максимальная глубина промерзания; $h_{доп.\ пуч}$ — допустимое пучение покрытия; $H_{пуч\ max}$ — максимальная относительная величина пучения; $h_{покр}$ — толщина покрытия.

При использовании для морозозащитного слоя материалов с низкой теплопроводностью (например, топочных шлаков) проф. Н. В. Орнатским на основе теории температурной проводимости предложено следующее уравнение для определения толщины z морозозащитного слоя:

$$z = \frac{k\Delta H}{\sqrt{a_1/a_2 - 1}},$$

где ΔH — требуемое поднятие границы промерзания; м; a_1 — коэффициент температуропроводности грунта; a_2 — то же, теплоизолирующего материала; k — коэффициент; для центральных районов СССР $k=0{,}3$ (по исследованиям проф. А. Я. Тулаева).

В последние годы в некоторых зарубежных странах (США, Канаде, ФРГ, Финляндии и др.) с целью снижения толщины морозозащитных слоев применяют в дорожных конструкциях прослойки из теплоизолирующих материалов, толщину которых выбирают так, чтобы даже при наступлении критического морозного периода нижняя граница промерзания не проникла в морозочувствительные слои. В качестве теплоизолирующих слоев используют жесткие пенопласты и несущие слои дорожных одежд из легких строительных материалов, обработанных минеральными или органическими вяжущими.

По данным исследований, в ФРГ наиболее перспективными представляются изолирующие и несущие слои на основе легких строительных материалов, из которых наиболее исследован легкий бетон с заполнителем из вспученного полистирола (стиропоробетон или EPS-бетон).

Опытные участки дорожных одежд с теплоизолирующими слоями из пенопласта и асфальтокерамзитобетона были построены на городских улицах Москвы. Технико-экономический анализ строительства опытных участков показал, что конструкция дороги с применением теплоизолирующего материала из пенопласта оказалась дешевле, чем конструкция с применением песка в качестве морозозащитного слоя.

Ширину земляного полотна под проезжие части улиц обычно принимают на 1 м больше ширины проезжих частей с учетом установки бортовых камней и сопряжения дренирующих слоев под проезжими частями и тротуарами. На дорогах с обочинами земляное полотно уширяют на суммарную ширину обочин.

Поверхности земляного полотна под дорожными одеждами придают уклоны, соответствующие уклонам проезжей части. Поперечные уклоны должны быть не менее 20‰ и направлены в сторону лотков или кюветов, а при наличии дренажей — в сторону последних.

На городских улицах с закрытой системой водоотвода дорожные одежды, как правило, устраивают в корыте (рис. 55, *а*). Глубина корыта для дорожной одежды и тротуаров должна соответствовать общей толщине конструкции. На городских улицах с открытой системой водоотвода (с кюветным профилем) дорожную одежду располагают непосредственно на земляное полотно (рис. 55, *б*) с последующей присыпкой обочин или устраивают полукорытный профиль (рис. 55, *в*) с полуприсыпными обочинами. Возвышение дна корыта проезжей части над наивысшим уровнем грунтовых вод принимают в зависимости от группы грунтов земляного полотна.

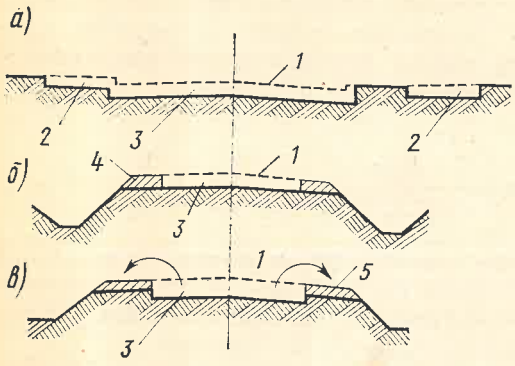


Рис. 55. Конструкции земляного полотна городских улиц и дорог:

1 — проектная линия; *2* — корыта под тротуары; *3* — корыто под дорожную одежду; *4* — присыпные обочины; *5* — полуприсыпные обочины

По строительным свойствам грунты разделяют на следующие группы (табл. 24).

Таблица 24

Группа грунта	Тип грунта
А	Супеси легкие и оптимальные грунтовые смеси
Б	Пески пылеватые, супеси тяжелые
В	Легкие и тяжелые суглинки, глины
Г	Супеси и суглинки тяжелые и пылеватые

Примечание. Пески мелко-, средне- и крупнозернистые рассматриваются как общестроительные материалы.

Возвышение земляного полотна над наивысшим уровнем грунтовых вод для различных групп грунтов должно быть не менее величин, указанных в табл. 25.

Таблица 25

Группа грунта	Наименьшее возвышение дна корыта над уровнем грунтовых вод (м) в климатических зонах			
	II	III	IV	V
А	0,7	0,6	0,5	0,4
Б	1,2	0,8	0,8	0,7
В	2	1,8	1,5	1,4
Г	2	1,5	1,2	1,1

§ 17. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА

Непрерывный рост интенсивности движения и увеличение грузоподъемности современных транспортных средств заставляют предъявлять более высокие требования к прочности и долговечности дорожных одежд. В последние годы были проведены большие теоретическо-экспериментальные исследования, а также многочисленные обследования и испытания дорожных одежд на дорогах и улицах, которые позволили наметить пути дальнейшего совершенствования методов расчета и конструирования нежестких дорожных одежд.

Новые методы расчета базируются на решении задачи теории упругости для полупространства. Общим исходным положением для них является то, что расчет дорожных одежд должен вестись из условий их работы в упругой стадии, с учетом повторяемости расчетных нагрузок. Среди новых методов расчета нежестких одежд следует назвать метод, разработанный на кафедре строительства и эксплуатации дорог Московского автомобильно-дорожного института под руководством проф. Н. Н. Иванова. Этот метод является улучшенным вариантом метода, полученного в Союздорнии и основывается на предельно допустимом упругом прогибе поверхности покрытия. Он предназначен для расчета дорожных одежд с усовершенствованными и переходными типами покрытий.

Теоретические решения, положенные в основу нового метода расчета дорожных одежд нежесткого типа, позволяют получить величины напряжений и перемещений под действием асимметричной нагрузки на поверхности одежды (p, D) в любой точке слоистого полупространства, каждый слой которого характеризуется модулем упругости E_i, коэффициентом Пуассона μ_i и толщиной h_i (рис. 56). При этом толщину подстилающего слоя дорожной одежды не ограничивают. Для обеспечения работы дорожной одежды без накопления остаточных деформаций необходимо, чтобы ни в одном из конструктивных слоев и в подстилающем грунте не возникали пластические смещения, не нарушалась сплошность монолитных слоев и прогиб поверхности одежды под расчетной нагрузкой не превосходил расчетной величины.

Пластические смещения в грунте и слабосвязных материалах конструктивных слоев не возникнут, если не будет превзойдено предельное равновесие по сдвигу. Сплошность монолитных слоев будет обеспечена, если растягивающие напряжения при изгибе не превысят допустимых для данного материала.

В соответствии с указаниями инструкции ВСН 46—72 Минтрансстроя СССР конструирование и расчет дорожной

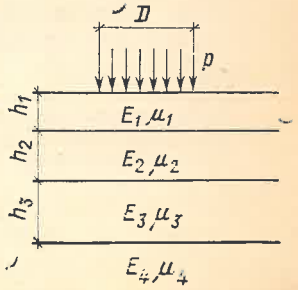


Рис. 56. Расчетная схема дорожной одежды

одежды нежесткого типа по новому методу ведется в следующем порядке: назначают конструктивные слои и определяют общую толщину дорожной одежды, необходимую по условиям морозоустойчивости конструкции; исходя из перспективной интенсивности движения, находят требуемый модуль упругости дорожной одежды; рассчитывают одежду по величине упругого прогиба; рассчитывают одежду по условию сдвига в подстилающем грунте и в промежуточных слоях из слабосвязных материалов; рассчитывают монолитные слои одежды на растяжение при изгибе; при изменении ранее намеченной толщины или материалов отдельных конструктивных слоев одежды проверяют, отвечает ли запроектированная конструкция всем критериям предельного состояния.

Расчет по тому или иному критерию считается законченным, если получаемые расчетом напряжения, модули упругости или толщины слоев отличаются от предельно допускаемых или минимально необходимых их значений не более чем на 5%.

Дорожные одежды с усовершенствованными покрытиями рассчитывают по всем трем критериям — сдвигу, растяжению при изгибе и упругому прогибу, одежды с покрытиями переходного типа рассчитывают только по величине упругого прогиба. При проектировании дорожных одежд с очень тяжелым движением (нагрузка на ось более 12 т — промышленные и другие специальные дороги) расчет ведут только по сдвигу в грунте слабосвязанных материалов и сопротивлению растяжению при изгибе в монолитных слоях.

Расчет дорожной одежды на морозоустойчивость. Конструкцию дорожной одежды нежесткого типа на морозоустойчивость рассчитывают при проектировании участков дорог, находящихся в неблагоприятных грунтогидрогеологических и гидрологических условиях в районах с сезонным промерзанием грунта.

Конструкцию считают морозоустойчивой, если удовлетворяется неравенство

$$(l_{\text{пуч}} + l_{\text{м.з}}) \leqslant l_{\text{доп}},$$

где $l_{\text{пуч}}$ — расчетное (ожидаемое) пучение грунта земляного полотна, см; $l_{\text{м.з}}$ — расчетное пучение материала морозозащитного слоя, см (вводится в расчет в том случае, если материал морозозащитного слоя склонен при замерзании в увлажненном состоянии к значительному льдонакоплению); $l_{\text{доп}}$ — допускаемая величина зимнего вспучивания покрытия, см, принимаемая в зависимости от типа покрытия равной:

Цементно-бетонные	2
Асфальтобетонные	4
Усовершенствованные облегченные	6

Расчетное (ожидаемое) пучение грунта земляного полотна ($l_{\text{пуч}}$) зависит от величины зимнего влагонакопления в нем, возвышения земляного полотна над поверхностью земли и уровнем подземных вод, свойств грунта и степени его уплотнения, толщины слоев из стабильных материалов.

Для расчета дорожных одежд на морозоустойчивость при близком залегании подземных вод (3-й тип местности по условиям увлажнения) разработана номограмма (рис. 57). Номограмма связывает между собой отношения следующих параметров:

$$\frac{z}{H}, \quad \frac{z_1}{z} \quad \text{и} \quad \frac{l_{\text{пуч}}\alpha_0}{Bz},$$

где z — расчетная глубина промерзания дорожной конструкции, см; H — расчетная глубина залегания уровня грунтовых вод в осенний период (от поверхности покрытия), см; z_1 — общая толщина слоев из стабильных материалов, включая дорожную одежду, см; α_0 — показатель, учитывающий особенности климатических условий, характеризующий режим и интенсивность промерзания, см²/сут.; B — комплексная характеристика свойств грунта, определяющая влагонакопления при промерзании, см/сут.

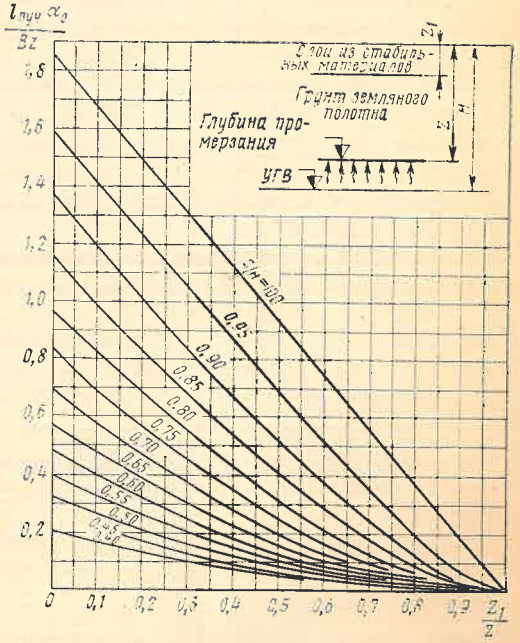


Рис. 57. Номограмма для расчета конструкций на морозоустойчивость

Пользуясь номограммой, можно найти значение любого из перечисленных параметров при известных остальных. Так, общую толщину слоев из стабильных материалов z_1 находят следующим образом. Вычисляют отношение $l_{\text{пуч}}\alpha_0/Bz$ (при $l_{\text{пуч}}=l_{\text{доп}}$), находят его значение на оси ординат номограммы, из найденной точки проводят горизонтальную прямую до пересечения с кривой, соответствующей отношению z/H, перенося эту точку на ось абсцисс, получают значение отношения z_1/z, по которому по известному z находят z_1. При этом толщина слоев из стабильных материалов z_1, полученная по номограмме на рис. 57, относится к наиболее распространенным в дорожных одеждах материалам, близким по условиям теплопроводности к уплотненному щебню.

Для того чтобы учесть фактические теплотехнические свойства материалов конструктивных слоев дорожной одежды, следует вычислить общую толщину слоев из стабильных материалов, приведенную по условиям теплопроводности и уплотненному щебню, по формуле

$$z_{1\,\text{прив}} = h_1\varepsilon_1 + h_2\varepsilon_2 + h_3\varepsilon_3 + \ldots + h_n\varepsilon_n,$$

где h_1, h_2, h_3, ..., h_n — толщина конструктивных слоев из стабильных материалов; ε_1, ε_2, ε_3, ..., ε_n — эквиваленты теплотехнических свойств материалов по отношению к уплотненному щебню, зависящие от плотности и влажности, а также от того, находится ли материал в мерзлом или талом состоянии.

В расчетах, когда отсутствуют данные по плотности, влажности и др., могут быть использованы средние величины коэффициента теплопроводности λ_i, по которым находят эквиваленты теплотехнических свойств материалов ε_i по отношению к уплотненному щебню.

При известном z_1 и заданном $l_{\text{доп}}$ по номограмме можно найти необходимое возвышение поверхности покрытия H над расчетным уровнем подземных вод. Расчетные значения глубины промерзания z и глубины залегания грунтовых вод H определяют в соответствии с существующими инструктивными указаниями, величину климатического коэффициента α_0 можно определить по специальной карте изолиний.

Если имеются данные непосредственных измерений глубины промерзания на месте, величину α_0 определяют по формуле

$$\alpha_0 = z_{\text{п}}^2/(2T_3),$$

где $z_{\text{п}}$ — глубина промерзания по данным измерения, см; T_3 — расчетная продолжительность зимнего периода, сут.

Толщину слоев из стабильных материалов z_1 на дорогах с усовершенствованными капитальными покрытиями при 2-м типе местности по условиям увлажнения определяют по формуле

$$z_1 = z - \frac{100 l_{\text{доп}}}{K_{\text{пуч}}},$$

где z — расчетная глубина промерзания, см; $l_{\text{доп}}$ — допускаемая величина пучения, см; $K_{\text{пуч}}$ — коэффициент пучения грунта, %;

$$K_{\text{пуч}} = K'_{\text{пуч}} \frac{100}{\alpha_0},$$

находят по табл. 26.

Если расчетная глубина промерзания в данном районе для данного грунта превышает критическую, то в уравнение для определения z_1 вместо z следует поставить $z_{\text{кр}}$:

$$z_1 = z_{\text{кр}} - \frac{100 l_{\text{доп}}}{K_{\text{пуч}}}.$$

Критическая глубина промерзания $z_{\text{кр}}$ для различных дорожно-климатических зон и районов и различных грунтов приведена в табл. 27.

Если при расчете по формулам $z_1 \leqslant 0$, то устройства морозозащитного слоя в конструкции дорожной одежды не требуется. На морозоустойчивость не проверяют дорожные одежды с облегченными условиями увлажнения. Дорожные одежды с усовершенствованны-

Таблица 26

Грунт	Тип местности по условиям увлажнения и конструкция земляного полотна			
	1-й		2-й	
	насыпи	выемки	насыпи	выемки
	K', %			
Глина, суглинок и супесь (непылеватая)	2	3	3	4,5
Суглинок тяжелый пылеватый	3,5	5	5	7,5
Суглинок легкий пылеватый и супесь	3	4,5	4,5	7
Супесь тяжелая пылеватая	5	7,5	7,5	11
Супесь легкая, песок пылеватый, песок мелкий	1	1,5	1,5	2

Таблица 27

Номер климатического района	Дорожно-климатическая зона и район	Глина, суглинок и супесь непылеватые	Суглинок тяжелый пылеватый	Супесь тяжелая пылеватая	Суглинок легкий, супесь пылеватая	Супесь легкая, песок пылеватый
		Критическая глубина промерзания $z_{кр}$, см				
	А. Европейская часть СССР					
	II зона					
1	Северо-Запад	160	140	130	120	80
2	Запад	120	120	120	120	80
3	Центр	150	140	130	120	80
4	Север	160	140	130	120	80
5	Северо-Восток и Восток	160	140	130	120	80
	III зона					
6	Юго-Запад	50	50	50	50	50
7	Юго-Восток	150	140	130	120	80
	Б. Азиатская часть СССР					
	II—III зоны					
8	Западная Сибирь	160	140	130	120	80
	I зона					
9	Восточная Сибирь	160	140	130	120	80

ми облегченными покрытиями при 2-м типе местности проверяют на морозоустойчивость только при наличии в основании одежды пылеватых и супесчаных грунтов. При других подстилающих грунтах дорожные одежды обеспечивают морозоустойчивость.

Конструирование дорожной одежды нежесткого типа. Установив необходимую по условиям морозоустойчивости толщину дорожной одежды нежесткого типа, разрабатывают ее конструкцию. Вначале намечается схема конструкции одежды, на которой показывается расположение конструктивных слоев из различных материалов. При выборе схемы дорожной одежды не следует без особой необходимости предусматривать увеличение числа конструктивных слоев, так как в ряде случаев дополнительные затраты, вызванные усложнением технологического процесса и увеличением числа операций при сооружении дорожной одежды, могут поглотить экономию, получаемую от введения в конструкцию дополнительных слоев. Дорожные одежды нежесткого типа следует по возможности конструировать из материалов, не требующих большого числа операций для укладки и формирования и позволяющих возможно более полно механизировать и индустриализировать строительные процессы.

Количество слоев, вид материалов для каждого из них и сочетание толщины слоев при разработке конструкции одежды заданной прочности назначают таким образом, чтобы в результате была получена вполне надежная в эксплуатации и наиболее экономичная конструкция.

До расчета толщину конструктивных слоев назначают, исходя из имеющегося опыта. При этом при последующих расчетах толщину наиболее прочных и дорогостоящих верхних слоев дорожной одежды не меняют, а толщины отдельных слоев основания определяют окончательным расчетом. Толщина отдельных слоев одежды должна быть достаточной для того, чтобы обеспечивать технологическую возможность формирования слоя и надежную его работу в эксплуатации. Значения этой минимальной толщины (см) приведены ниже.

Асфальтобетон, укладываемый в горячем или теплом состоянии:	
однослойный	5
двухслойный	7
Холодный мелкозернистый асфальто- или дегтебетон	3
Щебеночные (гравийные) материалы и грунты, обработанные органическими вяжущими в установке	8
Щебень, обработанный по способу пропитки	8
То же, по способу полупропитки	4
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные органическими вяжущими по способу смешения на дороге	8
Щебеночные (гравийные) материалы, укрепленные цементом, на каменном основании или на грунте, укрепленном вяжущими	8
Грунты и малопрочные каменные материалы, обработанные органическими или неорганическими вяжущими	10
Щебеночные (гравийные) материалы, не обработанные вяжущими:	
на песчаном основании	15
на прочном основании (каменном или из укрепленного грунта):	
для щебня	8
для гравийного материала	10

Толщина слоя должна превышать размер наиболее крупных частиц каменного материала не менее чем в 1,5 раза (кроме слоев, устраиваемых по способу пропитки).

При конструировании одежды нужно стремиться обеспечить более плавный переход от более жестких верхних слоев к нижним слоям меньшей жесткости, чтобы улучшить напряженное состояние на контактах. Отношение модулей упругости смежных слоев из слабосвязных материалов не должно превышать 5—6.

В целях получения наиболее экономичной конструкции дорогие привозные дорожно-строительные материалы следует использовать в верхних слоях дорожных одежд при минимально необходимой толщине. Требуемая прочность одежды должна, в первую очередь, достигаться за счет увеличения толщины нижних слоев из местных материалов.

Определение расчетной нагрузки и требуемой прочности дорожной одежды. При расчете дорожных одежд нежесткого типа по допускаемому упругому прогибу в качестве критерия принимают величину вертикальной деформации (прогиба) дорожной одежды в неблагоприятный по степени увлажнения период года под нагрузкой от расчетного автомобиля. По вертикальной деформации вычисляют требуемый модуль упругости конструкции:

$$E_{тр} = \frac{pD(1-\mu^2)}{l},$$

где p — удельное давление от расчетного автомобиля, кгс/см² (Па); D — диаметр круга, равновеликого площади контакта сдвоенного колеса расчетного автомобиля, см; μ — коэффициент Пуассона, принимаемый равным 0,3; l — нормативный прогиб дорожной одежды, см.

Требуемый модуль упругости может быть определен по номограмме, приведенной на рис. 58. Номограммой пользуются следующим образом. На горизонтальной оси находят точку, соответствующую расчетной интенсивности движения, и проводят вертикальную прямую до пересечения с наклонной прямой, соответствующей той или иной нагрузке. Из найденной точки проводят горизонтальную линию

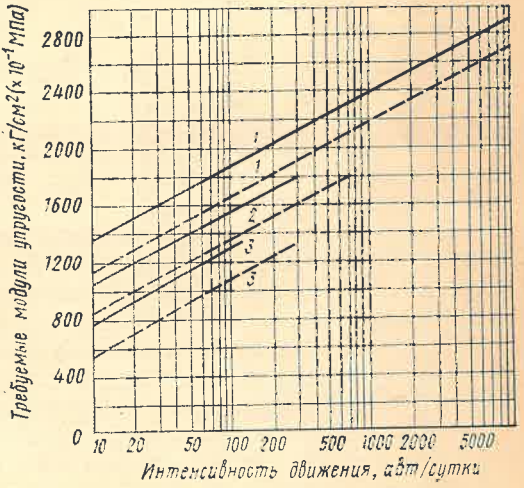


Рис. 58. Требуемые модули упругости:

———— — при нагрузках H=30; — — — — при нагрузках H=10; *1* — усовершенствованные капитальные покрытия; *2* — усовершенствованные облегченные; *3* — переходные

до пересечения с осью ординат, на которой указаны требуемые модули упругости.

Независимо от данных, полученных по формуле или графику, требуемые модули упругости следует назначать не ниже, чем указано в табл. 28.

Таблица 28

Категория дороги	Количество расчетных автомобилей на одну полосу при нагрузках		Покрытие		
			капитальное	усовершенствованное облегченное	переходного типа
	$H = 30$	$H = 10$	Модуль упругости, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа)		
Скоростные дороги и магистральные улицы общегородского значения	550	—	2250	—	—
Магистральные улицы районного значения	70	200	1800	1500	—
Жилые улицы	—	30	1400	1100	800
Дороги промышленных и складских районов	70	200	1800	1500	1200
Проезды	—	10	1150	850	550

При расчете дорожных одежд нежесткого типа фактическую интенсивность движения транспорта различной грузоподъемности N приводят к расчетной $N_р$ путем умножения на коэффициенты, указанные ниже.

Нагрузка на ось, т	4	6	7	8	9	9,5	10	12
$H=10$.	0,03	0,15	0,55	0,65	0,75	1,0	—	—
$H=30$.	0,01	0,05	0,18	0,22	0,25	0,35	0,50	0,1

Автомобили с нагрузкой на ось менее 4 т при расчете прочности дорожных одежд не учитываются, так как они не оказывают на нее существенного влияния.

Для расчета принимают среднесуточную интенсивность движения в наиболее неблагоприятный по степени увлажнения период на перспективу: 15 лет — для капитальных покрытий, 10 лет — для облегченных, 8 лет — для переходных покрытий.

Расчет дорожной одежды по величине упругого прогиба. На основании решения задачи теории упругости для двухслойного полупространства разработана номограмма (рис. 59), используя которую, по требуемому модулю упругости всей конструкции выполняют послойный расчет дорожной одежды. Эта номограмма связывает значения модулей упругости верхнего и нижнего слоев E_1 и E_2, относительную толщину верхнего слоя h/D и величину общего модуля упругости по поверхности двухслойной системы $E_{общ}$. Зная четыре из указанных величин, можно найти любую пятую.

Например, для получения $E_{общ}$ на номограмме рис. 59 проводят две прямые: вертикальную — из точки на горизонтальной оси, соответствующей имеющемуся отношению h/D, и горизонтальную — из точки на вертикальной оси, соответствующей отношению E_2/E_1, в точке пересечения прямых читают отношение $E_{общ}/E_1$, откуда, зная E_1, находят $E_{общ}$.

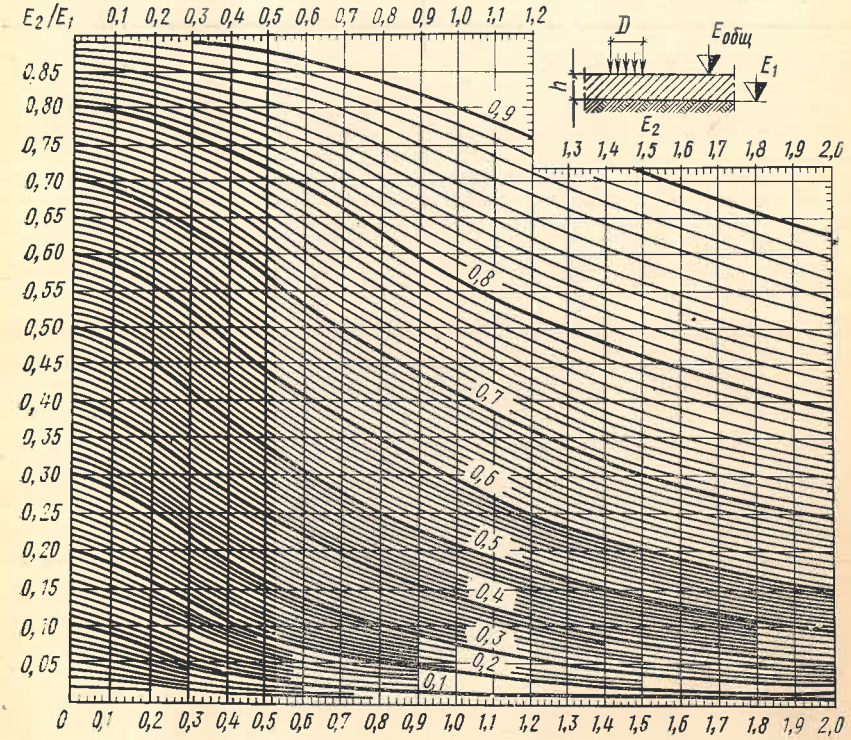


Рис. 59. Номограмма для определения общего модуля упругости $E_{общ}$ двухслойной системы (цифры на кривых означают отношение модуля упругости двухслойной системы к модулю верхнего слоя $E_{общ}/E_1$)

В зависимости от поставленной задачи расчет конструкции можно вести сверху вниз, когда задан общий (требуемый) модуль упругости и когда определяют толщину нижнего слоя основания и модуль упругости грунта, или рассчитывать снизу вверх, когда определяют общий модуль имеющейся конструкции.

Численные значения модулей упругости грунта земляного полотна и материалов конструктивных слоев и других расчетных характеристик материалов, применяемых для устройства конструктивных слоев дорожной одежды, устанавливают с учетом вида, свойств, технологии приготовления и укладки материалов в конструкции.

Значения расчетных характеристик асфальтобетона, укладываемого в горячем состоянии при разных температурах, приведены в табл. 29.

Таблица 29

Наименование характеристик	Расчетная температура, °С		
	+10	+20	+30
Модуль упругости E, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа):			
верхнего слоя	15 000	10 000	7000
нижнего слоя (без минерального порошка)	10 000	8 000	5000
Предельное сопротивление растяжению при изгибе $R_и$, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа):			
верхнего слоя	20	18	15
нижнего слоя (без минерального порошка)	12	11	10

Примечание. Расчетные значения предельного сопротивления растяжению при изгибе необходимо умножить на коэффициент: при перспективной интенсивности движения на полосу до 100 расчетных автомобилей в сутки — 1,3; от 100 до 500 авт/сут. — 1,15; от 500 до 1000 авт/сут. — 0,8.

Расчетные характеристики естественных и обработанных или укрепленных органическими или неорганическими вяжущими материалов приведены в табл. 30 и 31.

Таблица 30

Материал конструктивного слоя	Модуль упругости E, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа)	Предельное сопротивление растяжению при изгибе $R_и$, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа)
Подобранные смеси из щебеночных материалов, обработанных в установке вязкими битумами или дегтями	6000—9000	10—12
То же, обработанные гравийные материалы	4000—5500	8—10
Подобранные щебеночные и гравийные материалы, укрепленные портландцементом при количестве, %:		
6—7	5000—7000	3—4
4—5	4000—6000	2—3
Подобранные гравийные материалы, укрепленные добавками гранулированного шлака в количестве 30%	3000	1,5
Малопрочные местные каменные материалы или отходы камнедробления (известняки, песчаники и др.) в смеси с супесью или песком, укрепленные портландцементом	3000—4000	2—3
Легкие супеси и разнозернистые пески, укрепленные портландцементом	2000—4000	2—3
Суглинки и пылеватые супеси, укрепленные портландцементом	1500—2500	1,5—2

Таблица 31

Материал конструктивного слоя	Модуль упругости E, кгс/см² (×10⁻¹ МПа)	Параметры, определяющие сопротивление сдвигу	
		φ, град	c, кг/см²
1. Слои из фракционированного щебня, обработанного вязким битумом или дегтем смешением в установке (открытые смеси):			
1-го и 2-го классов	6000—9000	—	—
3-го класса	5000—6000	—	—
2. Подобранные смеси из щебеночных и гравийных материалов с жидким битумом, дегтем или битумной эмульсией смешением в установке	3000—5000	—	—
3. Грунты, обработанные жидкими органическими вяжущими:			
супесчаные непылеватые	1500—2500	25—35	0,2—0,35
суглинистые и пылеватые супесчаные	800—1500	15—25	0,2—0,35
4. Щебеночные слои:			
из фракционированного щебня 1—3-го классов, сооружаемые по принципу заклинки	3500—4500	—	—
из рядового щебня 1—4-го классов	2000—2500	—	—
5. Слои из шлаков 1—4-го классов, однородных по качеству с подобранным гранулометрическим составом:			
активные шлаки	3500—4500	—	—
малоактивные шлаки	2000—3000	—	—
6. Гравийные материалы, подобранные по составу, при содержании частиц крупнее 5 мм более 50% и частиц мельче 0,05 мм — менее 7%	2000—2500	45	0,2—0,5
То же, при содержании частиц крупнее 5 мм более 30% и частиц мельче 0,05 мм — меньше 10%	1500—2000	35	0,2—0,5
7. Дресва изверженных и осадочных пород и мелкий ракушечник	800	30—40	0,5—0,1

Примечание. Расчетные характеристики материалов в п. 1, 2 даны при введении в смесь добавок активных и поверхностно-активных веществ; значения расчетных характеристик материала без этих добавок снижаются на 20%.

При расчете конструкции дорожной одежды по величине упругого прогиба или общего модуля упругости расчетной характеристикой грунта является модуль упругости.

Расчетные значения прочностных и деформационных характеристик суглинистых и супесчаных грунтов земляного полотна в зависимости от относительной влажности в расчетный период приведены в табл. 32.

Расчетные характеристики песков, а также легких крупных супесей мало зависят от влажности и принимаются постоянными, во всяком случае в интервале до полного насыщения грунта водой.

Таблица 32

Грунт	Характеристика грунта	Расчетная характеристика для относительной влажности $W_т$ (доли границы текучести)						
		0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
Песок крупный и гравелистый	E, кгс/см²	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
	φ, град	43	43	43	43	43	43	43
Песок средней крупности	E, кгс/см²	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
	φ, град	40	40	40	40	40	40	40
Песок мелкий	E, кгс/см²	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	φ, град	38	38	38	38	38	38	38
Песок пылеватый	E, кгс/см²	500	500	500	500	500	500	500
	φ, град	36	36	36	36	36	36	36
Супесь легкая крупная	E, кгс/см²	600	600	600	600	600	600	600
	φ, град	40	40	40	40	40	40	40
Супесь легкая (непылеватая)	E, кгс/см²	450	420	390	370	350	—	—
	φ, град	35	35	34	34	33	—	—
	c, кгс/см²	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	—	—
Супесь пылеватая, суглинки и глины	E, кгс/см²	600	420	340	280	240	210	200
	φ, град	24	21	18	15	13	11	10
	c, кгс/см²	0,32	0,26	0,19	0,15	0,10	0,07	0,05

Примечание. Для перевода модуля упругости E в МПа нужно его значения умножить на 10^{-1}.

Расчет одежды по сдвигу в подстилающем грунте и в промежуточных слоях из слабосвязанных материалов. При определении толщины одежды предварительно намеченную или рассчитанную по допустимому упругому прогибу многослойную конструкцию приводят к двухслойной системе, у которой толщина верхнего слоя равна суммарной толщине конструктивных слоев многослойной одежды (рис. 60), а модуль упругости этого слоя вычисляют по формуле

$$E_{ср} = \frac{E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_3 + \ldots + E_n h_n}{h_1 + h_2 + h_3 + \ldots + h_n},$$

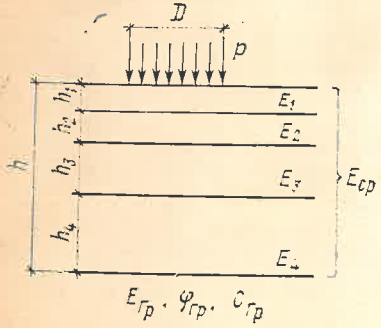


Рис. 60. Схема приведения многослойной конструкции к двухслойной

где E_1, E_2, E_3, ..., E_n — расчетные модули упругости отдельных конструктивных слоев, толщина которых равна h_1, h_2, h_3, ..., h_n.

Общую толщину одежды назначают, исходя из условия, чтобы не возникали остаточные деформации, вызванные пластическими смещениями в подстилающем грунте.

Условие, при котором не образуются пластические деформации в подстилающем одежду грунте, выражается неравенством

$$\tau_{а.м} + \tau_{а.в} \leqslant \frac{1}{k_{пр}} k k_2 c_{гр},$$

где $\tau_{а.м}$ — максимальное активное напряжение сдвига в нижнем слое двухслойной системы от расчетной временной нагрузки; $\tau_{а.в}$ — активное напряжение сдвига от собственной массы одежды; $k_{пр}$ — коэффициент, зависящий от требований к эксплуатационным качествам одежды; $k_{пр}=1$ — для одежд с капитальными покрытиями; $k_{пр}=0{,}95—0{,}85$ — для одежд с покрытиями из щебеночных и гравийных материалов, обработанных вязкими битумами; $k_{пр}=0{,}85—0{,}75$ — для одежд с покрытиями из смесей с жидкими вяжущими, а также с поверхностной обработкой; k — коэффициент, зависящий от вида подстилающих грунтов и материалов; $k=0{,}8$ — для одежд, подстилаемых связными грунтами и материалами (суглинки, супеси, кроме крупных, связные гравийные и подобные им материалы); $k=0{,}45$ — для одежд, подстилаемых слабосвязными грунтами и материалами (пески, крупные супеси, несвязные обломочные породы); k_2 — коэффициент запаса на неоднородность условий работы конструкций, связанный с недоучетом неблагоприятных природных особенностей, технологическими и другими причинами, приведенный ниже; $c_{гр}$ — сцепление в подстилающем грунте в расчетный период, полученное при медленном сдвиге (нормативное сцепление).

Количество расчетных автомобилей в сутки на полосу	до 100	1000	до 5000	5000
Коэффициент запаса k_2	1	0,80	0,65	0,60

Расчет по сдвигу в подстилающем грунте ведут методом последовательного приближения:

1. Для одежды, приведенной к двухслойной конструкции, находят отношения:

$$E_{ср}/E_{гр} \quad \text{и} \quad h/D,$$

где $E_{ср}$ — средний модуль упругости одежды; $E_{гр}$ — модуль упругости подстилающего грунта; h — общая толщина одежды; D — расчетный диаметр нагруженной площади.

2. Выясняют, обеспечивается ли работа конструкции без образования пластических смещений в подстилающем грунте.

Максимальное активное напряжение сдвига $\tau_{а.м}$ находят при известных $E_{ср}/E_{гр}$ и h/D с помощью номограмм на рис. 61 (связные грунты) или на рис. 62 (слабосвязные грунты), умножив полученное по нижней шкале номограммы значение $\tau_{а.м}/p$ на величину удельного давления p. Величину $\tau_{а.в}$ находят по номограмме на рис. 63 при имеющейся толщине одежды h.

Активное напряжение сдвига в подстилающем грунте от собственной массы одежды $\tau_{а.в}$ находят по номограмме рис. 63 в зависимости от общей толщины одежды h (горизонтальная ось) и величины угла внутреннего трения φ подстилающего грунта (лучи на номограмме); $\tau_{а.в}$ вводят в формулу с тем знаком, с которым оно получено по номограмме.

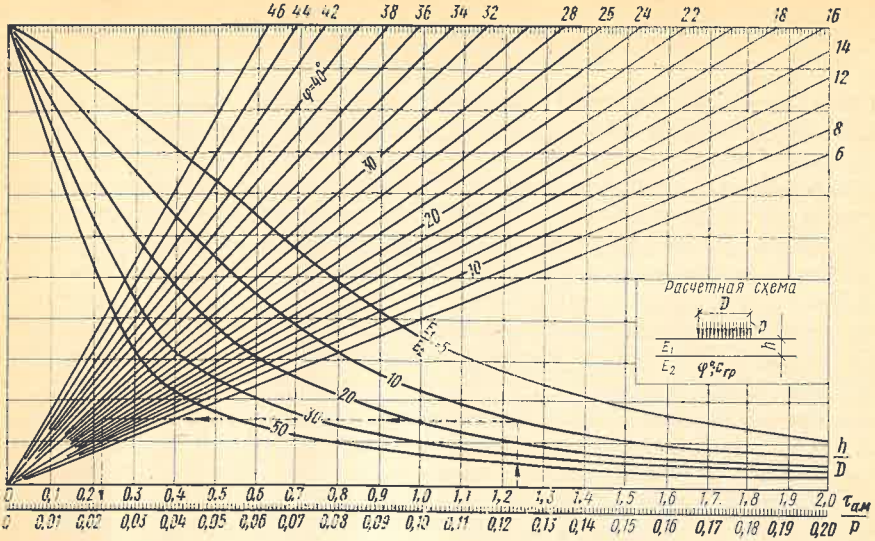


Рис. 61. Номограмма для определения активных напряжений сдвига от временной нагрузки $\tau_{а.м}$ в нижнем слое двухслойной системы при совместной работе слоев

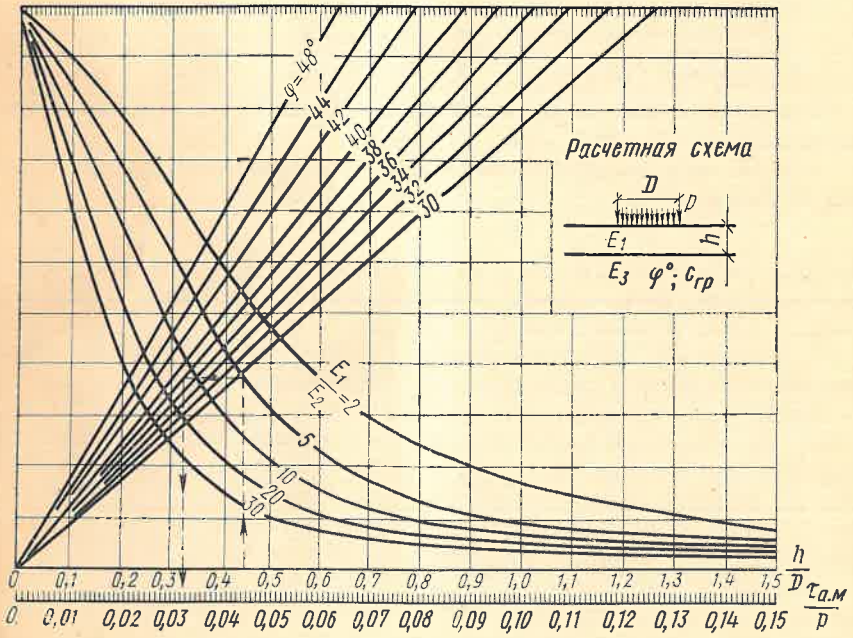


Рис. 62. Номограмма для определения активных напряжений сдвига от временной нагрузки $\tau_{а.м}$ в нижнем слое двухслойной системы при свободном смещении слоев на контакте

3. Если рассчитанное активное напряжение сдвига превышает допускаемое, следует увеличить толщину отдельных конструктивных слоев или материалы слоев заменить материалами с более высоким модулем упругости.

Наряду с расчетом одежды по сдвигу в подстилающем грунте производят аналогичный расчет и конструктивных слоев из слабосвязных материалов — гравийных, песчаных и подобных им, а также из материалов и грунта, укрепленных жидкими вяжущими.

Если полученное расчетом напряжение сдвига больше допускаемого, нужно увеличить толщину вышележащих слоев h, применить более жесткие материалы (повысить $E_{ср}$) или в рассчитываемом конструктивном слое использовать более прочные материалы (с более высокими значениями φ и c).

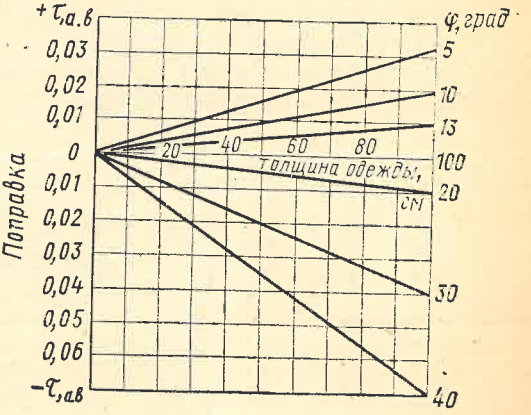


Рис. 63. Номограмма для определения активных напряжений сдвига от собственной массы одежды $\tau_{а.в}$

Когда рассчитанное напряжение значительно ниже допускаемого, т. е. прочностные свойства материала рассчитываемого слоя недоиспользуются, следует оценить целесообразность внесения в проектируемую конструкцию изменений, чтобы снизить стоимость одежды (за счет использования менее прочных материалов, утолщение рассчитываемого слоя с одновременным уменьшением толщины вышележащих слоев из более дорогих материалов и т. д.).

Расчет монолитных слоев дорожной одежды на растяжение при изгибе. Возникающие при прогибе одежды под действием повторных временных нагрузок напряжения не должны вызывать нарушения структуры материала и приводить к образованию трещин.

Условие прочности дорожной одежды в этом случае выражается неравенством

$$\sigma_r \leqslant R_и,$$

где σ_r — наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое путем расчета; $R_и$ — предельное допустимое растягивающее напряжение материала слоя.

Величина $R_и$ зависит от физико-механических свойств материала, режима нагружения (повторяемость, скорость роста напряжений и др.), температуры в расчетный период, а для материалов, укрепленных неорганическими вяжущими,— от влажности.

Расчет монолитных покрытий на растяжение при изгибе осуществляют с помощью номограммы рис. 64. Номограмма связывает относительную толщину покрытия h_1/D (горизонтальная ось) и отношение модуля упругости материала покрытия к общему модулю на поверхности основания $E_1/E_{общ.осн}$ (кривые на номограмме) с величиной максимального растягивающего напряжения при изгибе в материале покрытия $\bar{\sigma}_r$ от местной нагрузки (вертикальная ось).

Расчет ведут в такой последовательности:

а) находят общий модуль упругости на поверхности основания $E_{общ.осн}$; вычисления ведут по номограмме (см. рис. 59) путем последовательного приведения слоев;

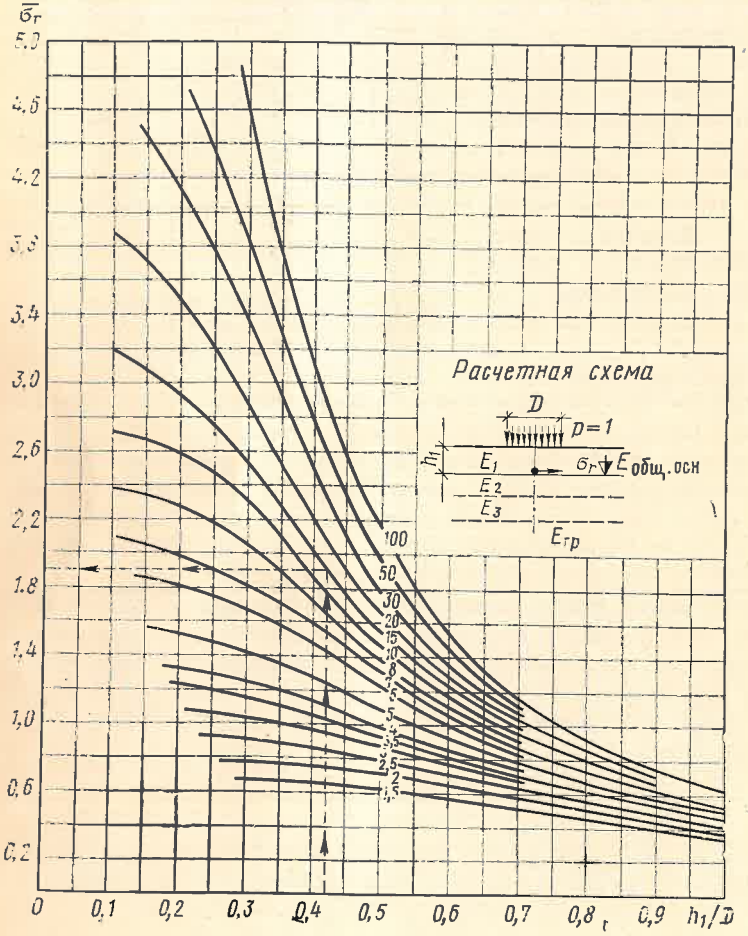


Рис. 64. Номограмма для определения растягивающих напряжений при изгибе σ_r от единичной нагрузки в верхнем монолитном слое (цифры на кривых означают отношение $E_1/E_{общ.осн}$)

б) по номограмме рис. 64 для известных h_1/D и $E_1/E_{\text{общ.осн}}$ находят на вертикальной оси максимальное удельное растягивающее напряжение $\bar{\sigma}_r$: полное растягивающее напряжение в верхнем слое определяют из выражения

$$\sigma_r = 1{,}15 p \bar{\sigma}_r,$$

где 1,15 — коэффициент динамичности; p — расчетное удельное давление на покрытие, кг/см² (МПа);

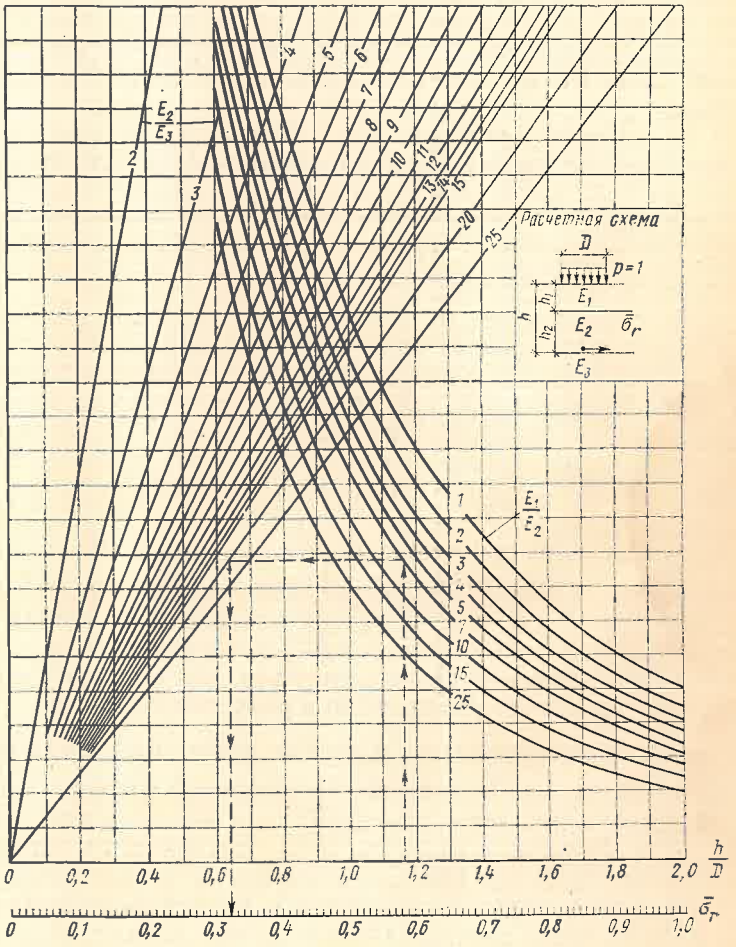


Рис. 65. Номограмма для определения растягивающих напряжений при изгибе σ_r от единичной нагрузки в промежуточном монолитном слое (цифры на кривых означают отношение E_1/E_2, а на лучах E_2/E_3)

в) величину σ_r сопоставляют с допускаемым растягивающим напряжением в однослойном или нижнем слое двухслойного покрытия $R_и$ при соответствующей расчетной температуре и перспективной интенсивности движения (см. табл. 30).

При $\sigma_r \leqslant R_и$ обеспечивается нормальная работа покрытия, если $\sigma_r > R_и$, необходимо усилить одежду. Это можно сделать, увеличив толщину покрытия h_1 или повысив жесткость основания $E_{общ.осн}$.

Если покрытие дорожной одежды состоит из двухслойного асфальтобетона, то рассчитывают на растяжение при изгибе только нижний слой, приводя двухслойное покрытие к одному слою. При расчете на растяжение при изгибе монолитных промежуточных слоев одежды многослойную конструкцию предварительно приводят к трехслойной, где средним является рассчитываемый монолитный слой. Расчет ведут по номограмме рис. 65 в следующем порядке:

а) по формуле вычисляют средний модуль упругости конструктивных слоев, лежащих выше рассчитываемого монолитного слоя (на схеме E_1). Слои, подстилающие монолитный слой, приводят к эквивалентному по жесткости и однородному полупространству с модулем упругости E_3 путем последовательного вычисления общих модулей каждой пары смежных слоев;

б) по номограмме находят растягивающее напряжение $\bar{\sigma}_r$ в рассчитываемом слое от единичной нагрузки на поверхности покрытия. Для этого из точки на верхней горизонтальной оси, соответствующей отношению h/D, проводят вертикаль до кривой с известным отношением E_1/E_2; из точки пересечения ведут горизонтальную прямую до луча, соответствующего отношению E_2/E_3, откуда опускают вертикаль на нижнюю горизонтальную ось, где находят значение $\bar{\sigma}_r$.

Расчетную величину растягивающих напряжений в монолитном слое находят из выражения $\sigma_r = 1{,}15\, p\bar{\sigma}_r$, где p — расчетная удельная нагрузка. Если $\sigma_r < R_и$, обеспечивается нормальная работа рассчитываемого слоя. Когда $\sigma_r > R_и$, одежду следует усилить или устроить монолитный слой из материала, обладающего более высоким сопротивлением растяжению в расчетный период.

§ 18. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Общие расчетные положения. Инженерный расчет жестких покрытий и оснований городских дорог дает возможность правильно оценить прочность, выносливость, трещиностойкость и устойчивость дорожной конструкции под статическими и подвижными нагрузками при температурных изменениях и других воздействиях. Расчет и рациональное конструирование имеют важное значение при устранении излишних запасов прочности в тех частях конструкции, где они имеются, и, наоборот, создание необходимой прочности там, где она недостаточна.

В соответствии со СНиП II-21—75 «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования» конструкции, выполнен-

ные из цементобетона и железобетона должны удовлетворять требованиям расчета по несущей способности (предельные состояния первой группы) и по пригодности к нормальной эксплуатации (предельные состояния второй группы).

1. Расчет по предельным состояниям первой группы должен обеспечивать конструкцию от хрупкого, вязкого или иного характера разрушения (расчет по прочности с учетом в необходимых случаях прогиба конструкции перед разрушением); усталостного разрушения (расчет на выносливость конструкций, находящихся под воздействием многократно повторяющейся нагрузки — подвижной или пульсирующей); разрушения под совместным воздействием силовых факторов и неблагоприятных влияний внешней среды (периодического или постоянного воздействия агрессивной среды, действия попеременного замораживания и оттаивания и т. п.).

2. Расчет по предельным состояниям второй группы должен обеспечить конструкцию от образования трещин, а также их чрезмерного или длительного раскрытия (если по условиям эксплуатации образование или длительное раскрытие трещин недопустимо); чрезмерных перемещений (прогибов, углов поворота, углов перекоса и колебаний).

Жесткие дорожные покрытия могут стать непригодными для эксплуатации в результате исчерпания несущей способности по прочности и выносливости (предельное состояние первой группы); чрезмерных деформаций, затрудняющих нормальную эксплуатацию, и появления трещин, недопустимых по ширине раскрытия (предельное состояние второй группы).

Расчет плит покрытий по прочности дает возможность определить сечение, а в железобетонных конструкциях назначить и расположить рабочую арматуру по зонам. Учитывая воздействие многократно повторяющейся нагрузки, плиты покрытий рассчитывают также и на выносливость.

Расчет по деформациям можно производить как от нормативной нагрузки, так и от предварительного обжатия бетона (в предварительно напряженных конструкциях). Общие деформации дорожных плит зависят не только от жесткости самой конструкции, но и от деформативных свойств основания. Напряжения от нормативных нагрузок в основании не должны превышать расчетного сопротивления материала основания.

Расчет на трещиностойкость напряженных конструкций позволяет назначить такие их параметры, при которых образование трещин в процессе эксплуатации будет исключено.

Важнейшими факторами, от которых зависит наступление предельных состояний дорожных конструкций, являются величина внешней нагрузки, физико-механические свойства материалов дорожной одежды, условия работы и изготовления основания и покрытия (надежность основания, обеспеченность водоотвода, климатические характеристики местности, изготовление конструкции на полотне дороги или в заводских условиях). Расчет по предельным состояниям конструкции в целом, а также отдельных ее эле-

ментов должен, как правило, производиться для всех стадий: изготовления, транспортирования, возведения и эксплуатации, при этом расчетные схемы должны отвечать принятым конструктивным решениям.

В соответствии с методом расчетных предельных состояний при расчете покрытий на прочность, устойчивость и трещиностойкость вводят расчетный коэффициент перегрузки, учитывающий возможное увеличение нагрузки при проходе перегруженного автомобиля, автобуса или троллейбуса, и коэффициент условий работы бетона и арматуры (в армированных покрытиях), учитывающий особенности свойств материалов и возможность ухудшения работы конструкции по сравнению с расчетными.

Для расчета по предельным состояниям используют зависимость

$$nN^{н} \leqslant f(m, R^{н}, S)$$

или

$$\sum M^{н} \leqslant \frac{m}{n} \sigma^{н} W,$$

где n — коэффициент перегрузки; $N^{н}$, $M^{н}$ — усилие или изгибающий момент от нормативных нагрузок; f — функция, соответствующая характеру усилий (изгибу, растяжению); m — коэффициент условий работы конструкции; $R^{н}$, $\sigma^{н}$ — нормативный предел прочности материалов; S, W — геометрические характеристики сечения расчетного элемента.

Смысл этой зависимости заключается в том, чтобы максимально возможное (с учетом перегрузки) усилие в элементе было не больше его минимальной несущей способности (с учетом возможного изменения прочности материалов).

Величины расчетных сопротивлений бетона и арматуры можно получить умножением нормативных сопротивлений этих материалов на соответствующие коэффициенты условий работы. Они характеризуют возможные пределы прочности материала (бетона или арматуры) в условиях работы жесткого дорожного покрытия.

Нормативные нагрузки $N^{н}$ для расчета жестких покрытий всех типов на проезжих частях магистральных улиц и на скоростных дорогах в соответствии со СНиП II-60—75 принимают по схеме $H=30$. В необходимых случаях следует проверить возможность пропуска трайлеров и автопоездов с весовыми параметрами согласно ГОСТ 9314—59 «Автомобили и автопоезда. Весовые параметры и габариты».

Нормативная автомобильная нагрузка $H=30$ характеризуется следующими основными показателями:

Масса нагруженного автомобиля, т	30
Нагрузка на заднюю ось, тс (×10 кН)	12
Количество задних осей, шт.	2
Расстояние между задними осями, м	1,6
Ширина колеи задней оси, м	1,9
Ширина заднего ската, м	0,6
Длина соприкасания ската с покрытием по направлению движения, м	0,2
Внутреннее давление в шине колеса, кгс/см² (×10^{-1} МПа)	6,5

Расчетной нагрузкой N при расчете покрытий называют произведение нормативной нагрузки на коэффициент перегрузки, т. е.

$$N = N^{н} n,$$

где n — коэффициент перегрузки, принимаемый равным 1, так как покрытия рассчитывают обычно на полную массу нормативного автомобиля.

Одновременно учитывают динамический эффект воздействия траспорта на покрытие, характеризуемый коэффициентом динамичности. Максимальные коэффициенты динамичности имеются на тех участках покрытий, где скорость движения транспорта относительно невелика (перекрестки, места остановок транспорта и т. д.). При увеличении скорости движения автомобилей динамический эффект уменьшается, что связано с проявлением упруговязких свойств грунта при деформации покрытий. При этом следует иметь в виду, что динамическое воздействие автомобильной нагрузки не одинаково для различных частей плиты. Наибольших значений оно достигает при наезде колеса на шов покрытия. Величину коэффициента динамичности $k_{д}$ обычно принимают равной 1,2.

Динамическое воздействие транспорта учитывают независимо от коэффициента перегрузки, вследствие чего полная расчетная нагрузка будет равна

$$N = N^{н} n k_{д}.$$

При расчете сборных конструкций на воздействие усилий, возникающих при их подъеме, перевозке и монтаже, нагрузку от собственной массы элемента нужно вводить в расчет с коэффициентом динамичности, равным 1,8 при транспортировании и 1,5 — при подъеме и монтаже.

Коэффициент условий работы учитывает усталость бетона, концентрацию напряжений в элементах конструкций, явление релаксации, процесс накапливания остаточных деформаций в основании покрытий и нарастание прочности бетона во времени. Коэффициент условий работы конструкции в целом m, бетона $m_{б}$, и арматуры $m_{а}$ устанавливают на основании статистической обработки опытных данных. Для проектирования жестких дорожных одежд расчетные коэффициенты условий работы можно принять равными:

Для цементно-бетонных покрытий	0,8
Для предварительно напряженных железобетонных монолитных покрытий в сечениях, армированных:	
струнами	0,9
пучками	1,0
Для сборных предварительно напряженных покрытий в сечениях, армированных:	
струнами	1,0
стержнями	1,1
Для железобетонных покрытий	1,0

При расчете жестких дорожных одежд следует учитывать временную расчетную нагрузку, вызывающую изгиб плит, растягиваю-

щие напряжения, появляющиеся при понижении температуры, коробление от изменения температуры между верхом и низом плиты. Кроме того, нужно принимать во внимание возможную неоднородность основания и морозное пучение грунта, отклонение толщины плиты от проектной и др.

В общем случае покрытия рассматривают как состоящие из плит, жесткость которых в продольном и поперечном направлениях различна. Таким свойством обладают монолитные и сборные предварительно напряженные покрытия, имеющие различное предварительное напряжение в продольном и поперечном направлениях или имеющие только одноосное предварительное обжатие. Предварительно напряженные покрытия с симметричным обжатием, железобетонные покрытия с симметричным армированием и обычные бетонные покрытия имеют одинаковую жесткость в продольном и поперечном направлениях.

Большие линейные размеры плит, применяемых в городском дорожном строительстве, дают возможность рассчитывать их при центральной нагрузке как плиты неограниченных размеров, что значительно облегчает технику вычисления изгибающих моментов и прогибов в этих плитах.

Таким образом, для расчета жестких покрытий на прочность и трещиностойкость необходимы следующие расчетные данные: схема расчетной нагрузки $H=30$; расчетные характеристики основания; расчетное сопротивление и модуль упругости бетона и арматурной стали (последние для железобетонных покрытий); значения расчетных коэффициентов перегрузки, динамичности, условий работы и конструктивные решения швов и стыковых соединений, а также методы сопряжения покрытия с другими элементами улицы.

Расчетные характеристики материалов. В соответствии с ГОСТ 8424—72 «Бетон дорожный» установлены следующие значения марок бетона, применяемых в дорожном и аэродромном строительстве: а) по пределу прочности при изгибе: 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20 и 15; б) по пределу прочности при сжатии: 500, 400, 350, 300, 250, 200, 150, 100 и 75.

При расчете цементно-бетонных покрытий расчетные сопротивления бетона на растяжение при изгибе назначают по этим маркам с учетом коэффициентов условий работы.

Расчетные сопротивления бетона при расчете железобетонных покрытий на прочность, а также по образованию или раскрытию трещин имеют значения, приведенные в табл. 33.

Марку бетона по прочности на растяжение, при изгибе и на осевое растяжение определяют на образцах, форма, размеры и методы испытаний которых должны соответствовать ГОСТ 10180—74 «Бетон тяжелый. Методы определения прочности».

Предварительно напряженные конструкции должны быть рассчитаны на выносливость вычислением напряжений в бетоне сжатой и растянутой зон, которые не должны превышать расчетных сопротивлений бетона на выносливость. Расчетные сопротивления

Таблица 33

Вид напряженного состояния	Расчетные сопротивления, кгс/см², при марке бетона по прочности на сжатие			
	300	350	400	500
Сжатие осевое (призменная прочность) $R_{пр}$	135	155	175	215
Сжатие при изгибе $R_и$	160	185	210	250
Растяжение $R_р$	10	11	12	13,5
Растяжение при расчете по образованию трещин $R_{рII}$	14,5	16,0	17,5	19,5

бетона при расчете железобетонных покрытий на выносливость, а также на образование трещин при многократно повторяющейся нагрузке ($R'_{пр}$, $R'_и$, $R_{рII}$) вычисляют умножением соответствующих расчетных сопротивлений бетона $R_{пр}$, $R_и$, $R_{рII}$, определяемых по табл. 33, на коэффициент условий работы бетона $m_{б2}$, принимаемый по данным, приведенным ниже, в зависимости от характеристики цикла напряжений в бетоне:

$$\rho_б = \sigma_{б\,min}/\sigma_{б\,max},$$

где $\sigma_{б\,min}$ и $\sigma_{б\,max}$ — соответственно наименьшее и наибольшее значения напряжений в бетоне от нормативных нагрузок, в пределах цикла их изменений.

$\rho_б$	0—0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	⩾0,7
$m_{б2}$	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1

За расчетный модуль упругости бетона $E_б$ при сжатии и растяжении строительными нормами рекомендовано принимать начальный модуль упругости бетона:

Марка бетона	М300	М450	М400	М500
Начальный модуль упругости, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа)	290 000	310 000	330 000	360 000

Проектные марки бетона для железобетонных конструкций следует назначать в зависимости от категории улицы, климатических условий и типа применяемой арматуры. При этом необходимо учитывать, что конструкции находятся под воздействием многократно повторяющейся подвижной нагрузки.

Для армирования железобетонных конструкций должна применяться арматура, отвечающая требованиям соответствующих государственных стандартов или утвержденных в установленном порядке технических условий, следующих видов:

1. Стержневая арматура: а) горячекатаная — гладкая класса А-I, периодического профиля классов А-II, А-III, А-IV, А-V; б) термически упрочненная — периодического профиля классов Ат-IV, Ат-V, Ат-VI. 2. Проволочная арматура: а) холоднотянутая прово-

лока: обыкновенная — гладкая класса В-I, периодического профиля класса Вр-I; высокопрочная — гладкая класса В-II, периодического профиля класса Вр-II; б) арматурные канаты — спиральные семипроволочные класса К-7.

В качестве ненапрягаемой арматуры железобетонных конструкций следует преимущественно применять горячекатаную арматурную сталь класса А-III; обыкновенную арматурную проволоку диаметром 3—5 мм классов Вр-I и В-I (в сварных сетках и каркасах). Допускается также применять горячекатаную арматурную сталь классов А-II и А-I в основном для поперечной арматуры линейных элементов, для конструктивной и монтажной арматуры, а также в качестве продольной рабочей арматуры в случаях, когда использование других видов ненапрягаемой арматуры нецелесообразно или не допускается.

В качестве напрягаемой арматуры предварительно напряженных железобетонных элементов и конструкций при длине до 12 м включительно следует преимущественно применять термически упрочненную арматурную сталь классов Ат-VI и Ат-V. Допускается также применять высокопрочную арматурную проволоку классов В-II, Вр-II и арматурные канаты класса К-7; горячекатаную арматурную сталь классов А-V, А-IV и термически упрочненную сталь класса Ат-IV.

При длине элементов свыше 12 м следует преимущественно применять высокопрочную арматурную проволоку классов В-II, Вр-II и арматурные канаты класса К-7; горячекатаную арматурную сталь класса А-V. Допускается также применять горячекатаную арматурную сталь класса А-IV.

Для монтажных (подъемных) петель элементов сборных железобетонных и бетонных конструкций должна применяться горячекатаная арматурная сталь классов А-II и А-I.

Таблица 34

Стержневая арматура класса	Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа)			Стержневая арматура класса	Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа)		
	растяжению		сжатию $R_{а.с}$		растяжению		сжатию $R_{а.с}$
	продольной, поперечной и отогнутой при расчете наклонных сечений на действие изгибающего момента $R_а$	поперечной и отогнутой при расчете наклонных сечений на действие поперечной силы $R_{ах}$			продольной, поперечной и отогнутой при расчете наклонных сечений на действие изгибающего момента $R_а$	поперечной и отогнутой при расчете наклонных сечений на действие поперечной силы $R_{ах}$	
А-I	2100	1700	2100	Ат-VI	6400	5100	4000
А-II	2700	2150	2700	Ат-IV	5000	4000	4000
А-III	3400	2700	3400	А-V	6400	5100	4000
А-IV	5000	4000	4000	Ат-V	8000	6400	4000

Таблица 35

Проволочная арматура класса	Диаметр, мм	Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа)		
		растяжению		сжатию $R_{а.с}$
		продольной, поперечной и отогнутой при расчете наклонных сечений на действие изгибающего момента $R_а$	поперечной и отогнутой при расчете наклонных сечений на действие поперечной силы $R_{ах}$	
В-I	3—5	3 150	2200	3150
Вр-I	3—4	3 500	2600	3500
	5	3 400	2500	3400
В-II	3	12 300	9800	4000
	4	11 600	9300	4000
	5	11 000	8800	4000
	6	10 300	8300	4000
	7	9 700	7700	4000
	8	9 000	7200	4000
Вр-II	3	11 600	9300	4000
	4	11 000	8800	4000
	5	10 300	8300	4000
	6	9 700	7700	4000
	7	9 000	7200	4000
	8	8 400	6700	4000
К-7	4,5	12 300	9800	4000
	6	11 900	9500	4000
	7,5	11 600	9300	4000
	9	11 300	9000	4000
	12	11 000	8800	4000
	15	10 600	8500	4000

В табл. 34 и 35 приведены значения расчетных сопротивлений соответственно для стержневой и проволочной арматуры при расчете железобетонных конструкций по предельному состоянию первой группы.

Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы снижаются (или повышаются) путем умножения на соответствующие коэффициенты условий работы $m_а$, учитывающие возможность неполного использования прочностных характеристик арматуры в связи с неравномерным распределением напряжений в сечении, низкой прочностью бетона, условиями анкеровки, характером диаграммы растяжения стали, изменением ее свойств в зависимости от условий работы конструкции и т. п.

Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний второй группы $R_{ап}$ вводят в расчет с коэффициентом условий работы $m_а = 1$.

В соответствии с методом предельных состояний при расчете предварительно напряженных железобетонных дорожных плит следует проверять выносливость конструкций. Расчетные сопротивления растянутой арматуры при расчете железобетонных конструкций на выносливость R_a' определяют умножением расчетного сопротивления растянутой арматуры на коэффициент условий работы арматуры m_{a1}, принимаемый в зависимости от характеристики цикла напряжений в арматуре (табл. 36):

$$\rho_a = \sigma_{a\,min}/\sigma_{a\,max},$$

где $\sigma_{a\,min}$ и $\sigma_{a\,max}$ — соответственно наименьшее и наибольшее значения напряжений в растянутой арматуре в пределах цикла изменения нагрузки.

Таблица 36

Класс арматуры	Коэффициенты условий работы арматуры m_{a1} при многократном повторении нагрузки и коэффициенте асимметрии цикла ρ_a, равном								
	—1	—0,2	0	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1
A-I	0,45	0,70	0,80	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1
A-II	0,45	0,55	0,60	0,65	0,75	1,00	1,00	1,00	1
A-II марки 10ГТ с улучшенным профилем	—	—	0,80	0,85	0,95	1,00	1,00	1,00	1
A-III	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,90	1,00	1,00	1
A-IV	—	—	—	—	0,40	0,75	0,95	1,00	1
A-V	—	—	—	—	0,30	0,60	0,75	0,95	1
Bp-II	—	—	—	—	—	0,70	0,85	0,95	1
B-II	—	—	—	—	—	0,80	1,00	1,00	1
K-7 диаметром 4,5—9 мм	—	—	—	—	—	0,80	0,95	1,00	1
» » 12—15 »	—	—	—	—	—	0,65	0,80	1,00	1
B-I и Bp-I	—	—	0,60	0,75	0,90	1,00	1,00	1,00	1

Значения модуля упругости арматуры E_a принимают по табл. 37.

Таблица 37

Класс арматуры	Модуль упругости арматуры E_a, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа)	Класс арматуры	Модуль упругости арматуры E_a, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа)
A-I, A-II	2 100 000	B-I, B-II, Bp-II	2 000 000
A-III, A-IV	2 000 000	K-7	1 800 000
A-V, Ат-IV, Ат-V, Ат-VI	1 900 000	Bp-I	1 700 000

Определение внутренних усилий в плитах. В соответствии с механическими моделями грунтовых оснований существует несколько практических методов расчета дорожных плит, нашедших примене-

ние в практике проектирования улиц, автомобильных дорог и аэродромов.

Предусматриваемая в различных моделях линейная зависимость между напряжениями и деформациями в грунтах соответствует работе жестких покрытий, имеющих малый диапазон изменения прогибов под воздействием нагрузки.

Величину изгибающих моментов прогибов и поперечных сил в покрытиях городских дорог определяют различными методами в зависимости от конструкции, размеров плит и способа соединения плит между собой.

Изотропные бетонные и железобетонные покрытия рассчитывают обычно по методике, рассматривающей грунтовое основание как линейно-деформируемое полупространство с использованием расчетных формул и таблиц М. И. Горбунова-Посадова.

В зависимости от жесткости плиты разделяются на три категории: абсолютно жесткие, конечные в плане и по жесткости, бесконечные в плане. Каждая категория плит характеризуется диапазоном значений величины

$$S = 3\left(\frac{1-\mu^2}{1-\mu_0^2}\cdot\frac{E_0 D^3}{8E_б h^3}\right),$$

где μ — коэффициент Пуассона для плит; μ_0 — коэффициент Пуассона для основания; E_0 — модуль деформации грунта; D — ширина плиты; $E_б$ — модуль упругости бетона; h — толщина плиты.

Плиты считают абсолютно жесткими, если $S \leqslant 0{,}5$, конечными в плане и по жесткости при $0{,}5 < S < 10$, плиты бесконечные в плане, если $S \geqslant 10$.

Современные монолитные цементно-бетонные покрытия городских улиц и дорог, сооружаемые, как правило, из прямоугольных плит, ширину которых принимают равной ширине полосы движения, а длину определяют расчетом на усилия, возникающие при изменении температуры, относятся к третьей категории плит. При этом в связи с наличием двух задних осей у автомобиля расчет производят на действие каждого колеса в отдельности с последующим суммированием в расчетном сечении полученных усилий, руководствуясь принципом независимости действия сил. За расчетное принимают сечение под центром отпечатка колеса задней оси автомобиля.

Расчетные изгибающие моменты вычисляют при наиневыгоднейших расположениях нагрузки умножением центрального момента на соответствующие переходные коэффициенты, представляющие собой отношения расчетных изгибающих моментов в рассматриваемых точках к максимальному изгибающему моменту в центре плиты. Переходные коэффициенты вычисляют в зависимости от величины упругой характеристики и условий закрепления краев плит. Применительно к расчетной нагрузке $H = 30$ максимальное значение изгибающего момента в плите покрытия при ее центральном загружении определяют как сумму изгибающих моментов,

создаваемых четырьмя колесами задних осей автомобиля (рис. 66). Расчетная нагрузка на каждое спаренное колесо будет равна

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{P_0}{2} k_д n,$$

где P_0 — нормативная нагрузка на заднюю ось автомобиля. Изгибающий момент в покрытии от одиночной центрально расположенной нагрузки равен

$$M_x = M_y = P_1 (0{,}0592 - 0{,}0298 \ln \lambda),$$

где

$$\lambda = r/L,$$

r — радиус круга, равновеликого следу колеса; L — упругая характеристика плиты, вычисляемая по формуле

$$L = h^3 \sqrt{\frac{E_б (1 - \mu_0^2)}{6 E_0 (1 - \mu_0^2)}}.$$

Величину радиуса приведенного круга отпечатка следа колеса определяют по формуле

$$r = \frac{P_0}{q\pi},$$

где q — внутреннее давление в шине колеса.

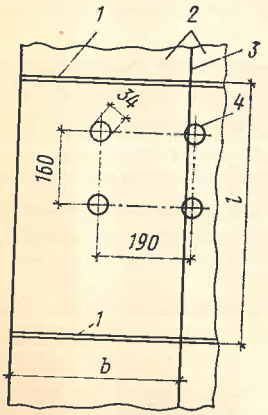


Рис. 66. Схема расположения колес расчетного автомобиля *H*-30 на покрытии:

1 — поперечный шов; *2* — плиты покрытия; *3* — продольный шов; *4* — отпечаток колеса

При этом влияние соседних колес на значение расчетного момента в центре плиты учитывается лишь в тех случаях, когда упругая характеристика плиты, зависящая от ее цилиндрической жесткости, меньше расстояний между осями более чем в 3 раза. В случае, если удаление всех трех колес P_2, P_3 и P_4 от колеса P_1 не превышает $3L$, при вычислении результирующего момента следует учесть влияние нагрузки от колес P_2, P_3 и P_4 (рис. 68). Таким образом, изгибающий момент в покрытии от нагрузки P_3 будет равен

$$M_{x1} = M_{y1} = P_1 (0{,}0592 - 0{,}0928 \ln \lambda).$$

Моменты от воздействия нагрузки P_2 в расчетном сечении

$$M_{x2} = P_2 \overline{M}_{x2}; \quad M_{y2} = P_2 \overline{M}_{y2},$$

где $\overline{M}_{x2}$ и $\overline{M}_{y2}$ — единичные моменты от колеса P_2, определенные по табл. 38 в зависимости от приведенных координат

$$\xi = x_2/L; \quad \eta = y_2/L,$$

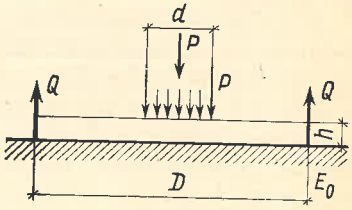


Рис. 67. Расчетная схема плиты

Таблица 38

η(ξ) \ ξ (η)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
0	—	0,129	0,068	0,036	0,016	0,004	—0,005	—0,011	—0,014	—0,015	—0,017	—0,016	—0,016	—0,015	—0,014	—0,013
0,2	0,195	0,133	0,072	0,039	0,018	0,005	—0,003	—0,010	—0,013	—0,014	—0,017	—0,016	—0,016	—0,015	—0,014	—0,013
0,4	0,132	0,1	0,071	0,042	0,021	0,006	—0,002	—0,008	—0,011	—0,013	—0,015	—0,015	—0,015	—0,014	—0,014	—0,013
0,6	0,097	0,087	0,063	0,042	0,023	0,009	—0,001	—0,006	—0,009	—0,012	—0,013	—0,015	—0,014	—0,014	—0,013	—0,012
0,8	0,074	0,068	0,054	0,039	0,023	0,011	0,002	—0,004	—0,007	—0,010	—0,012	—0,013	—0,013	—0,013	—0,012	—0,011
1	0,057	0,054	0,044	0,034	0,022	0,012	0,004	—0,001	—0,005	—0,009	—0,011	—0,012	—0,012	—0,012	—0,011	—0,010
1,2	0,045	0,042	0,037	0,028	0,020	0,011	0,006	—0	—0,004	—0,007	—0,009	—0,010	—0,010	—0,010	—0,010	—0,009
1,4	0,035	0,034	0,030	0,023	0,017	0,011	0,006	0,001	—0,003	—0,006	—0,007	—0,008	—0,009	—0,009	—0,009	—0,008
1,6	0,028	0,027	0,024	0,020	0,015	0,010	0,005	0,002	—0,002	—0,005	—0,006	—0,007	—0,009	—0,008	—0,008	—0,008
1,8	0,022	0,021	0,019	0,017	0,013	0,008	0,005	0,002	—0,001	—0,003	—0,004	—0,006	—0,007	—0,007	—0,007	—0,007
2	0,018	0,018	0,015	0,014	0,011	0,007	0,004	0,003	0	—0,002	—0,003	—0,004	—0,004	—0,006	—0,006	—0,006
2,2	0,014	0,014	0,012	0,011	0,009	0,006	0,004	0,003	0	—0,002	—0,003	—0,003	—0,004	—0,005	—0,005	—0,005
2,4	0,011	0,011	0,010	0,009	0,008	0,005	0,003	0,002	0	—0,001	—0,002	—0,003	—0,004	—0,004	—0,004	—0,004
2,6	0,009	0 009	0,009	0,008	0,007	0,005	0,003	0,002	0	0	—0,001	—0,002	—0,003	—0,003	—0,003	0
2,8	0,007	0 007	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,002	0,001	0	—0,001	—0,001	—0,003	—0,003	0	0
3	0,006	0,006	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0	0	—0,001	—0,003	0	0	0

где x_2 и y_2 — координаты точки приложения силы P_2, считая за начало координат рассматриваемое сечение.

Аналогичным способом вычисляют моменты в расчетном сечении от воздействия нагрузок P_3 и P_4, которые будут равны:

$$M_{x3}=P_3\overline{M}_{x3};\quad M_{y3}=P_3\overline{M}_{y3};$$

$$M_{x4}=P_4\overline{M}_{x4};\quad M_{y4}=P_4\overline{M}_{y4}.$$

Суммарный расчетный момент в середине плиты по оси ox равен

$$M_x=M_{x1}+M_{x2}+M_{x3}+M_{x4},$$

а по оси oy

$$M_y=M_{y1}+M_{y2}+M_{y3}+M_{y4}.$$

В качестве расчетного момента M_0 принимают большее абсолютное значение момента (M_x или M_y).

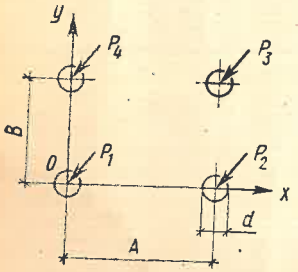


Рис. 68. Расчетная схема установки нагрузки

Расчетный изгибающий момент при расположении нагрузки на краевых или угловых участках плит будет равен

$$M_p=M_0K,$$

где K — коэффициент, учитывающий изменение момента при переходе колесной нагрузки от центра к краю или углу плиты и зависящий от величины упругой характеристики плиты и метода соединения плит.

Для определения изгибающих моментов и поперечных сил в сборных покрытиях, состоящих из шестиугольных и квадратных плит, также пользуются формулами М. И. Горбунова-Посадова.

Расчетная схема плиты показана на рис. 67. В центре плиты приложена временная нагрузка P, распределенная по площади круга диаметром D (при расчете квадратных плит диаметр плиты принимают равным стороне плиты, шестиугольных плит — сумме двух сторон). По периметру приложены поперечные силы Q, эквивалентные реакции соседних плит.

Изгибающий момент в абсолютно жестких плитах равен

$$M_p=\overline{M}_A\frac{D^2}{4}P.$$

Значение $\overline{M}_A$ принимают в этом случае в зависимости от отношения d/D по данным, приведенным ниже.

d/D	0,005	0,01	0,02	0,04	0,05	0,1	0,15
$\overline{M}_A$	0,571	0,507	0,443	0,378	0,358	0,293	0,255

Изгибающий момент в центре плиты конечной жесткости

$$\overline{M}_p = P(\overline{M}_B + \overline{M}_C).$$

Коэффициенты $\overline{M}_B$ и $\overline{M}_C$ определяют в зависимости от значения S и d/D:

S	—0,056	—0,066	—0,074	—0,086	—0,108
M_B	1	2	3	5	10
d/D	0,405	0,353	0,293	0,255	
M_C	0,03	0,05	0,1	0,15	

Изгибающий момент в центре плиты от влияния поперечной нагрузки по контуру Q определяют по формуле

$$M_Q = \overline{M}_Q Q \frac{D}{2},$$

где $\overline{M}_Q$ принимают в зависимости от S:

S	0,05	1	2	3	5	10
$\overline{M}_Q$	0,264	0,247	0,22	0,197	0,161	0,106

Поперечную нагрузку Q от влияния соседних плит (при шарнирном соединении) можно получить из уравнения

$$Q = \overline{Q} \frac{P}{L},$$

где

$$L = \frac{D}{2} \sqrt[3]{\frac{1}{2S}},$$

а коэффициент $\overline{Q}$, зависящий от $D/2L$,

$D/2L$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
$\overline{Q}$	1,582	0,779	0,506	0,367	0,224	0,15	0,105	0,074	0,053	0,038

Суммарный расчетный момент для центра плиты равен

$$M = M_P - M_Q.$$

Для расчета предварительно напряженных струнобетонных покрытий, а также сборных покрытий с напряженными стыками, когда расстояние между температурными швами составляет 100—120 м, целесообразно применять теоретические решения, найденные для бесконечной плиты на упругом основании, в работе О. Я. Шехтер. В этой работе даны выражения для изгибающих моментов на единицу ширины плиты по радиальному и тангенциальному направлениям при воздействии сосредоточенной силы и нагрузки, распределенной по кругу. Моменты равны:

а) от сосредоточенной нагрузки

$$M_{рад}=(A+\mu_б B)P,$$

$$M_{танг}=(B+\mu_б A)P;$$

б) от нагрузки, равномерно распределенной по кругу,

$$M_{рад}=M_{танг}=\frac{CP(1+\mu_б)}{2\pi aR}.$$

Осадка под нагрузкой

$$y=\frac{Pa(1-\mu_0^2)}{E_0},$$

где P — расчетная нагрузка; A, B — коэффициенты, зависящие от произведения aR (табл. 39); $\mu_б$ — коэффициент Пуассона для бетона; C — коэффициент, зависящий от произведения ar;

ar	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,6
C	0,091	0,147	0,220	0,275	0,313	0,352	0,367	0,365	0,353	0,309

r — расстояние от рассматриваемого сечения до точки приложения нагрузки; R — радиус круга, по которому распределена нагрузка; μ_0 — коэффициент Пуассона для основания; E_0 — модуль деформации грунта;

$$a=\frac{1}{h}\sqrt[3]{\frac{6E_0(1-\mu_б^2)}{E_б(1-\mu_0^2)}},$$

где $E_б$ — модуль упругости бетона; a — коэффициент, характеризующий соотношения модуля упругости бетона и модуля деформации подстилающего грунта.

Основы конструирования жестких покрытий. При расчете и конструировании жесткие покрытия городских улиц рассматривают в комплексе с основанием, подстилающими слоями и земляным полотном. Опыт конструирования, изготовления, строительства и эксплуатации дорожных покрытий из цементобетона, железобетона и из предварительно напряженного железобетона позволяет опреде-

Таблица 39

aR	A	B	aR	A	B
0,1	0,232	0,158	2,0	0,021	—0,20
0,2	0,173	0,099	2,2	0,017	—0,019
0,3	0,147	0,068	2,4	0,014	—0,018
0,4	0,124	0,047	2,6	0,012	—0,017
0,6	0,093	0,021	2,8	0,010	—0,016
0,8	0,073	0,004	3,0	0,008	—0,014
1,0	0,058	—0,006	3,2	0,007	—0,013
1,2	0,047	—0,013	3,4	0,006	—0,012
1,4	0,038	—0,017	3,6	0,005	—0,011
1,6	0,031	—0,019	3,8	0,004	—0,009
1,8	0,025	—0,019	4,0	0,003	—0,008

лить требования, которым должны отвечать современные конструкции. Конструкции жестких покрытий должны быть просты в изготовлении, полностью соответствовать перспективным условиям движения, способствовать благоустройству улиц, иметь высокие прочность и выносливость.

Строительные требования главным образом сводятся к индустриализации и комплексной механизации всех работ, проводимых на улице. В связи с этим особенно рационален переход на сборные и сборно-монолитные покрытия при совершенной заводской технологии их изготовления. Эксплуатационные требования исходят из необходимости увеличить срок службы покрытий, обеспечить высокое качество поверхности, предотвратить трещинообразование плит и разрушение стыков. Экономические требования предусматривают снижение стоимости эксплуатации городских дорог за счет повышения долговечности конструкций, упрощения технологии ремонтных и эксплуатационных работ, а также сокращения трудовых затрат в целом.

§ 19. РАСЧЕТ ЦЕМЕНТНО-БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Цементно-бетонные покрытия городских дорог рассчитывают в основном на прочность. Расчет по предельному состоянию второй группы (по развитию чрезмерных перемещений — прогибов) обычно не ведут, так как значительные прогибы в цементно-бетонных покрытиях не могут возникать без трещинообразования.

Исходя из основной зависимости, устанавливающей несущую способность конструкций по предельному состоянию первой группы применительно к условиям работы цементно-бетонных дорожных покрытий, расчетный изгибающий момент на единицу ширины (длины) плиты должен удовлетворять условию

$$M \leqslant m_б R^{н}_{р.и} \frac{h^2}{6},$$

где M — расчетный изгибающий момент в цементно-бетонной плите с учетом коэффициента перегрузки и коэффициента динамичности; $m_б$ — коэффициент условий работы бетона; $R^{н}_{р.и}$ — нормативное сопротивление бетона растяжению при изгибе; h — толщина плиты.

На основе этой формулы находят толщину цементно-бетонной плиты

$$h=\sqrt{\frac{6M}{m_б R^{н}_{р.и}}}.$$

В процессе расчета цементно-бетонных покрытий необходимо учитывать появление в плитах дополнительных напряжений, вызываемых изменением температуры. Температурные напряжения возникают от сопротивления перемещению плиты по основанию при изменении ее длины в результате нагревания или охлаждения. Кроме того, неравномерное изменение температуры по толщине плиты вызывает ее коробление, чему препятствует собственная масса плиты и воздействие соседних плит.

С целью снижения температурных напряжений в плите покрытия устраивают швы расширения и сжатия. Обычно при определении температурных напряжений полагают, что центральная часть плиты остается на месте, а края свободно перемещаются в стороны. Для перемещения необходимо преодолеть силы сцепления и трения плиты по основанию. Общее сопротивление сдвигу плиты равно

$$S=Blh\gamma f,$$

где B — полоса плиты, взятая для расчета; l — полудлина плиты между швами сжатия; h — толщина плиты; γ — объемная масса бетона; f — коэффициент трения и сцепления.

Растягивающее напряжение в плите от внецентренного приложения усилия при эксцентриситете $e\simeq h/2$ равно

$$\sigma_m=\frac{S}{bh}(1\pm 3).$$

При этом знак плюс соответствует нижним волокнам, а знак минус — верхним волокнам. При укорочении (охлажении) плиты в нижних волокнах возникает растяжение, а при удлинении (нагреве) — сжатие. Поскольку изгибающий момент от временной нагрузки вызывает растяжение в нижней зоне покрытия, наиболее опасными являются температурные напряжения при укорочении плиты, т. е.

$$\sigma_m=\frac{4S}{bh}.$$

Тогда наибольшее напряжение в плите от совпадения напряжений от подвижной нагрузки и изменения температуры будет равно

$$\sigma=\frac{6M}{m_б bh^2}+\sigma_m.$$

Оно не должно превышать расчетного сопротивления бетона растяжению при изгибе, однако расчет по указанным формулам является приближенным.

Теории и расчету цементно-бетонных покрытий на температурные воздействия посвящены исследования многих советских ученых (Б. С. Раев-Богословский, Л. И. Горецкий, А. И. Медников и др.).

Ширину швов расширения назначают из условия возможности расширения плит за счет разности температуры, которая была при укладке бетона, и максимально возможной:

$$b=\beta\alpha L T_{\text{р}},$$

где β — коэффициент, учитывающий сжимаемость прокладки в шве; α — коэффициент температурного расширения бетона ($\alpha=0{,}00001$); L — длина плиты между швами расширения; $T_{\text{р}}$ — расчетный перепад температур;

$$T_{\text{р}}=T_{\max}-T_{\text{н}}+T_{\text{с}}+T_{\text{у}},$$

где $T_{\max}$ — максимально возможная температура воздуха; $T_{\text{н}}$ — температура, при которой укладывается бетон; $T_{\text{с}}$ — максимально возможная температура бетона от нагрева солнцем; $T_{\text{у}}$ — температура, которой эквивалентна усадка бетона.

Для обеспечения совместной работы бетонных дорожных плит применяют штыревые соединения из круглой арматурной стали. С точки зрения расчетов прочности штыри, соединяющие две бетонные плиты, можно рассматривать как стержни, жестко закрепленные одним концом в бетон и скользящие другим в торце смежной плиты. Для анализа напряженного состояния штыря, окружающего его бетона и упругого основания необходимо располагать данными о целесообразном расстоянии между штырями и величине усилия, приходящегося на наиболее нагруженный штырь в зависимости от толщины плиты, прочности основания и бетона, а также жесткости самого штыря.

Вопросы расчета штырей в швах цементно-бетонных покрытий отражены в работах А. Н. Защепина, В. С. Орловского, М. С. Порожнякова и др.

Некоторую специфику представляет собой расчет цементно-бетонных предварительно напряженных покрытий. На временную нагрузку при расположении ее на краю и углу плиты такие покрытия рассчитывают по формулам для бесконечных плит на упругом основании с учетом особенностей температурного режима покрытия.

Расчет покрытий с внешним обжатием, на концах которых расположены мощные упоры, предотвращающие перемещение концов плит, основывается на следующих предпосылках. При нагреве или охлаждении бетонной плиты, могущей свободно перемещаться без трения, произойдет ее удлинение или укорочение. Величина удлинения или укорочения будет пропорциональна длине плиты и изменению ее температуры. Общее температурное удлинение будет равно

$$\Delta l=l\alpha t,$$

где l — длина плиты, м; α — коэффициент линейного расширения бетона; t — величина изменения температуры, °С.

Вместе с тем можно изменить длину плиты, приложив к ней силы, направленные вдоль продольной оси. В этом случае удлинение или укорочение, вызванное напряженным состоянием плиты, будет равно

$$\Delta l_1 = l\sigma/E_б,$$

где σ — напряжение в плите; $E_б$ — модуль упругости бетона.

Если изменение температуры t и изменение напряжений вызвали удлинение одинаковой величины, то справедливо равенство

$$\Delta l = \Delta l_1$$

и, следовательно,

$$l\alpha t = l\sigma/E_б,$$

откуда

$$\sigma = E_б \alpha t.$$

Это выражение не содержит в себе множителя, выражающего длину плиты. Произведение $E_б\alpha$ зависит только от вида и качества бетона. Следовательно, температурные напряжения в бетонной плите с опорами по концам не зависят от длины и поперечного сечения плиты, а обусловлены величиной изменения температуры и свойствами бетона.

Формула для расчета предварительного напряженного цементно-бетонного покрытия будет иметь вид

$$M \leqslant (R_{р.и} + \sigma_{пр}) W_0,$$

где $\sigma_{пр}$ — величина предварительного напряжения бетона.

Необходимое напряжение бетона $\sigma_{пр}$ в случае внешнего обжатия плиты можно определить по условию обеспечения трещиностойкости покрытия в зимнее время из следующей формулы:

$$R_{р.и} + \sigma_{пр} = E_б \alpha (t_{min} - t_{укл}),$$

откуда

$$\sigma_{пр} = E_б \alpha (t_{min} - t_{укл}) - R_{р.и},$$

где $t_{укл}$ — температура бетонной смеси при укладке; t_{min} — температура плиты при наименьшей температуре воздуха; $R_{р.и}$ — расчетное сопротивление бетона растяжению при изгибе.

Подставляя это значение в основную расчетную формулу, получим

$$M \leqslant E_б \alpha (t_{min} - t_{укл}) W_0.$$

При повышении температуры напряжения в плите можно проверить по формуле

$$\sigma_т = E_б \alpha (t_{max} - t_{укл}) + \sigma_{пр},$$

где t_{max} — температура плиты при наибольшей температуре воздуха. Вычисленное по этой формуле напряжение $\sigma_т$ не должно превышать расчетного сопротивления бетона сжатию.

Для предварительно напряженных цементно-бетонных покрытий весьма важное значение имеет продольная устойчивость плиты, зажатой между двумя неподвижными упорами.

Для бетонных покрытий неподвижного типа этот вопрос имеет решающее значение. В длинной плите, зажатой между двумя мощными неподвижными упорами, подверженной большим усилиям, связанным с температурными перепадами, возникают сжимающие напряжения до 150—200 кгс/см² (15—20 МПа).

Вопросы расчета продольной устойчивости освещены в работах Б. С. Раева-Богословского, И. А. Медникова, А. Н. Данника, Л. Б. Каменецкого и др. Указанные авторы предложили схемы и способы расчета продольной устойчивости, которые сводятся к определению величины продольной сжимающей силы, а следовательно, и толщины плиты и предварительного напряжения. Рассмотрим наиболее опасный случай потери устойчивости в средней части длины плиты, когда плита имеет выпуклость вверх. Силовые факторы, действующие на такую плиту, будут:

1) момент, обусловленный эксцентриситетом приложения продольной сжимающей силы,

$$M_э = P_{сж} e,$$

где e — эксцентриситет, который может возникнуть из-за плохой центровки домкратов, местных неровностей и других причин. Как показали опыты, величину эксцентриситета можно считать равной 1,25 см;

2) момент, обусловленный наличием кривизны покрытия,

$$M_к = P_{сж} \frac{l}{8R},$$

где l — длина плиты, м; R — кривизна покрытия, м. Этот момент можно не учитывать, так как по существующим нормам радиусы вертикальных кривых настолько велики на городских магистралях, что $M_к$ стремится к нулю;

3) момент, обусловленный наличием температурного градиента в покрытии,

$$M_т = \frac{h^2}{12} E_б \alpha t,$$

где α — коэффициент температурного расширения бетона; $E_б$ — модуль упругости бетона; t — температурный градиент;

4) момент от действия собственной массы при длинной плите, закрепленной с обоих концов,

$$M_q = ql^2/16,$$

где q — собственная масса плиты.

Следует указать, что плита всегда будет устойчива, пока она не оторвется от основания. Для удовлетворения этого достаточно, чтобы момент от действия всех сил, ведущих к потере устойчивости, равнялся моменту от действия собственной массы плиты, т. е.

$$M_э + M_к + M_т = M_q.$$

Длинные плиты не могут терять устойчивость, отрываясь от основания целиком.

Заключительным этапом в расчете безарматурно обжатого покрытия является расчет упоров. Этот расчет ведут на максимальное сдвигающее усилие, которое вычисляют по формуле

$$P_{сдв.\,max} = \sigma_{max} bL.$$

Для того чтобы максимально использовать массу и упругость грунта, применяют упоры в виде шпор или парусов, заглубленных в грунт и работающих на растяжение. Усилие, выдерживаемое упором без сдвига $P_у$, можно определить по формуле механики грунтов:

$$P_у = 0{,}5BHn \operatorname{tg}(45° + \varphi/2)\,[h_{прив}\gamma_б + \gamma_{гр}(H + h_{прив}\gamma_б/\gamma_{гр})],$$

где B — ширина призмы выпирания; H — заглубление шпор, считая от низа плиты упора; n — количество шпор; φ — угол внутреннего трения грунта; $h_{прив}$ — приведенная толщина упора; $\gamma_б$ — объемная масса бетона; $\gamma_{гр}$ — объемная масса грунта.

Расстояние между шпорами определяют, исходя из толщины грунта, вовлекаемого в работу одной шпорой:

$$l = H \operatorname{tg}(45° + \varphi/2).$$

Ширину шпор принимают из условия возможности механизации работ.

Расчет железобетонных покрытий. Расчет покрытий из ненапряженного железобетона также основан на теории расчета плит по методу предельных состояний. Расчет на прочность ведут от действия внешнего изгибающего момента.

В практике городского дорожного строительства обычно применяют железобетонные покрытия с одиночной арматурой. Для плит прямоугольного сечения с одиночной арматурой расчетные формулы прочности нормальных сечений имеют следующий вид (рис. 69):

$$F_б = bx; \quad z_б = h_0 - 0{,}5x; \quad S_б = F_б z_б = bx(h_0 - 0{,}5x);$$

$$S_0 = bh_0 \cdot 0{,}5h_0 = 0{,}5bh_0^2;$$

$$M \leqslant R_и bx(h_0 - 0{,}5x); \quad M \leqslant R_а F_а (h_0 - 0{,}5x);$$

$$R_и bx = R_а F_а,$$

откуда

$$x = \frac{R_а F_а}{R_и b}.$$

Граничным условием применимости этих формул является уравнение

$$x_{max} \leqslant \alpha_{max} h_0.$$

В целях упрощения расчетов по подбору размеров нормальных сечений изгибаемых элементов рекомендуется пользоваться коэффициентами r_0, γ_0 и A_0, вычисленными в зависимости от процента армирования

$$\mu = F_a/(bh_0) \quad \text{и} \quad \alpha_0 = x/h_0.$$

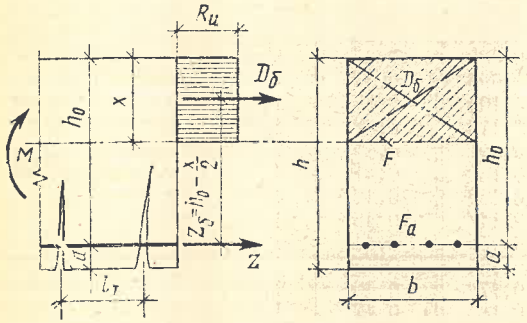


Рис. 69. Расчетная схема изгибаемого элемента прямоугольного сечения с одиночной арматурой

Коэффициент A_0 позволяет основное уравнение прочности записать в виде

$$M = A_0 b h_0^2 R_и;$$

$$A_0 = \frac{x}{h_0}\left(1 - 0{,}5\frac{x}{h_0}\right) = \alpha_0(1 - 0{,}5\alpha_0).$$

Расчеты еще более упростятся, если в уравнение прочности ввести коэффициент A:

$$A = A_0 R_и.$$

Тогда

$$M = A b h_0^2.$$

В этом случае коэффициенты A, γ и r вычисляют в зависимости от расчетного сопротивления бетона.

Сечение растянутой арматуры можно определить по формуле

$$F_a = a_0 b h_0 - R_и/R_a$$

или по проценту армирования

$$F_a = \beta \frac{b h_0}{100}.$$

В табл. 40 приведены коэффициенты для расчета изгибаемых элементов прямоугольного сечения с одиночной арматурой.

В последнее время в практике дорожного строительства находят применение армобетонные покрытия. Армобетонными назы-

Таблица 40

α_0	r_0	γ_0	A_0	α_0	r_0	γ_0	A_0
0,01	10	0,095	0,01	0,29	2,01	0,855	0,248
0,02	7,12	0,99	0,02	0,30	1,98	0,850	0,255
0,03	5,82	0,985	0,03	0,31	1,95	0,845	0,262
0,04	5,05	0,98	0,039	0,32	1,93	0,840	0,269
0,05	4,53	0,975	0,048	0,33	1,90	0,835	0,275
0,06	4,15	0,97	0,058	0,34	1,88	0,830	0,282
0,07	3,85	0,965	0,067	0,35	1,86	0,825	0,289
0,08	3,61	0,960	0,077	0,36	1,84	0,820	0,295
0,09	3,41	0,955	0,085	0,37	1,82	0,815	0,301
0,10	3,24	0,950	0,095	0,37	1,81	0,813	0,305
0,11	3,11	0,945	0,104	0,38	1,80	0,810	0,309
0,12	2,98	0,940	0,113	0,39	1,78	0,805	0,314
0,13	2,88	0,935	0,121	0,40	1,77	0,800	0,320
0,14	2,77	0,930	0,130	0,41	1,75	0,795	0,326
0,15	2,68	0,925	0,139	0,42	1,74	0,795	0,332
0,16	2,61	0,920	0,147	0,43	1,72	0,785	0,337
0,17	2,53	0,915	0,155	0,44	1,71	0,780	0,343
0,18	2,47	0,910	0,164	0,45	1,69	0,775	0,349
0,19	2,41	0,905	0,172	0,46	1,68	0,770	0,354
0,20	2,36	0,900	0,180	0,47	1,67	0,765	0,359
0,21	2,26	0,985	0,188	0,48	1,66	0,760	0,365
0,22	2,22	0,890	0,196	0,49	1,64	0,755	0,370
0,23	2,21	0,885	0,203	0,50	1,63	0,750	0,375
0,24	2,18	0,880	0,211	0,51	1,62	0,745	0,380
0,25	2,14	0,875	0,219	0,52	1,61	0,740	0,385
0,26	2,10	0,870	0,226	0,53	1,60	0,735	0,390
0,27	2,07	0,665	0,236	0,54	1,59	0,730	0,394
0,28	2,04	0,860	0,241	0,55	1,58	0,724	0,400

ваются покрытия, армированные небольшим количеством металла (не более 0,25% площади сечения бетона), повышающие сопротивляемость покрытия внешним силовым воздействием. Они характеризуются большой длиной плит, сокращением протяженности температурных швов по отношению к монолитным бетонным и меньшим процентом армирования по отношению к железобетонным покрытиям.

Методика расчета армобетонных плит большой длины разработана в Союздорнии. При расчете определяют количество арматуры в зависимости от толщины и длины плиты по формулам, отражающим работу покрытия в различных условиях, с учетом действия расчетной нагрузки, сил трения плиты по основанию и температурного коробления. При расчете учитывают некоторые особенности работы армобетонных покрытий.

Напряжения от нагрузки при одновременном действии температурного коробления возрастают на 20—30%. Если до приложения нагрузки напряжения возникают от коробления плиты и действия ее собственной массы, то после приложения нагрузки, уничтожающей коробление плиты, действие собственной массы заменя-

ется действием части вертикальной нагрузки. По мере раскрытия трещин происходит уменьшение изгибающего момента в месте трещины от нагрузки или температурного коробления и одновременно увеличение напряжения в арматуре, проходящей через трещину.

Имея в виду, что в период эксплуатации покрытия могут появиться случайные трещины, расчет производят из условия трещиноустойчивости и содержания трещин в сжатом состоянии. Кроме того, при расчете учитывают, что максимальные растягивающие напряжения от нагрузки в случае понижения температуры будут возникать в средней части плиты, а при повышении температуры — на ее торцах.

Расчет из условия содержания трещин в сжатом состоянии производят на начальный период службы плиты, когда регулярное движение еще не открыто и коэффициент трения плиты по основанию высок, и на период эксплуатации покрытия, когда коэффициент трения понижается. Для начального периода службы покрытия количество арматуры по площади его поперечного сечения в $см^2$ на 1 м ширины покрытия определяют по формуле

$$F_a = \frac{0{,}12Lf\dfrac{0{,}4P}{(3{,}5h+D)hf_б}}{R_a m_a/(bL)},$$

где f — коэффициент трения бетона по основанию после первоначального перемещения плиты; $0{,}4P$ — часть расчетной нагрузки, которая обычно передается через ложный шов, кг; $3{,}5h+D$ — длина трещины, через которую передается нагрузка $0{,}4P$; D — диаметр отпечатка следа колеса, см; $f_б$ — коэффициент трения бетона о бетон с учетом неровностей поверхности ($f_б=3$); R_a — расчетное напряжение в арматуре при максимально допустимом раскрытии трещины (не более 0,25 мм); m_a — коэффициент условия работы арматуры, учитывающий неоднородность в сцеплении бетона с арматурой ($m_a=0{,}9$); b — расчетная ширина сечения (100 см).

Расчетное напряжение в арматуре R_a зависит от вида стали, и его принимают в следующих пределах (табл. 41).

Таблица 41

Арматура	Диаметр, мм	R_a, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа)
Гладкая	До 12	2400
	» 14	1900
	» 16	1400
Периодического профиля	» 14	2500
	» 16	2300

Для обеспечения сжатого состояния трещин в период эксплуатации площадь арматуры $F_а$ назначается по следующим формулам:

$$F_а = \frac{M m_д k_р b}{(0{,}5h - 1 \pm e) R_а m_а} + \frac{0{,}16 L f' b h}{R_а m_а};$$

$$F_а = \frac{bh^2}{6} \frac{0{,}4 c E_б h k_t}{(0{,}5h - 1 \pm e) R_а m_а} + \frac{0{,}16 L f' b h}{R_а m_а},$$

где M — изгибающий момент в плите от нагрузки для центра и края плиты; $m_д$ — коэффициент динамичности; $k_р$ — коэффициент уменьшения изгибающего момента от нагрузки в зависимости от степени раскрытия трещины; e — эксцентриситет положения арматуры. Его вводят в формулы со знаком «+» в том случае, если арматура находится в растянутой зоне бетона, со знаком «—», если арматура находится в сжатой зоне бетона; f' — коэффициент трения плиты по основанию после открытия грузового движения; $0{,}4cE_б h$ — напряжения в бетоне верхней зоны от коробления; c — коэффициент линейного расширения бетона; $E_б$ — модуль упругости бетона; k_t — коэффициент уменьшения изгибающего момента от температурного коробления в зависимости от степени раскрытия трещины.

Количество арматуры в центральной части плиты по условию трещиноустойчивости рассчитывают по формулам:

$$F_а = \frac{\frac{6 M m_д}{bh^2} + 0{,}16 L f' - k_б R_{р.и}}{\frac{R_а m_а}{bh^2}(h + 6e)};$$

$$F_а = \frac{0{,}4 c E h + 0{,}16 L f' + \frac{0{,}13 M m_д}{bh^2} - k_б R_{р.и}}{\frac{R_а m_а}{bh^2}(h + 6e)},$$

где $k_б$ — коэффициент запаса прочности бетона с учетом усталости бетона от повторяющихся нагрузок; $R_{р.и}$ — прочность бетона на изгиб; $0{,}13M$ — часть изгибающего момента от нагрузки, действующего с обратным знаком на определенном расстоянии от точки нахождения колеса.

Расчет покрытий из предварительно напряженного железобетона. Расчет предварительно напряженных железобетонных плит покрытий по несущей способности производят на действие расчетного момента, определяемого по методике, изложенной в § 18. При этом должно быть соблюдено условие равновесия внешних и внутренних сил. Внешними силами являются в этом случае расчетный момент от временной нагрузки и усилия обжатия бетона, внутренними — усилия в бетоне и арматуре.

От степени натяжения арматуры во многом зависят прочность, выносливость и трещиностойкость предварительно напряженной

конструкции. При натяжении арматуры на затвердевший бетон величину контролируемого напряжения $\sigma_н$ определяют по формуле

$$\sigma_н = \sigma_0 - n\left(\frac{N_0}{F_п} + \frac{N_0 e_{0н} y_н}{I_и}\right),$$

где σ_0 — напряжение в арматуре до появления потерь; n — отношение модулей упругости стали и бетона; N_0 — равнодействующая усилий в напрягаемой арматуре до обжатия бетона; $e_{0н}$ — эксцентриситет равнодействующей N_0; $y_н$ — расстояние от центра тяжести арматуры до центра тяжести приведенного сечения бетона; $F_п$, $I_п$ — приведенные площадь и момент инерции сечения элемента с учетом всей продольной арматуры.

Предельную величину предварительного напряжения σ_0 в напрягаемой арматуре следует назначать с учетом допустимых отклонений p величины предварительного напряжения таким образом, чтобы выполнялись условия:

а) для стержневой арматуры

$$\sigma_0 + p \leqslant R_{aII} \quad \text{и} \quad \sigma_0 - p \geqslant 0{,}3R_{aII};$$

б) для проволочной арматуры

$$\sigma_0 + p \leqslant 0{,}8R_{aII} \quad \text{и} \quad \sigma_0 - p \geqslant 0{,}2R_{aII}.$$

Значение p при механическом способе натяжения арматуры принимается равным $0{,}05\sigma_0$, а при электрометрическом способе натяжения определяется по формуле

$$p = 300 + 3600/l,$$

где l — длина натягиваемого стержня (расстояние между наружными гранями упора), м.

В предварительно напряженных конструкциях происходят потери предварительного напряжения арматуры, которые следует учитывать при расчете. Потери происходят от релаксации напряжений стали, деформации анкеров, температурного перепада и деформации формы (при натяжении арматуры на форму), от усадки и ползучести бетона, а также от действия многократно повторяющейся нагрузки. В конструкциях с натяжением арматуры на затвердевший бетон необходимо, кроме того, учитывать потери напряжений в арматуре от трения арматуры о стенки каналов. Значения потерь предварительного напряжения арматуры определяют в соответствии с данными табл. 4 СниП II-21—75.

Наступление расчетного предельного состояния по прочности при изгибе плит прямоугольного сечения характеризуется неравенством

$$M \leqslant R_и b\left(h_0 - \frac{x}{2}\right) + R_{a.c} F'_a (h_0 - a'),$$

где M — расчетный момент; $R_и$ — расчетное сопротивление бетона сжатию при изгибе; F_a' — площадь поперечного сечения сжатой арматуры; $R_{a.c}$ — расчетное сопротивление сжатой арматуры.

Положение нейтральной оси в этом случае можно найти из условия равенства проекций усилий в бетоне и арматуре на ось плиты

$$R_a F_a - R_{a.c} F'_a = R_и b x.$$

Размеры сечения сжатой зоны бетона плиты для обеспечения прочности должны удовлетворять условиям: $x \leqslant 0{,}55 h_0$ и $x \geqslant 2a'$.

Расчет на выносливость под действием многократно повторяющейся нагрузки является обязательным для железобетонных плит дорожных покрытий. Во времени в предварительно напряженных конструкциях совершаются необратимые процессы изменения напряженного состояния, которые сопровождаются частичной потерей предварительного напряжения арматуры. Поэтому расчет на выносливость следует производить для последнего периода эксплуатации, когда предварительное напряжение имеет наименьшее значение.

Расчет на выносливость заключается в проверке установившихся напряжений в бетоне сжатой и растянутой зон и в напряженной арматуре после проявления всех потерь.

Установившееся напряжение в бетоне определяют по формуле

$$\sigma_б = \frac{N_0}{F_п} \pm \frac{N_0 e_{он}}{I_п} y,$$

а в арматуре

$$\sigma_н = \sigma_0 - n \left(\frac{N_0}{F_п} + \frac{N_0 e_{он}}{I_п} \right),$$

где y — расстояние от центра тяжести приведенного сечения до волокна, в котором определяют напряжение.

Установившиеся напряжения в бетоне и арматуре не должны превышать расчетных. Напряжения в бетоне и арматуре вычисляют при наименьшей и наибольшей нормативных нагрузках цикла.

В зависимости от величины характеристики цикла напряжений $\rho_б = \sigma_{б\,min}/\sigma_{б\,max}$ и $\rho_а = \sigma_{а\,min}/\sigma_{а\,max}$ устанавливают расчетные сопротивления арматуры.

Расчет плит на трещиностойкость ведут из предположения, что к моменту образования трещин в бетоне растянутой зоны происходит перераспределение напряженного состояния конструкции. При этом эпюра нормальных напряжений в растянутой зоне преобразуется в прямоугольную с интенсивностью напряжений $R_{рII}$. Эпюра нормальных напряжений в сжатой зоне треугольная и имеет такой наклон, что при продолжении в растянутую зону отсекает на крайнем растянутом волокне отрезок, равный $2R_{рII}$. В этом случае напряжение представляет расчетное сопротивление бетона растяжению, принимаемое при расчете на трещиностойкость. Условие гарантии от появления трещин в бетоне растянутой зоны можно выразить следующей формулой:

$$M_в^я \leqslant M_т,$$

где $M_в^я$ — момент внешних сил, расположенных по одну сторону от рассматриваемого сечения относительно оси, параллельной нулевой линии и проходящей через ядровую точку (наиболее удаленную от растянутой зоны, трещинообразование которой проверяется); $M_т$ — момент, воспринимаемый сечением, нормальный к продольной оси элемента при образовании трещин и определяемый по формуле

$$M_т = R_{рII} W_т \pm M_{об}^я,$$

где $M_{об}^я$ — момент усилия N_0 относительно той же оси, что и для определения $M_в^я$; знак момента определяется направлением вращения («+» — когда направления моментов $M_{об}^я$ и $M_в^я$ противоположны, «—» — когда направления совпадают).

При армировании конструкции в двух зонах ядровой момент можно определить по формуле

$$M_{об}^я = (\sigma_а F_а + \sigma_а' F_а')(r_я + e_{он}).$$

Напряжения в арматуре $\sigma_а$ и $\sigma_а'$ принимают с учетом всех потерь. Для прямоугольных сечений положение ядровой точки можно принять $r_я = \frac{1}{6} h$.

В процессе расчета сборных покрытий необходимо обязательно проверить напряжения в плите, возникающие при подъеме, перевозке и монтаже. При установке подъемных петель на торцах плиту рассматривают как простую балку на двух опорах с равномерно распределенной нагрузкой от собственной массы. Изгибающий момент от монтажной нагрузки равен

$$M_q = \frac{ql^2}{8} k_д.$$

При консольной подвеске сборной конструкции (рис. 70) расчетная нагрузка от собственной массы на 1 м плиты составит

$$q = Qk_д/l,$$

где $Q = lbh\gamma$ — масса плиты, т; $k_д$ — коэффициент динамичности, принимаемый при расчете прочности плиты на усилия, возникающие при ее подъеме и монтаже ($k_д = 1{,}5$); l — длина плиты, м.

Расчетные моменты от действия собственной массы плиты для такой схемы стропования:

в середине плиты

$$M = ql/2\,(l/4 - a);$$

в точках захвата

$$M_A = M_B = -\frac{qa^2}{2}.$$

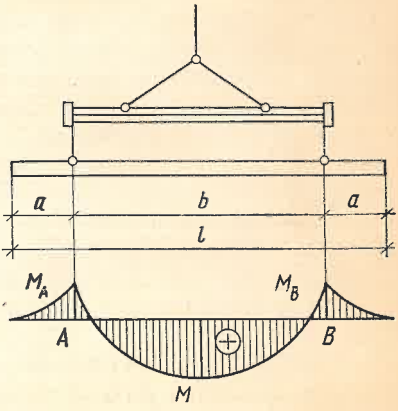


Рис. 70. Схема строповки плиты

§ 20. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Среди разрабатываемых в ходе проектирования расчетно-конструктивных задач, предопределяющих снижение стоимости строительства городских дорог, важнейшей задачей является технико-экономическое обоснование выбора дорожной одежды.

Для обоснования вариантов проектных решений определяют сравнительную экономическую эффективность. В ее показателе при выборе варианта решающее значение имеет не абсолютная величина экономического эффекта, а относительная экономическая эффективность. Она характеризует экономический эффект по величине отношения дорожно-транспортных расходов к капитальным затратам (по коэффициенту эффективности E или по обратной ему величине — сроку окупаемости T).

Эти показатели определяют по формулам:

$$E=\frac{C_2-C_1}{K_1-K_2}; \qquad T=\frac{K_1-K_2}{C_2-C_1},$$

где E — коэффициент сравнительной эффективности; T — срок окупаемости дополнительных капитальных затрат, годы; C_1 и C_2 — ежегодные дорожно-транспортные расходы по вариантам, тыс. руб.; K_1 и K_2 — капитальные затраты по сравнимым вариантам, тыс. руб.

При сравнении более двух вариантов рекомендуется пользоваться следующими формулами, по которым наилучший вариант определяют наименьшей суммой приведенных затрат:

$$K_i+T_{\text{н}}C_i=\min; \quad C_i+E_{\text{н}}K_i=\min,$$

где K_i — капитальные вложения по каждому варианту; C_i — себестоимость продукции за год по тому же варианту; $T_{\text{н}}$ — нормативный срок окупаемости; $E_{\text{н}}$ — коэффициент эффективности капиталовложений.

Полученные при расчете значения коэффициента эффективности или срока окупаемости сопоставляют с их нормативными значениями. Абсолютную экономическую эффективность рассчитывают согласно типовой методике определения экономической эффективности капитальных вложений.

Величина нормативного коэффициента эффективности была установлена в размере $E_{\text{н}}=0{,}12$, что соответствует нормативному сроку окупаемости $T_{\text{н}}=8{,}33$ года. Если расчетные значения коэффициента эффективности больше нормативного или срок окупаемости капитальных сложений меньше нормативного, то строительство или реконструкция дороги считаются экономически оправданными.

Чтобы выявить технико-экономическую целесообразность конструкций, имеющих разные сроки службы или различные эксплуатационные характеристики, необходимо при сравнительном анализе учитывать не только единовременные затраты, но и расходы на

эксплуатацию покрытия за время его службы. Правильно проведенный сравнительный технико-экономический анализ позволяет выявить такой тип конструкции дорожной одежды, который обеспечит в данных условиях надлежащую прочность и долговечность при наименьших затратах на ее сооружение и эксплуатацию.

В зависимости от местных условий строительства, назначения улицы и наличия дорожно-строительных материалов сравнивают два или более типа дорожных одежд, отличающихся технико-эксплуатационными показателями и стоимостью строительства. Возникает необходимость выбрать из числа приемлемых для данного случая проектирования дорожных одежд конструкцию, отличающуюся наибольшей экономичностью.

Обычно более дорогая конструкция дорожной одежды обладает лучшими эксплуатационными качествами и требует поэтому меньших затрат на содержание и ремонт. Применение более дорогой, но более надежной дорожной одежды будет целесообразным в том случае, если суммарные приведенные затраты за срок сравнения по этому варианту будут наименьшими. Метод суммарных приведенных затрат позволяет учесть разновременность затрат и изменение транспортных расходов во времени. Сущность этого метода состоит в следующем. Если A единиц затрат в какой-либо отрасли народного хозяйства приносят за год эффект, равный AE, то через t лет эти капиталовложения (с учетом их увеличения за счет ежегодной экономии, составляемой в народном хозяйстве) возрастут до величины $A=(1+E)^t$.

Чтобы сопоставить разновременные затраты, произведенные в течение многих лет, принимают, что общий размер капитальных вложений любого года с учетом их прироста за счет ежегодных сбережений составит

$$K_t=K(1+E)^t,$$

где K_t — приведенные капиталовложения к расчетному году; K — капиталовложения за исходный год; E — коэффициент экономической эффективности; t — расчетный период.

Отсюда

$$K=K_t/(1+E)^t,$$

т. е. величина капиталовложений K_t, затрачиваемых не в данный момент, а через t лет, эквивалентна (равноценна) величине капиталовложений K в текущем году, размер которых меньше, чем K_t, в $(1+E)^t$ раз.

Величина $1/(1+E)^t=r_0$ называется коэффициентом приведения. Нормативное значение E принимается равным 0,08.

При расчете суммарных приведенных затрат расходы более поздних лет приводятся к начальному году срока сравнения путем умножения на коэффициент приведения разновременных затрат. Величины коэффициентов приведения по годам даны в табл. 42.

Таблица 42

Годы t	$\frac{1}{(1+0{,}08)^t}$	Годы t	$\frac{1}{(1+0{,}08)^t}$	Годы t	$\frac{1}{(1+0{,}08)^t}$
1	0,93	11	0,43	21	0,20
2	0,86	12	0,40	22	0,18
3	0,79	13	0,37	23	0,17
4	0,74	14	0,34	24	0,16
5	0,68	15	0,32	25	0,15
6	0,63	16	0,29	26	0,14
7	0,58	17	0,27	27	0,13
8	0,54	18	0,25	28	0,12
9	0,50	19	0,23	29	0,11
10	0,46	20	0,22	30	0,10

Суммарные приведенные затраты при сравнении вариантов дорожных одежд рассчитывают по формуле

$$\sum_{1}^{t_{ср}} П = K_{см} + \sum_{1}^{m} \frac{P_{кап}}{(1+E_{н.п})^t} \sum_{1}^{t_{ср}} \frac{Э_{дор}}{(1+E_{н.п})^t} + \sum_{1}^{t_{ср}} \frac{Э_{тр}}{(1+E_{н.п})^t},$$

где $t_{ср}$ — срок сравнения вариантов, годы; $K_{см}$ — сметная стоимость строительства, руб; m — количество капитальных ремонтов за срок сравнения вариантов; $P_{кап}$ — затраты на капитальные ремонты, руб.; $E_{н.п}$ — норматив для приведения разновременных затрат, равный 0,08; t — год осуществления соответственно капитального ремонта, затраты на текущий ремонт и содержание, затраты на перевозку; $Э_{дор}$ — ежегодные затраты на текущий ремонт и содержание дороги, руб.; $Э_{тр}$ — ежегодные затраты на перевозки, руб.

Ежегодные затраты на текущий ремонт и содержание дорожной одежды можно принимать по усредненным показателям, приведенным в табл. 43.

Таблица 43

Категория дороги	Покрытие	Стоимость, руб/м²			Межремонтный срок, лет
		строительства	капитального ремонта	текущего ремонта и содержание за год	
Скоростная магистраль	Цементно-бетонное	15,30	5,12	0,05	18
	Асфальтобетонное на бетонном основании	12,70	4,98	0,06	15
Магистраль общегородского значения	Цементно-бетонное	14,52	4,90	0,05	18
	Асфальтобетонное на бетонном основании	12,30	4,26	0,06	15
Магистраль районного значения	Асфальтобетонное на щебеночном основании	9,52	3,88	0,06	12

§ 21. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ВОДОСТОКОВ

При разработке генерального плана города и проекта вертикальной планировки решается также и вопрос о способе отвода поверхностных вод с территории города.

Быстрый и полный отвод поверхностных вод оказывает положительное влияние на сохранение прочности и долговечности дорожных одежд, путей трамвая и других элементов улицы. Обеспеченный водоотвод повышает уровень благоустройства городских территорий и улучшает их санитарное состояние.

Поддержание в хорошем состоянии и на должном санитарно-техническом уровне территории города во многом определяется правильностью решения задач отвода поверхностных и грунтовых вод.

Различают несколько систем отвода поверхностных вод в городах: открытую, состоящую из лотков, водоотводных канав (кюветов, арыков и др.), труб и мостиков в местах пересечений улиц и других подобных сооружений; закрытую, включающую дождеприемные колодцы, подземные сети трубопроводов, смотровые колодцы (в отдельных случаях камеры), водовыпуски; смешанную, состоящую из большей части открытой сети и закрытой в устьевой части бассейна.

Наиболее совершенной системой поверхностного водоотвода в условиях современного градостроительства, отвечающей высокой степени благоустройства города, является закрытая система водостоков.

Для крупных и средних городов разрабатывается генеральная схема развития водостоков в соответствии с генпланом города и схемой вертикальной планировки. Для генеральной схемы используют топографическую и геодезическую подоснову в виде планов в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 5000.

При подготовке схемы водостоков разрабатывают основные положения о способе отвода поверхностного стока с территории города и ее отдельных участков, устанавливают возможность сохранения открытых русл, небольших речек и ручьев и других небольших протоков; предусматривают места и условия выпуска воды из водостока в водоемы; обосновывают целесообразность сооружения регулирующих сток бассейнов или прудов; определяют общие границы бассейнов стока; намечают трассы главных коллекторов и основной сети водостоков (рис. 71); проектируют продольные профили главных коллекторов на всем протяжении; производят гидравлический расчет и определяют сечение основных водостоков. В генеральной схеме предусматривается возможность использования водосточной сети для сплава снега с размещением приемных камер и других подсобных устройств.

По генеральной схеме водостоков устанавливают объем работ, очередность их выполнения и ориентировочную стоимость.

Для составления генеральной схемы водосточной сети необходимо установить расчетные нормативы: расчетную формулу интен-

сивности дождя для данного города; период однократного превышения ливней для различных зон и территорий города и коэффициент стока в зависимости от благоустройства, состояния и рельефа поверхности различных территорий города.

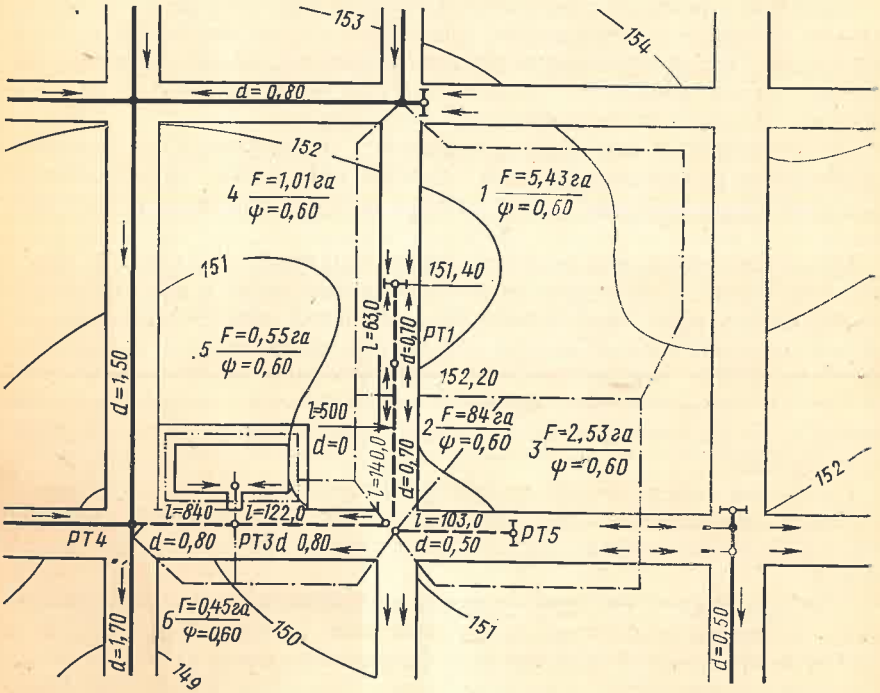


Рис. 71. Схема сети водостоков:

——— — существующих; — — — — проектируемых; —·—·—·— частные границы бассейнов; —·—·— общая граница бассейна

Проектно-сметную документацию на строительство водостоков разрабатывают, как правило, в одной стадии технического (техно-рабочего) проекта со сводной сметой.

В техническом проекте разрабатывают несколько вариантов и выбирают лучшее решение системы водоотвода, устанавливают основные расчетные положения и определяют размещение сети водостоков. Проект состоит из графической части сводной сметы и пояснительной записки.

Графическая часть проекта водостока состоит из:

плана города с прилегающими районами в масштабе 1 : 10 000, на котором нанесена планировка и показаны границы основных бассейнов и уровень грунтовых вод;

плана города в масштабе 1 : 2000 (или 1 : 5000), где нанесены границы всех бассейнов и указаны основные размеры водостоков;

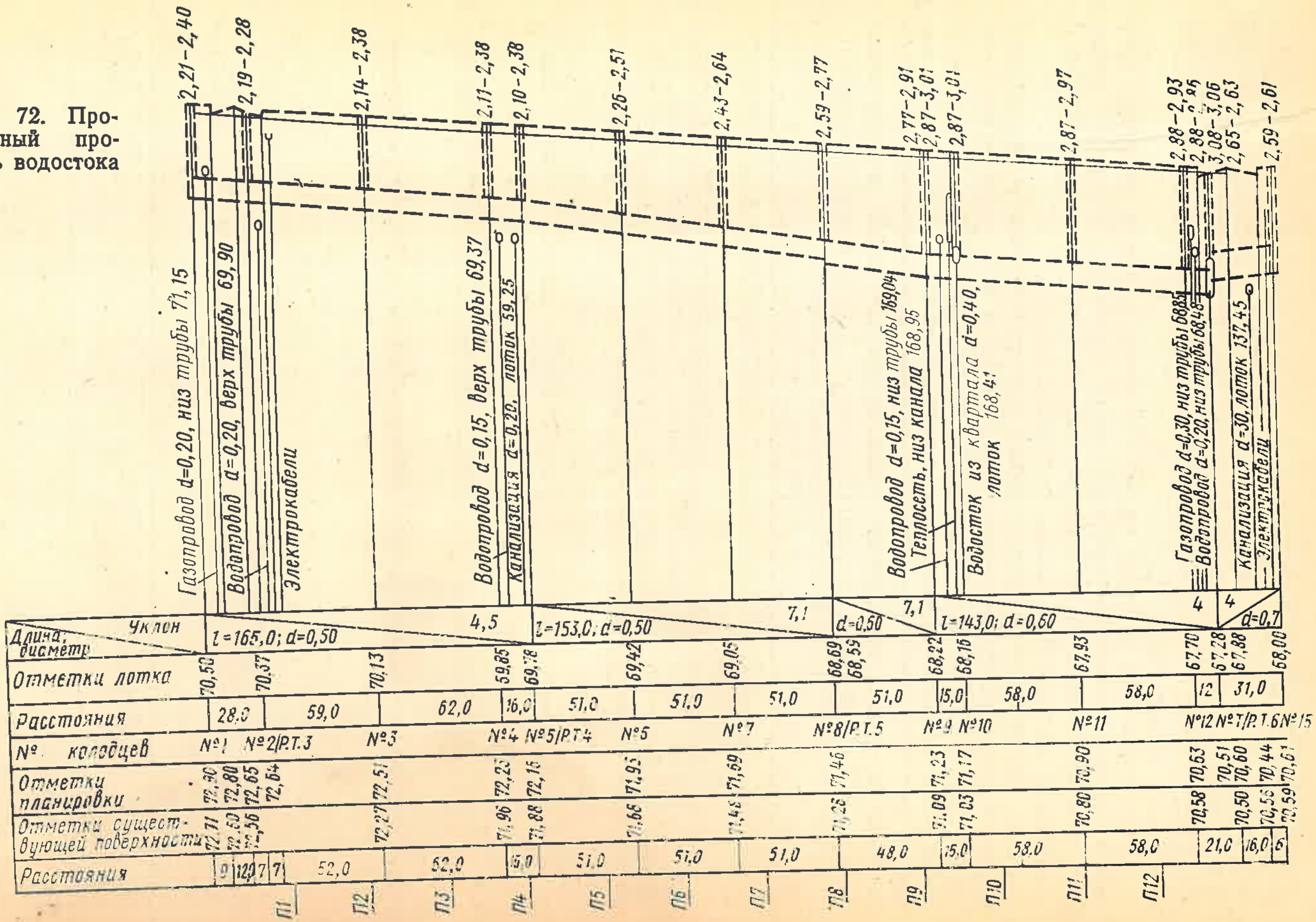


Рис. 72. Продольный профиль водостока

продольных профилей основных водостоков в масштабах: горизонтальном — 1 : 2000, вертикальном — 1 : 200, на которых показывают черные отметки, отметки вертикальной планировки, отметки и сечения основных подземных сетей, пересекающих трассы водостоков, отметки лотков проектируемых труб, длину и уклоны водостоков, диаметры труб.

Пояснительная записка включает обоснование и описание принятых решений, описание рельефа территории водосборной площади, гидрологическую и гидрогеологическую ее характеристику, данные по организации работ и сводную смету.

При необходимости составления рабочих чертежей разрабатывают: планы трассы основного коллектора и всех водосточных веток с расстановкой дождеприемных колодцев, размещением смотровых и специальных колодцев и камер, обозначением места выпуска вод из коллектора и местоположения оголовков (в масштабе 1 : 500); продольный профиль коллектора (рис. 72) и всех веток (рис. 73) в масштабах: горизонтальном — 1 : 500 и вертикальном — 1 : 50 с указанием глубины заложения подземных сетей; конструктивные чертежи оснований под трубы, оголовки, камеры и другие элементы водосточной сети; способ гидроизоляции труб (при наличии агрессивных вод).

Проектирование водостоков включает определение границ и площади водосборного бассейна стока с заданной территории; расчетной интенсивности дождей и их расчетной продолжительности; гидравлического расчета закрытого водостока путем определения

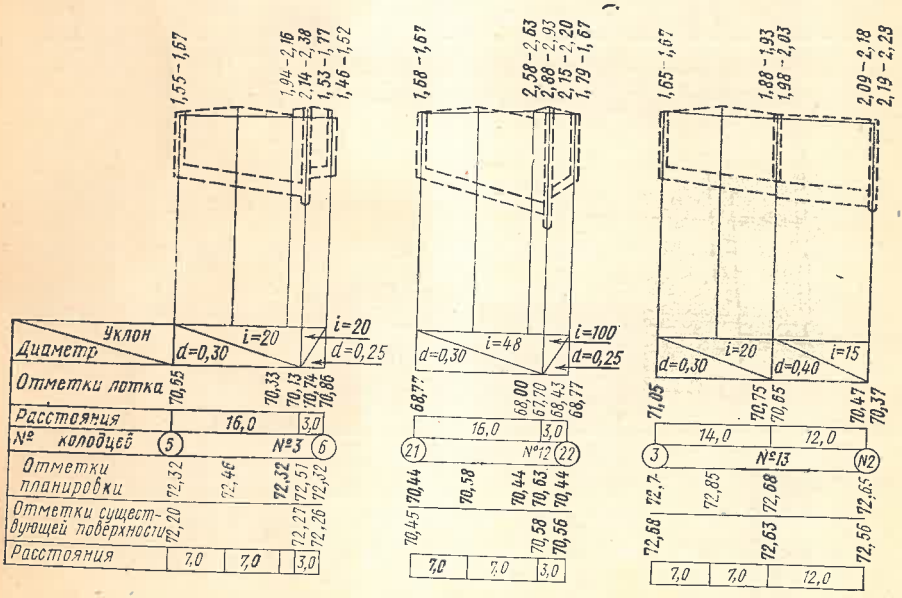


Рис. 73. Продольные профили водосточных веток

его диаметра в зависимости от продольного профиля водостока. Границы бассейна в первом приближении определяют в генеральной схеме развития водосточной сети города. Границы общего бассейна, а также частных бассейнов, тяготеющих к отдельным участкам уличных водостоков, уточняют на основе проектов вертикальной планировки этой территории. Затем намечают сеть открытых лотков и каналов, по которым вода собирается и отводится до дождеприемных колодцев. Расстояние от водораздела до первого дождеприемного колодца называется длиной свободного пробега воды.

Это расстояние зависит от системы водоотвода, величины уклонов и, следовательно, величины расходов воды и степени благоустройства территории. Длину свободного пробега обычно принимают 150—400 м. Среднюю длину свободного пробега нередко уменьшают, чтобы ликвидировать поперечные лотки на пересечениях проездов.

Определение границ бассейна начинают с нанесения стрелок на плане, указывающих направление уклонов по улицам, выявления водораздельных точек и пониженных мест. Направление уклонов и положение водораздельных точек определяют отметками вертикальной планировки. По горизонталям, нанесенным на плане, выявляют направление основного тальвега бассейна и боковых притоков, а также места сброса поверхностных вод в водоприемники. Выбор трассы при проектировании водостоков необходимо согласовать с размещением других подземных сетей и сооружений, как действующих, так и предполагаемых.

Трассы водостоков, как правило, прокладывают под улицами и площадями. Крупные и главные коллекторы трассируют по естественным тальвегам, если улицы не совпадают с направлением тальвега. При плоском рельефе местности водостоки следует трассировать как можно ближе к середине бассейна.

По улицам трассу водостока проектируют прямолинейно, параллельно красным линиям и, как правило, вне проезжей части. Пересечение улиц водостоком допускается под углом, близким к прямому.

Дождеприемные колодцы устанавливают в пониженных местах лотков проезжей части и на пересечениях улиц в зависимости от направления уклонов. Иногда дождеприемные колодцы размещают и на тротуарах, если последние отделены от полос зелени бортовым камнем и нет возможности отвести поверхностные воды с тротуаров к лоткам проезжей части.

Расстояния между дождеприемными колодцами при их размещении между перекрестками зависят от продольных уклонов улицы и могут быть приняты равными:

Продольные уклоны проезжей части улицы в лотках, ‰	до 4	6	10	30	>30
Расстояния между колодцами, м	50	60	70	80	90

Такие расстояния при расстановке колодцев можно устанавливать, если проток воды в лоток по линии свободного пробега и между дождеприемными колодцами не превышает нормы и на проезжую часть улицы попадает сток только с части квартала, прилегающей к улице. Если к улице примыкают большие площади микрорайонов, уклоны которых направлены в ее сторону, расстояния между дождеприемными колодцами устанавливают по расчету, исходя из пропускной способности открытого лотка, зависящей от его поперечного сечения.

Для наблюдения за состоянием трубопроводов водостока в процессе эксплуатации, очистки их от всевозможных наносов на водосточной сети устанавливают смотровые колодцы. Расстояния между смотровыми колодцами зависят от диаметров труб и не должны превышать следующие величины:

Диаметр водостока, м	0,5—0,8	0,8—1,0	1,0—1,5
Расстояние между смотровыми колодцами, м	50—60	60—70	70—120

При больших диаметрах труб водосточной сети смотровые колодцы выполняют в виде камер и размещают их на расстояниях, обеспечивающих наиболее удобную и быструю очистку водостока.

Смотровые колодцы и камеры устраивают также в местах поворотов трассы водостока в плане, местах присоединения веток от дождеприемных колодцев или ответвлений с дворовых территорий, местах перехода трубопроводов меньшего диаметра к большему, а также при устройстве перепадов с целью снижения скорости движения воды в трубопроводах (если она превышает допустимую). Длина присоединения (ветки) от дождеприемного до смотрового колодца на коллекторе должна проектироваться не более 40 м. Диаметр труб для водосточных веток уличной сети принимают не менее 250 мм, внутриквартальной — не менее 200 мм.

Расчетное наполнение трубопроводов надлежит принимать в зависимости от диаметров труб: при 150—300 мм — не более 0,6 диаметра трубы; при 350—450 — 0,7; при 500—900 — 0,75; свыше 900 — 0,8.

Глубину заложения водостока при проектировании его продольного профиля принимают в зависимости от глубины промерзания грунта в данной климатической зоне. Лотки верховых дождеприемных колодцев закладывают на 0,5 м ниже зоны промерзания грунта, при этом глубина колодца должна быть не менее 1 м.

При проектировании водостоков производят гидрологический расчет для определения расчетных расходов дождевых вод и гидравлический расчет для установления сечений труб, способных пропустить расчетный расход. Для определения расчетных расходов и гидравлического расчета водостоки разбивают на расчетные участки. Для каждого участка должен быть выделен «частный» бассейн. Площади частных бассейнов определяют по планам планировки территорий с помощью планиметров. При отсутствии планиметра площади бассейнов можно определить путем разбивки их на простейшие геометрические фигуры.

Расчетные расходы дождевых вод определяют в соответствии со СНиП II-32—74 «Канализация. Наружные сети и сооружения. Нормы проектирования» по методу предельных интенсивностей с учетом площади стока F, коэффициента стока ψ, интенсивности дождя q_{20}, периода однократного превышения расчетной интенсивности p и других параметров. Сущность этого метода заключается в том, что каждый участок водосточной трубы рассчитывается на максимальный расход воды. Сток с определенной площади бассейна достигает максимума в случае, если продолжительность дождя равна времени, необходимому для притока воды с наиболее отдаленного пункта бассейна до рассчитываемого сечения водостока. Выбранная интенсивность дождя должна соответствовать его продолжительности, равной времени добегания воды от водораздела бассейна до расчетного сечения.

Расчетные расходы определяют по формулам:

при переменном коэффициенте стока

$$Q=\frac{z_{cp}A^{1,2}F}{T^{1,2n-0,1}};$$

при постоянном коэффициенте стока

$$Q=\frac{\psi_{cp}AF}{T^{n}},$$

где z_{cp} — среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока (определяется по табл. 46 и 47); F — расчетная площадь стока, га; T — расчетная продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчетного участка, с; n — параметр, определяемый по рис. 74; ψ_{cp} — средний коэффициент стока; A — параметр, определяемый по формуле

$$A=20^{n}q_{20}(1+C\lg p),$$

где q_{20} — интенсивность дождя для данной местности (продолжительностью 20 мин при $p=1$ год, л/с на 1 га), определяемая по рис. 75; C — коэффициент, определяемый по рис. 76; p — период однократного превышения расчетной интенсивности дождя в городах, принимаемый по табл. 44.

В приведенной таблице условия расположения коллекторов относительно рельефа местности характеризуются следующими данными.

Благоприятные условия расположения коллекторов: бассейн площадью не более 150 га имеет плоский рельеф при среднем уклоне поверхности 5‰ и меньше; коллектор проходит по водоразделу или в верхней части склона на расстоянии от водораздела не более 400 м.

Средние условия: бассейн площадью более 150 га имеет плоский рельеф с уклоном 5‰ и меньше; коллектор проходит в нижней части склона по тальвегу с уклоном склона 20‰ и меньше, при этом площадь бассейна не превышает 150 га.

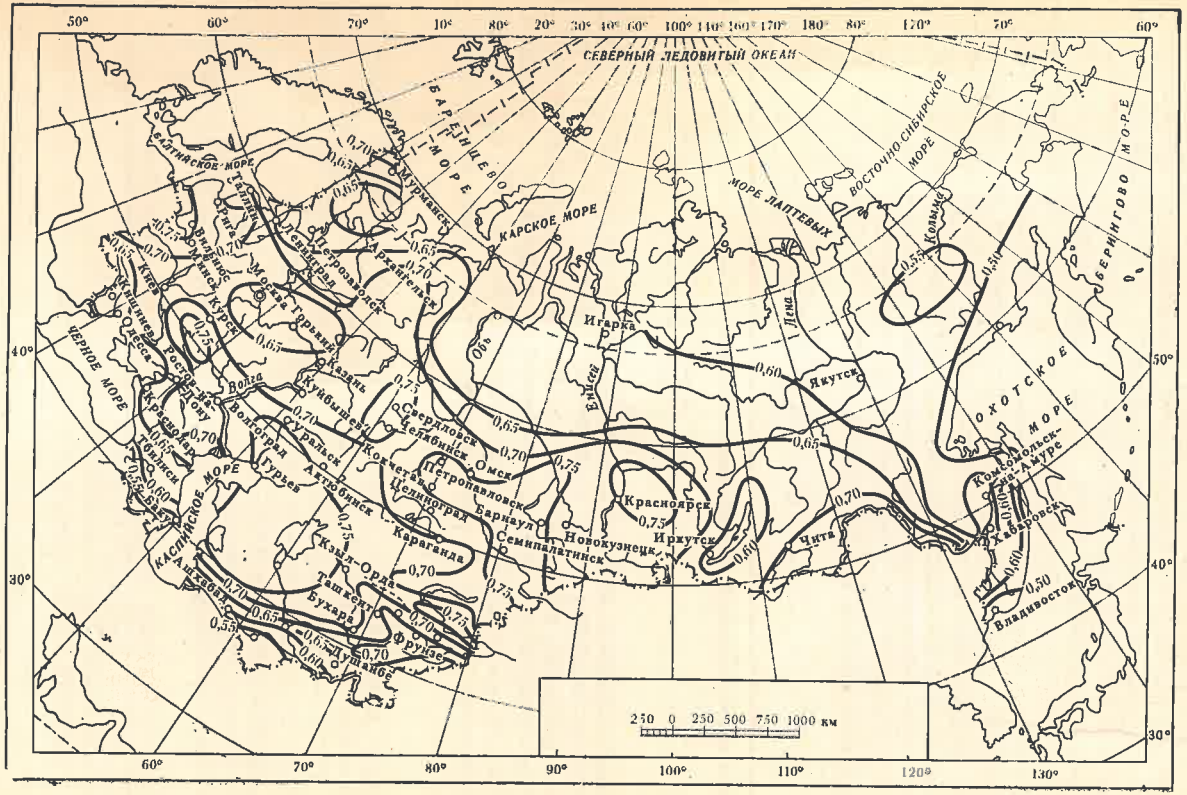


Рис. 74. Значение величины параметра n

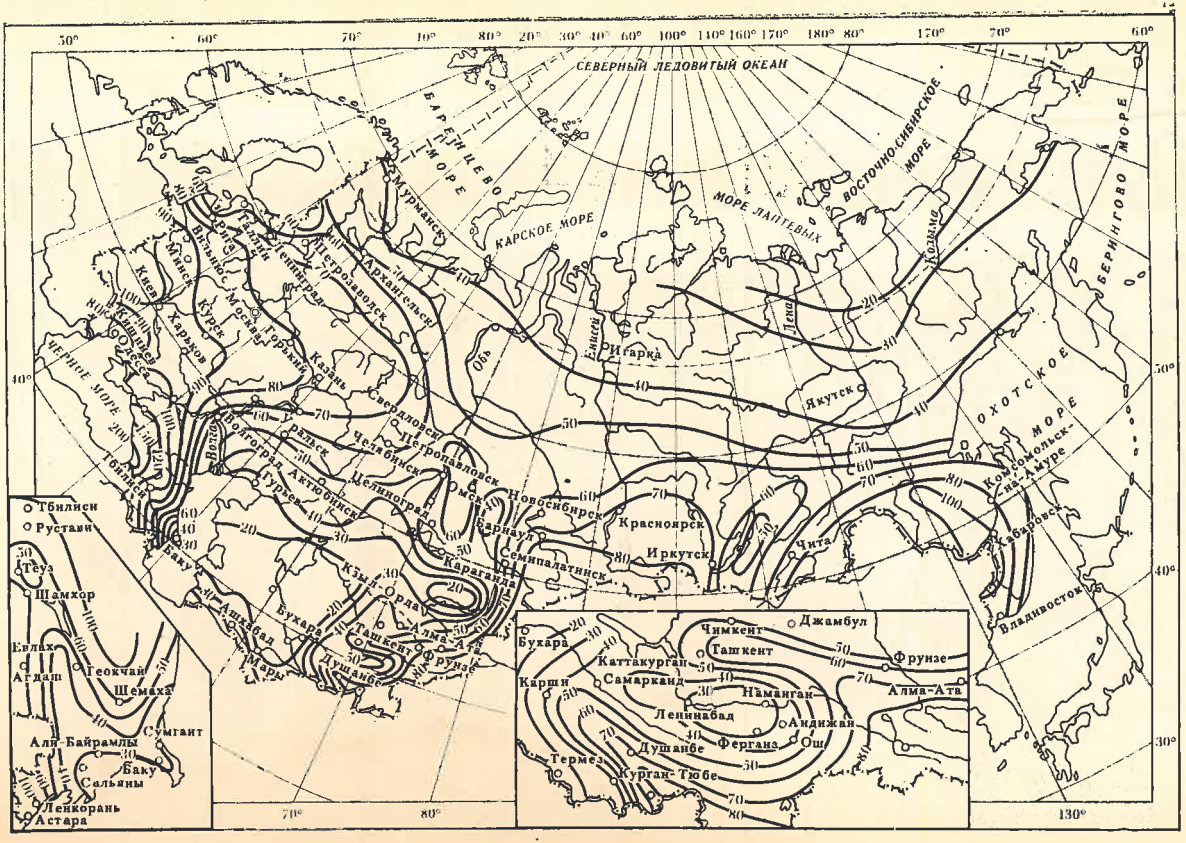


Рис. 75. Значение величин интенсивности q_{20}

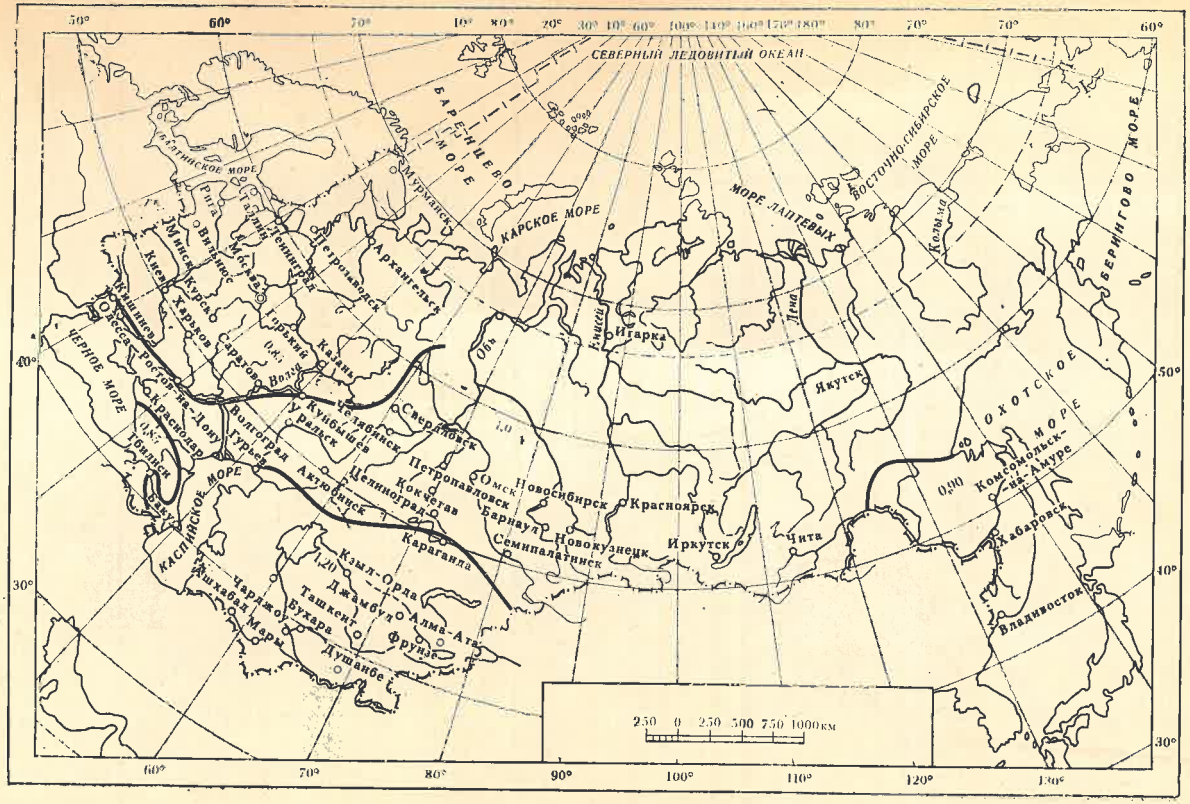


Рис. 76. Значение величин коэффициента C

Таблица 44

Условия расположения коллекторов		Периоды однократного превышения расчетной интенсивности дождя p в годах для населенных пунктов при значениях			
на проездах местного значения	на магистральных улицах	60	60—80	80—120	120—200
Благоприятные и средние	Благоприятные	0,33—0,5	0,33—1	0,5—1	1—2
Неблагоприятные	Средние	0,5—1	1—1,5	1—2	2—3
Особо неблагоприятные	Неблагоприятные	2—3	2—3	3—5	5—10
	Особо неблагоприятные	3—5	3—5	3—10	10—20

Неблагоприятные условия: коллектор проходит в нижней части склона и площадь бассейна превышает 150 га; коллектор проходит по тальвегу с крутыми склонами при среднем уклоне склонов $>20‰$.

Особо неблагоприятные условия: коллектор отводит воду из замкнутого пониженного места (котловины).

Предельные периоды превышения интенсивности дождя в годах в зависимости от характера бассейна и условий расположения коллектора принимаются по табл. 45.

Таблица 45

Характер бассейна, обслуживаемого коллектором	Значения предельного периода превышения интенсивности в годах в зависимости от условий расположения коллектора			
	благоприятные	средние	неблагоприятные	особо неблагоприятные
Территории кварталов и проезды местного значения	10	10	25	50
Магистральные улицы	10	25	50	100

Средний коэффициент стока $\psi_{ср}$ определяют по формуле

$$\psi_{ср} = z_{ср} q^{0,2} T^{0,1},$$

где q — интенсивность дождя, л/с на 1 га; T — продолжительность дождя, мин.

Если же более 30% всей площади бассейна имеют водонепроницаемые поверхности, то средний коэффициент стока $\psi_{ср}$ можно принимать независимо от интенсивности и продолжительности дождя по табл. 46.

Таблица 46

Род поверхности	Коэффициент стока ψ	Коэффициент z
Кровли и асфальтобетонные покрытия дорог	0,95	*
Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,6	0,224
Булыжные мостовые	0,45	0,145
Щебеночные покрытия, не обработанные вяжущими материалами	0,4	0,125
Гравийные садово-парковые дорожки	0,3	0,09
Грунтовые поверхности (спланированные)	0,2	0,064
Газоны	0,1	0,038

* Коэффициент z для кровли и асфальтобетонных покрытий дорог следует принимать по табл. 47.

Таблица 47

Параметр n	Значения коэффициента z для водонепроницаемых поверхностей при значениях параметра A								
	300	400	500	600	700	800	1000	1200	1500
Менее 0,65	0,32	0,3	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23
0,65 и более	0,33	0,31	0,3	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24

Территории садов и парков, не оборудованные дождевой закрытой или открытой канализацией, в расчетной величине площади стока и при определении коэффициента стока не учитываются. Если эти территории имеют уклон поверхности 8—10‰ и более в сторону уличных проездов, то в расчетную площадь стока надлежит включать прилегающую к проезду полосу шириной 50—100 м.

Озелененные площади внутри кварталов (полосы бульваров, газоны и т. п.) следует включать в расчетную величину площади стока и учитывать при определении коэффициента стока.

При определении расчетных расходов дождевых вод Q с площадей стока 300 га и более в формулы вводят поправочный коэффициент неравномерности выпадения дождя η, принимаемый равным:

Площадь стока, га . . .	300	500	1000	2000	3000	4000
Значение коэффициента η	0,96	0,94	0,91	0,87	0,83	0,8

При расчете стока с бассейна площадью более 50 га, имеющего застройку разной этажности, или с бассейна, территория которого резко отличается различными уклонами поверхности, рекомендуется проверять расходы дождевых вод разных частей бассейна.

Наибольший из полученных таким образом расходов принимается за расчетный. Если расчетный расход дождевых вод на нижней части бассейна окажется меньше расхода, по которому рассчитан коллектор на вышележащем участке, следует расчетный расход для данного участка коллектора принимать равным расходу на вышележащем участке.

Расчетная продолжительность дождя определяется как сумма времени притока дождевых вод до рассчитываемого сечения. Это время складывается из времени поступления воды до первого дождеприемного колодца и времени протекания воды по водосточной сети. Характер стока дождевых вод зависит от состояния поверхности, по которой он проходит, главным образом от площади практически водонепроницаемых крыш зданий, асфальтированных и бетонированных дорог, тротуаров и площадей и водопроницаемых поверхностей — озелененных участков, площадей, не имеющих твердых покрытий, спортивных площадок и т. д.

Расчетная продолжительность дождя определяется как сумма времени T (с), необходимого для стока воды:

по поверхности территории до лотка проезжей части улицы или при наличии дождеприемных колодцев в пределах квартала до уличного водостока (время поверхностной концентрации);

по уличным лоткам до дождеприемника — при отсутствии дождеприемников в пределах квартала;

по трубам водосточной сети до рассчитываемого сечения.

Время поверхностной концентрации дождевого стока в населенных местах принимают равным 10 мин при стоке с квартала на расстоянии более 100 м. При наличии внутриквартальных закрытых водосточных сетей время концентрации стока принимается равным 5 мин.

Расчетную продолжительность дождя определяют по формуле

$$T = t_к + T_л + T_р,$$

где $t_к$ — время поверхностной концентрации, с; $T_л$ — время протекания дождевых вод по уличным лоткам, с, определяемое по формуле

$$T_л = 1{,}25 l_л / v_л,$$

где $l_л$ — длина лотка, м; $v_л$ — скорость движения дождевых вод в конце лотка, м/с; $T_р$ — время протекания дождевых вод по трубам до рассчитываемого сечения, определяемое по формуле

$$T_р = r \sum l_{тр} / v_{тр},$$

где $l_{тр}$ — длина расчетных участков в коллекторах, м; $v_{тр}$ — расчетная скорость движения дождевых вод на соответствующих участках, м/с; r — коэффициент, принимаемый равным в зависимости от показателя степени n:

Показатель степени n	0,5	0,51—0,6	0,61—0,7	>0,7
Значения коэффициента r	2,8	2,5	2,2	2

При уклонах местности 10—30‰ указанные выше значения коэффициента r должны быть уменьшены на 25—30%; при уклонах местности более 30‰ при всех показателях степени n коэффициент r следует принимать равным 1,2.

С целью уменьшения диаметров труб водосточной сети следует предусматривать мероприятия по регулированию стока дождевых вод, используя для этого существующие пруды (не являющиеся источниками получения питьевой воды и не используемые для купания и спорта), укрепленные овраги, оборудованные плотинами, или предусматривать специальные пруды в зоне зеленых массивов или закрытые резервуары.

При расположении регулирующего пруда в пределах населенного пункта поступление воды в него из коллектора дождевой канализации надлежит предусматривать через камеру с водосливом, рассчитанным на пропуск в обход пруда всех талых и дождевых вод, образующихся при наиболее частых в данной местности дождях.

Период однократного превышения расчетной интенсивности для выпусков и водосбросов в пруды следует устанавливать для каждого объекта с учетом местных условий и возможных последствий в случае выпадения дождей с интенсивностью выше расчетной.

При расчете сооружений, регулирующих сток дождевых вод, надлежит определять расход воды, пропускаемой в сеть в обход сооружения или через него; отношение этого расхода α к расчетному до сооружения; регулирующую емкость этого сооружения.

Регулирующую емкость пруда V (м³) можно определить путем построения графиков притока или вытекания воды из пруда с учетом нормального и максимального уровней в нем или по формуле

$$V = KQ_{\text{расч}}t_{\text{расч}},$$

где K — коэффициент, зависящий от α; принимается по табл. 48; $Q_{\text{расч}}$ — расчетный расход дождевых вод в месте присоединения водостока к пруду, м³/с; определяется по данным гидравлического расчета дождевой сети; $t_{\text{расч}}$ — расчетное время стока со всего бассейна до места присоединения, с.

Ниже регулирующего пруда коллектор надлежит рассчитывать на расход Q, определяемый по формуле

$$Q = \alpha Q_{\text{расч}} + Q_{\text{оп}} + Q_1,$$

где $\alpha Q_{\text{расч}}$ — расход, пропускаемый в обход пруда; $Q_{\text{оп}}$ — средний расчетный расход опорожнения пруда; Q_1 — расчетный расход дождевых сточных вод с площади стока, расположенного ниже пруда (определяется без учета времени протекания дождевых вод до пруда).

В соответствии со СНиП II-32—74 гидравлический расчет самотечных и напорных канализационных сетей всех систем производят

Таблица 48

α	K		α	K		α	K
	$n \geqslant 0{,}6$	$n < 0{,}6$		$n \geqslant 0{,}6$	$n < 0{,}6$		n любое
0,1	1,5	—	0,4	0,42	0,47	0,7	0,13
0,15	1,1	1,5	0,45	0,36	0,38	0,75	0,1
0,2	0,85	1,13	0,5	0,3	0,32	0,8	0,07
0,25	0,69	0,87	0,55	0,25	0,27	0,85	0,04
0,3	0,58	0,69	0,6	0,21	0,22	0,9	0,02
0,35	0,5	0,57	0,65	0,16	0,17	—	—

Примечание. Параметр n определяют по рис. 74.

по формулам турбулентного движения, учитывающим различную систему турбулентности потока в зависимости от скорости движения сточных вод.

Расчет сетей следует производить на максимальный секундный расход по таблицам и графикам, составленным на основании формулы

$$I = \frac{\lambda}{4R} \frac{v^2}{2g},$$

где I — гидравлический уклон; λ — коэффициент сопротивления трения по длине; v — средняя скорость движения сточных вод, м/с; R — гидравлический радиус, м; g — ускорение силы тяжести, м/с^2.

Коэффициент сопротивления трения по длине λ определяют по формуле, учитывающей различную степень турбулентности потока:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{\Delta_э}{13{,}68R} + \frac{a_2}{\mathrm{Re}} \right),$$

где $\Delta_э$ — эквивалентная шероховатость, см; a_2 — безразмерный коэффициент, учитывающий характер шероховатости труб; Re — число Рейнольдса.

Значения $\Delta_э$ и a_2 для труб из разных материалов принимают по табл. 49.

При квадратичном режиме турбулентного движения гидравлический расчет водостоков и открытых канав (кюветов) ведут по формулам гидравлики:

$$v = C\sqrt{Ri}; \quad Q = \omega v,$$

где v — средняя скорость стечения воды в водостоке, м/с; C — коэффициент, принимаемый по табл. 50 в зависимости от коэффициентов шероховатости R и n; $R = \omega/p$ — гидравлический радиус, м; i — уклон трубы, или гидравлический уклон; Q — расход воды, м/с; ω — площадь живого сечения, м^2; p — смоченный периметр, м.

Таблица 49

Наименование труб и каналов	$\Delta_э$, см	a_2
Трубы:		
бетонные и железобетонные	0,2	100
керамические	0,135	90
чугунные	0,1	83
стальные	0,08	79
асбестоцементные	0,06	73
Каналы:		
из бута и тесаного камня на цементном растворе	0,635	150
кирпичные	0,315	110
бетонные и железобетонные, гладкозатертые цементной штукатуркой	0,08	50

Таблица 50

Значения R	Значения n						
	0,014	0,017	0,02	0,023	0,025	0,028	0,03
0,05	44,7	33,2	26,1	21,8	18,6	16,0	13,9
0,10	49,3	38,0	30,6	26,0	22,4	19,6	17,3
0,15	52,8	41,0	33,5	28,8	25,0	21,9	19,5
0,20	55,2	43,4	35,7	30,8	26,6	23,8	21,3
0,25	56,8	45,7	37,5	32,5	28,6	25,4	23,3
0,30	58,9	46,8	39,0	34,0	29,9	26,7	24
0,35	60,4	48,2	40,3	35,2	31,1	27,8	25,1
0,40	61,7	49,4	41,5	36,3	32,2	28,8	26,0
0,45	62,9	50,5	42,5	37,3	33,1	29,7	26,9
0,50	63,9	51,6	43,5	38,3	34,0	30,7	27,8
0,55	64,9	52,5	44,4	39,1	34,8	31,4	28,5
0,60	65,9	53,4	45,2	39,8	35,5	32,1	29,2
0,65	66,6	54,2	45,9	40,5	36,2	32,7	29,8
0,70	67,5	54,9	46,6	41,3	36,9	33,3	30,4
0,75	68,2	55,7	47,1	41,6	37,0	34,0	30,9
0,80	68,9	56,4	47,7	42,2	37,0	34,5	31,5
0,85	69,6	57,1	48,3	42,8	38,4	34,9	32,0
0,90	70,2	57,6	48,9	43,4	38,9	35,5	32,5
0,95	70,9	58,2	49,5	43,9	39,5	35,9	32,9
1,00	71,4	58,8	50,0	44,4	40	36,4	33,3

Ниже приведены значения коэффициентов шероховатости n закрытых водостоков и открытых каналов, выполненных из различных материалов.

Трубы

бетонные и железобетонные	0,014
керамические	0,013
чугунные	0,013
стальные	0,012
асбестоцементные	0,012

Открытые каналы

кирпичные	0,015
из бута, тесаного камня на цементном растворе	0,017
бетонированные	0,014
в плотной глине, земле	0,023
в земле, в том числе одернованные	0,028—0,03

Диаметры труб водостоков могут быть вычислены по формуле

$$d=\sqrt{\frac{4Q}{\pi v}},$$

где Q — расчетный расход, м³/с; v — средняя скорость движения воды, м/с;

Минимальные скорости движения сточных вод должны приниматься в зависимости от состава и крупности содержащихся в них взвешенных веществ, гидравлического радиуса или степени наполнения труб и каналов.

Для дождевых сточных вод наименьшие скорости при наибольшем расчетном наполнении труб следует принимать:

Диаметр труб, мм	150—250	300—400	450—500	600—800	900—1200	1300—1500	1500
Скорость воды, м/с	0,7	0,8	0,9	1,0	1,15	1,3	1,5

Наибольшие скорости движения (в м/с) дождевых и допускаемых к спуску в водоемы производственных сточных вод в каналах следует принимать при глубине потока $h=0,4$—1 м равными:

Крепление бетонными плитами	4
Известняки, песчаники средние	4
Одерновка плашмя	1
» в стенку	1,6
Мощение одиночное	2
» двойное	3—3,5

При глубине потока $h<0,4$ м значение скоростей движения сточных вод следует принимать с коэффициентом 0,85, при $h>1$ м — с коэффициентом 1,25.

§ 22. КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА СНЕГОУДАЛЕНИЯ В ГОРОДАХ

В населенных местах, расположенных в районах со снежными осадками, при проектировании улиц, дорог и площадей одновременно намечают мероприятия по снегоудалению. Для каждой городской улицы, дороги и площади эти мероприятия проектируют на основе

ранее разработанной комплексной генеральной системы снегоудаления в городах или его районах, являющейся составной частью генерального плана города.

Уборка снега состоит из двух этапов. *Первый этап* — подметание с образованием снежного вала — осуществляется колоннами плужно-щеточных снегоочистителей. Схема их работы и место образования вала зависят от организации маршрута, типа улиц, характера движения на них и методов последующего снегоудаления. На рис. 77 приведены различные схемы работы снегоочистителей и расположения снежных валов. *Второй этап* — снегоудаление — может осуществляться следующими основными способами, составляющими комплекс снегоудаления: поперечная перекидка снега на резервные, разделительные, технические полосы, газоны и в русла рек; размещение снега на проезжей части улиц до весеннего таяния (если позволяет их ширина); сплав снега по ливневой, общесплавной или хозяйственно-фекальной канализации с применением авто-

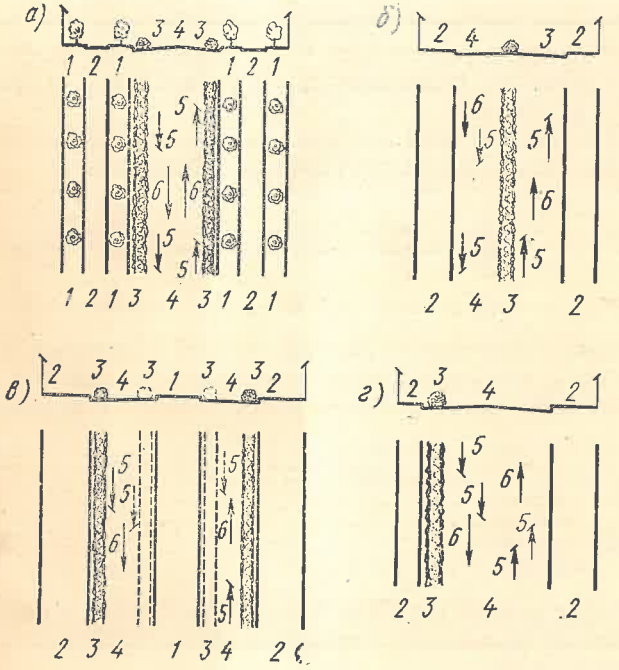


Рис. 77. Схемы размещения снежных валов (при работе снегоочистителей):

а — по лоткам проезжей части (при одной проезжей части); *б* — по оси проезжей части; *в* — на улицах, имеющих разделительную полосу (пунктиром показан вариант с размещением снежных валов у разделительной полосы); *г* — с одной стороны улицы при встречном движении снегоочистителей (размещение вала возможно только с противоположной стороны); *1* — газон; *2* — тротуар; *3* — снежный вал; *4* — проезжая часть; *5* — направление движения снегоочистителей; *6* — направление движения городского транспорта

транспорта и без него; вывозка снега на свалки, располагаемые на незастроенных территориях, и на речные свалки.

На различных улицах города и даже на различных участках одних и тех же улиц могут применяться различные способы снегоудаления. Различают три принципиальные схемы его организации: а) маршрутная схема — снег удаляют с проезжей части улиц, перемещая на короткие расстояния без применения автотранспорта; б) базисная схема — автотранспортом (или другим видом транспорта) подвозят к снегоприемным сооружениям; в) комбинированная схема содержит элементы маршрутной и базисной схем.

Проектирование комплексной системы снегоудаления (рациональных взаимоувязанных между собой способов снегоудаления для города в целом, его различных районов и отдельных улиц) вызывает необходимость проектировать соответственно поперечные профили городских улиц и дорог, дополнительные водосточные линии и водоприемные колодцы, специальные снегоприемные камеры на ливневой, фекальной и общесплавной канализации, технические водоводы, распределительные камеры, насосные станции, очистные сооружения, снеготаялки (обогреваемые тротуары), а также переоборудование устьевых участков водостоков и т. д.

Для разработки мероприятий по снегоудалению определяют расчетный и максимальный снегопад, объемную массу и загрязненность снега, предполагаемое общее количество удаляемого снега за сезон, намечают режим уборки и интенсивность снегоудаления.

Объемная масса и загрязненность снега. Объемная масса и загрязненность снега (табл. 51) зависят от его состояния, способа подметания, обвалования и переброски.

Таблица 51

Вид снега	Объемная масса, т/м³	Количество примесей, % к массе снега
Свежевыпавший окученный	0,2	0,3—0,5
Лежалый окученный	0,3	1,0—1,5
Окученный на улицах при интенсивном движении транспорта	0,3	1,6—2
Сброшенный с крыш	0,4	0,6—1
Скол с улиц	0,45	12—15

Кроме того, на объемную массу снега влияет температура воздуха и характер ветров.

Температура воздуха, °С	—14	—10	—6	—2	0	+2
Объемная масса снега, кг/м³	55	70	80	100	115	125

Предварительное определение на длительный период влияния температуры воздуха и ветра на объемную массу снега весьма затруднительно, поэтому для расчетов во II климатической зоне можно принимать среднюю расчетную объемную массу окученного снега

за год с учетом влияния температуры и ветра 0,3 т/м³ при коэффициенте уплотнения 0,4.

Расчетный и максимальный снегопады. Снегоприемная способность камер и других сооружений, снегоотводящая способность коллекторов, производительность снеготаялок и т. п. зависят от расчетного снегопада и проверяются на максимальный снегопад с учетом режима уборки.

Расчетный и максимальный снегопады определяют с учетом интенсивности, продолжительности снегопада и температуры воздуха.

Расчетный снегопад по массе на м² определяют за десятилетний период по формуле

$$q_р = \frac{q_{1\,ср\,max} + q_{2\,ср\,max} + \ldots + q_{10\,ср\,max}}{10},$$

где $q_{1\,ср\,max}$ — средний максимальный снегопад за год; $q_{2\,ср\,max}$ — то же, за второй год и т. д.;

$$q_{1\,ср\,max} = \frac{\sum_{1}^{5} q_{max}}{5} \text{ (за год)},$$

где $\sum_{1}^{5}$ — сумма пяти наибольших снегопадов в году.

Назначение пяти ежегодных наибольших снегопадов для определения среднего максимального годового снегопада имеет несколько условный характер и соответствует анализу метеорологических данных для условий Москвы. В других условиях это число может колебаться до 10.

Режим уборки и интенсивность снегоудаления. Режимом уборки называется отрезок времени в часах, установленный для уборки снега с данной улицы. Рекомендуемые категории режимов уборки приведены в табл. 52.

Категорию режима для каждой улицы (площади) следует назначать в зависимости от величины города и значения улицы в транспортном, культурно-административном и других отношениях.

Количество средств механизации уборки и вывозки снега, производительность снеготаялок, снегоплавную способность водостоков определяют на расчетный снегопад и проверяют на максимальный с удлиненным режимом уборки.

Таблица 52

Категория режима	Режим уборки, ч	
	в средний расчетный снегопад	в максимальный снегопад
I	24	36
II	36	48
III	72	72
IV	96	96

Определение общего количества снега за сезон. Общее количество снега, удаляемого за зимний период, определяется по формуле

$$Q = \sum F h k \gamma,$$

где ΣF — сумма площадей, с которых снег подлежит

удалению, м²; h — средняя расчетная высота слоя снега, м; k — коэффициент уплотнения, равный 0,4; γ — объемная масса уплотненного снега, равная 0,3 т/м³;

$$h = \frac{\sum_{1}^{10} h_{т.о} - \sum_{1}^{10} h_t - \sum_{1}^{10} h_и}{10},$$

где $\sum_{1}^{10} h_{т.о}$ — сумма высот твердых осадков за 10 лет, мм; $\sum_{1}^{10} h_t$ — сумма высот твердых осадков, выпадающих при температуре воздуха $>0°$ С, мм; $\sum_{1}^{10} h_и$ — сумма высот твердых осадков в снегопады интенсивностью менее 0,2 мм/ч, мм.

Сумма высот твердых осадков всех видов принимается по метеорологическим данным за 10 лет.

Поперечная перекидка снега на резервные, разделительные, технические полосы и газоны с тем, чтобы оставить его на них до естественного таяния весной, — наиболее дешевый и оперативный способ снегоудаления (7—8 коп. за 1 т). Его недостатками являются загрязнение и ухудшение общего вида улицы, загрязнение поверхности газонов и повреждение зеленых насаждений.

Минимальную ширину полосы для размещения снега принимают 2—2,5 м. Размещение снежного вала на проезжей части должно быть увязано с последующей схемой переброски. При переброске

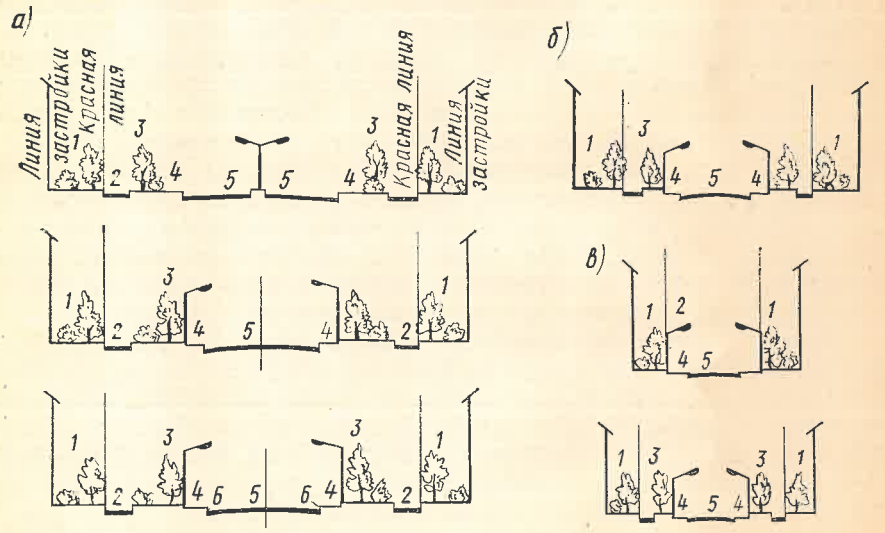


Рис. 78. Поперечные профили улиц с технической полосой для размещения снега:

а — магистрали общегородского значения; *б* — магистраль районного значения; *в* — жилые улицы; *1* — полоса придомового озеленения; *2* — тротуары; *3* — полоса зеленых насаждений; *4* — техническая полоса; *5* — проезжая часть; *6* — борт

снега на полосы с зелеными насаждениями стволы молодых деревьев засыпают на 0,8—1 м, взрослых — на 1,2—1,4 м. Избыточное количество снега удаляют другими способами.

Чтобы полностью исключить загрязнение полос зеленых насаждений и их повреждения, в поперечном профиле улицы (рис. 78) рекомендуется предусматривать специальные технические полосы для размещения снега. Ориентировочная ширина технической полосы в зависимости от ширины проезжей части улицы приводится в табл. 53.

Основными средствами механизации работ по переброске снежного вала из лотка проезжей части на разделительную, резервную, техническую полосу или газон служат роторные снегоочистители. Для въезда на тротуар тротуароуборочных машин борт в сопряжении тротуара с проезжей частью по маршруту (на перекрестках) проектируют пониженным высотой 5—6 см.

Таблица 53

Ширина проезжей части, м	Ширина технической полосы, м	
	с каждой из двух сторон проезжей части	с одной стороны проезжей части
7	—	2
9	2	2,5
10,5	2	2,5—3
15	2,5	3—3,5
20		3,5—4

Во всех случаях применения способа поперечной переброски снега на технические, разделительные и резервные полосы, а также если оставляют его в пределах проезжей части, должны проектироваться мероприятия для обеспечения нормального водоотвода в период таяния снега: а) проездам придают поперечный профиль, исключающий возможность растекания воды от тающего снега поперек проезжей части; б) в пределах газонов, разделительных технических и резервных полос устраивают перехватывающие лотки, исключающие сток воды от тающего снега поперек проезжей части; в) устанавливают дополнительные водоприемные решетки и ветки на существующей сети водостоков для приема воды от тающего снега; г) строят дополнительные водосточные линии для обеспечения приема воды от тающего снега; д) организуют надзор в период таяния снега, исключающий засорение лотков и водоприемных колодцев.

Экономическая эффективность снегоудаления методом поперечной переброски определяется сравнением затрат на его осуществление (с учетом капитальных затрат и срока их окупаемости) с затратами, производимыми при ранее действовавшей системе снегоудаления, или с затратами на вывозку снега на свалки автотранспортом, как наиболее простым способом (с учетом расходов на содержание самих свалок и подъездных дорог к ним).

При разделительной системе городской канализации водосточная сеть должна максимально использоваться для сплава снега. Основные технические характеристики и нормативы сплава снега по водостокам приведены ниже.

Минимальный диаметр водостоков, пригодных для сплава снега, м	0,6—0,7
Оптимальное наполнение трубы водным потоком для снегосплава	0,3—0,4d
Оптимальная скорость водного потока в трубах для снегосплава, м/с	0,6—0,7
Ориентировочный минимальный расход воды на сплав 1 т снега, м³	7—10
Ориентировочный расход воды на маршрутную снегосплавную линию (зависит от длины линии, количества камер, количества снега, размеров водостока), л/с	300—400

Для приема снега в водосток устраивают специальные снегоприемные камеры. Использование обычных смотровых колодцев не рационально. Наилучшим расположением снегоприемной камеры будет ее размещение непосредственно на водостоке. В отдельных случаях допускается устройство снегоприемных камер на водосточных отводах.

При проектировании снегосплава на водостоках, имеющих недостаточный расход воды или не имеющих постоянного расхода, предусматривается обводнение водой из водоемов. Источниками районного или общегородского обводнения, которое отличается от местного потребностью в большом количестве воды, служат водохранилища или реки, позволяющие производить перекачку из них воды в количестве от 1,5 до 6 м³/с и более.

При этом предусматривается создание на возвышенных участках резервных водохранилищ емкостью на 12-часовую работу системы. Раздача воды из водохранилища должна проектироваться главным образом самотечной, но допускается размещение дополнительных насосных станций второго подъема для преодоления водоразделов различных бассейнов. По фекальной канализации можно беспрепятственно сплавлять сравнительно малозагрязненный снег (характеристики его приведены в табл. 54).

Один из видов снегоудаления (снеготаяние) может производиться паром, горячей водой, горячими газами или электроэнергией.

Таблица 54

Характеристика снега	Расчетное количество загрязнений, % к массе снега или талой воды	Расчетная объемная масса, т/м³
Снег лежал (до 2—3 сут) окученный: с улиц с малоинтенсивным движением транспорта и без посыпки песком	0,7	0,3
с улиц с интенсивным движением и с немеханизированной посыпкой песком со всей площади улиц и города (в среднем)	1,5—2	0,3
с улиц с интенсивным движением и без посыпки песком	1	0,3

Для снеготаяния используют снеготаялки или подогреваемые панели, устраиваемые в проезжей части или на тротуарах по всей или по части площади покрытия. Стоимость таяния снега в снеготаялках зависит от многих факторов (стоимости теплоносителя, производительности снеготаялки, затрат на подведение теплоносителя, строительство и эксплуатацию снеготаялки и т. д.) и колеблется для снеготаялок, использующих в качестве теплоносителя горячую воду или пар от ТЭЦ, от 0,5 до 0,8 руб. на 1 т снега.

В средних условиях снеготаяние по стоимости оказывается экономически эффективным для участков городской территории, на которых дальность возки снега автотранспортом превышает 5 км и другие способы снегоудаления отсутствуют.

§ 23. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В ОДНОМ УРОВНЕ

Основной задачей проектирования пересечений (перекрестков) улиц и дорог в одном уровне является организация пропуска транспорта и пешеходов по пересекающимся улицам и дорогам с наименьшими задержками и наибольшей безопасностью. Пропускная способность перекрестков и безопасность движения на них в значительной мере зависят от правильно принятых планировочных решений.

Из большого разнообразия планировочных схем пересечений улиц и дорог в одном уровне, наиболее часто встречающихся в городах, можно выделить следующие основные типы (рис. 79): а) про-

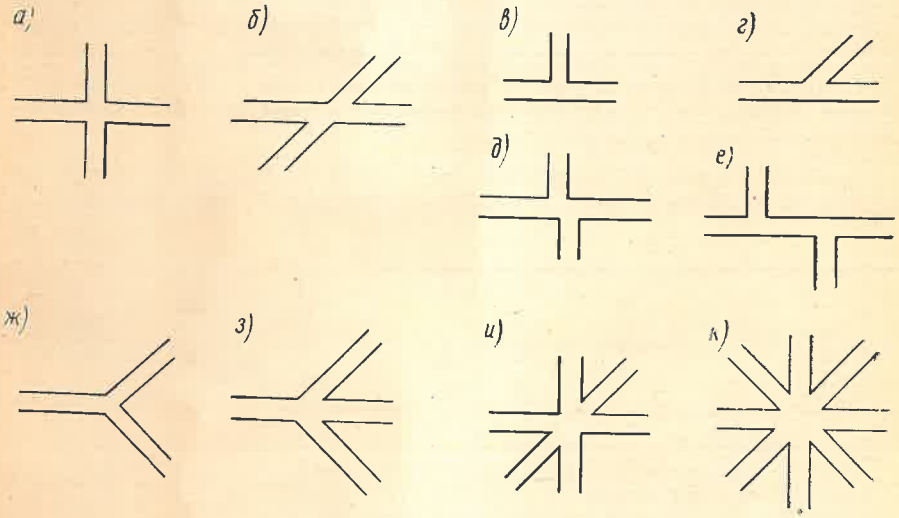


Рис. 79. Пересечения улиц и дорог в одном уровне:

а — прямой перекресток (при угле пересечения улиц или дорог 90 или около 90°); *б* — косой перекресток; *в* — Т-образное прямое пересечение (примыкание); *г* — то же, косое; *д* — полусмещенное пересечение; *е* — смещенное пересечение; *ж* — У-образное пересечение (разветвление или развилка); *з* — вилкообразное пересечение (трезубец); *и*, *к* — сложные пересечения

стые пересечения — прямые и косые перекрестки, примыкания и ответвления, разнообразные разветвления; б) сложные пересечения — транспортные узлы, образующиеся в результате пересечения в одном уровне нескольких улиц и дорог.

Пропускная способность перекрестков определяется пропускной способностью пересекающихся улиц, а их размеры — шириной входящих улиц.

В процессе проектирования пересечений в одном уровне необходимо: определить число полос движения и установить ширину проезжих частей в пределах перекрестка (при сложных пересечениях определить размеры транспортной площади); установить направление и ширину пешеходных переходов; определить зоны, не используемые транспортом, для размещения островков регулирования движения и безопасности; наметить остановочные пункты общественного транспорта (трамвая, троллейбуса, автобуса) на подходах к перекрестку; обеспечить видимость пути для водителей транспорта; выбрать схему организации движения и разработать систему регулирования потоков транспорта и пешеходов на перекрестке.

Ширину перекрестков, как указывалось ранее, устанавливают обычно равной ширине пересекающихся улиц. Однако для повышения пропускной способности и сокращения задержек у перекрестков проезжие части улиц на подходах к перекресткам следует уширять, особенно на перекрестках с саморегулируемым кольцевым движением транспорта. Для организации такого движения в центре перекрестка проектируют направляющий островок диаметром не менее 50—60 м. При кольцевом движении транспорт с улиц безостановочно, плавно вливается в поток движущихся по кольцу автомобилей и также плавно, без остановок выходит за пределы кольца на нужное направление, осуществляя прямое пересечение, правый и левый повороты.

При подходе к перекрестку улиц под примерно одинаковыми углами по отношению друг к другу направляющий центральный островок выполняют в виде круга. При подходе улиц к перекрестку под различными углами направляющий островок приходится вытягивать, придавая ему эллиптическую или другую форму. Направляющие островки следует устраивать приподнятыми на 15 см над уровнем проезжей части. При перекрестно-кольцевом движении диаметр островка можно уменьшать, однако он должен быть не менее 30—40 м.

Ширину проезжей части на перекрестке или площади с саморегулирующим кольцевым движением принимают с учетом числа полос движения (обычно 3, из которых одна — для правоповоротных направлений) и ширины каждой полосы, которая увеличивается по отношению к прямым участкам на величину, зависящую от радиуса направляющего островка. Обычно ширину одной полосы принимают равной 4 м, а общую ширину проезжей части кольцевого движения — 12 м (при условии запрещения стоянок в ее пределах). При дальнейшем уширении проезжей части пропускная способность ее почти не возрастает из-за усложнения процессов перестроения.

В этом случае минимально необходимая территория для устройства саморегулируемого кольцевого движения составляет 0,7 га, т. е. перекрестки превращаются по существу в транспортные площадки.

При проектировании перекрестков большое внимание следует уделять устройству пешеходных переходов. Ширина пешеходных дорожек должна обеспечивать свободный пропуск пешеходов за периоды действия разрешающих сигналов светофоров. За эти пе-

Таблица 55

Магистральные улицы	Наименьшее расстояние между переходами, м	Наименьшая ширина перехода, м
Общегородского значения регулируемого движения	300	6
Районного значения	250	4

риоды пешеходы должны успеть пересечь улицу или дойти до островков безопасности, чаще всего устраиваемых в пределах разделительных полос. Продолжительность сигналов, разрешающих движение пешеходам, должна быть не менее $B/v_{пеш}$, где B — ширина проезжей части, а при широких проезжих частях — половина их ширины (от тротуара до островка безопасности в центральной разделительной полосе), а $v_{пеш}$ — скорость пешеходного движения, принимаемая 1,3 м/с.

Пропускную способность одной полосы перехода через проезжую часть в соответствии со СНиП II-60—75 принимают 1200 пеш/ч.

Ширину переходных переходов, расположенных в одном уровне с проезжей частью, и расстояния между ними необходимо принимать по расчету (см. § 13), но не менее указанных в табл. 55.

Островки безопасности для пешеходного движения следует устраивать при ширине проезжей части более 14 м. Ширину островков принимают равной ширине центральных разделительных полос, а при их отсутствии — не менее 2 м, а длину равной ширине пешеходного перехода.

Защитные элементы островков безопасности должны быть подняты над уровнем проезжей части не менее чем на 15 см. На них размещают светящиеся маячки, регулировочные знаки и указатели. На наземных нерегулируемых пешеходных переходах в зоне треугольника видимости пешеход — транспорт не допускается размещение строений и зеленых насаждений высотой более 0,5 м.

Катеты треугольника видимости следует принимать 8×40 м при скорости движения транспорта 40 км/ч и 10×50 м — при скорости 60 км/ч. Для того чтобы создать более безопасные условия перехода через проезжую часть улицы на перекрестках с движением транспорта большой интенсивности, необходимо устраивать на тротуарах между полосами переходов перильные ограждения, которые пре-

пятствуют выходу пешеходов на проезжую часть в наиболее опасных участках.

Остановочные пункты автобусов и троллейбусов на магистральных улицах регулируемого движения необходимо размещать на расстоянии не менее 20 м после перекрестка (СНиП II-60—75). На улицах с путями трамвая посадочные площадки при подходе к перекресткам размещают на расстоянии 25—35 м от пешеходных переходов.

Пересечения городских улиц и дорог с железными дорогами в одном уровне устраивают на прямолинейных горизонтальных участках и в условиях обеспечения необходимой видимости. Переезды следует оборудовать шлагбаумами и автосигнализацией (световой и звуковой). При скоростных дорогах, магистральных улицах непрерывного движения, а также улицах и дорогах с легковым и грузовым движением больших размеров или же трамвайным, троллейбусным или автобусным движением пересечения с железными дорогами необходимо проектировать в разных уровнях.

§ 24. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В РАЗНЫХ УРОВНЯХ

Проектирование транспортных пересечений в разных уровнях осуществляется в процессе разработки проектов детальной планировки и застройки городов. При разработке проектов планировки для каждого транспортного узла намечаются типы пересечений. При выборе типа пересечений необходимо располагать следующими исходными данными: классификацией входящих в узел улиц по категориям; картограммой интенсивности и характера движения транспорта на площади, перекрестке и входящих в узел улицах на первую очередь и перспективу; материалами, характеризующими гидрогеологические условия территории, прилегающей к узлу; планом прилегающей территории на геодезической подоснове; планом расположения, данными по глубине залегания подземных коммуникаций и их сечению; чертежами продольных и поперечных профилей входящих в узел улиц; условиями и размерами движения пешеходов; прочими требованиями, вытекающими из особенностей местных условий.

При выборе типа пересечений необходимо учитывать также архитектурно-композиционную увязку его с окружающим ландшафтом и прилегающей к транспортному узлу застройкой.

На основе этих данных проектируют схему пересечения, отвечающую требованиям удобства и безопасности движения, а также обеспечивающую минимальную стоимость строительства и дорожно-транспортных расходов при эксплуатации построенного сооружения.

Одним из основных факторов, влияющих на выбор типа пересечения, являются категории улиц, входящих в узел, и нормативные требования к ним. В зависимости от категорий пересекающихся улиц устанавливают главные и второстепенные направления движе-

ния транспорта. Выбранный тип пересечения должен в первую очередь обеспечить непрерывность движения по главному направлению. Для расчета пропускной способности транспортного пересечения составляют картограммы транспортных потоков с указанием их размеров в приведенных автомобилях. В условиях реконструкции уже сложившихся транспортных узлов картограммы потоков составляются по данным натурных обследований транспортных потоков по всем направлениям в определенные периоды суток.

На выбор типа и правильное расположение транспортного пересечения оказывают существенное влияние гидрогеологические условия территории, на которой расположен узел. Состав грунтов и уровень стояния грунтовых вод предопределяют выбор наиболее рациональной конструкции путепровода, определяют условия производства работ по возведению транспортного пересечения.

Различные типы транспортных пересечений в разных уровнях имеют разные линейные размеры и занимают разные площади территории, наличие же капитальной опорной застройки на территории транспортного узла ограничивает возможность выбора типа пересечения по очертанию его в плане. Кроме того, следует иметь в виду большую ценность городской территории и необходимость в связи с этим размещать такой тип пересечения, который занимает меньшую площадь.

Ориентировочные линейные размеры и площадь, занимаемая различными типами пересечений в разных уровнях на горизонтальной поверхности в зависимости от их класса (классификация Б. В. Черепанова), приведены в табл. 56.

В сложившихся городах под улицами и дорогами часто пролегает густая сеть магистральных трубопроводов различного назначения. Переустройство их в случае необходимости значительно увеличивает сроки производства работ и повышает стоимость транспортного пересечения. Эти обстоятельства часто оказывают решающее влияние на выбор типа пересечения и размещения его в плане. Существенное влияние на выбор типа пересечения оказывает также характер планировки входящих в узел улиц.

Таблица 56

Класс пересечения	Тип пересечения					
	„клеверные"		кольцевые		петлеобразные	
	территория, га	линейные размеры, м	территория, га	линейные размеры, м	территория, га	линейные размеры, м
Вне класса *	9	300×300	4,0	200×200	3,5	300×120
I	4	200×200	1,5	120×120	2,5	300×80
II	2	200×100	1,2	110×110	1,0	160×60
III	2	2 (100×100)	1,0	100×100	0,8	150×50

* К этой категории относятся пересечения в разных уровнях на городских скоростных дорогах высшего технического класса.

Продольные уклоны улиц, вдоль которых размещается путепровод, определяют длину его пандусов, а следовательно, и общую протяженность искусственного сооружения (тоннеля или эстакады). В соответствии с поперечными профилями входящих в узел улиц проектируются габаритные размеры путепровода и прилегающих к нему съездов, а также ширина всех проезжих частей, расположенных в пределах узла.

Если рельеф местности и сложность переустройства подземных коммуникаций не препятствуют размещению тоннелей, то предпочтительно сооружение последних, так как при этом в меньшей степени нарушается архитектурный ансамбль и перспектива улиц. В пересечениях улиц и дорог, проходящих в пониженных местах, целесообразно сооружать эстакады.

Проектирование пересечений в разных уровнях должно производиться в сочетании со схемой организации безопасного движения пешеходов. Поэтому при выборе типа пересечения необходимо предусмотреть дополнительные мероприятия, обеспечивающие безопасный переход через проезжую часть улицы. Они заключаются в устройстве внеуличных пешеходных переходов (тоннелей или мостов). Пропуск пешеходов через проезжую часть в одном уровне с транспортом может допускаться только на таких типах транспортных пересечений в разных уровнях, которые предусматривают регулирование движения транспорта на второстепенных направлениях.

При окончательном выборе наиболее рационального типа пересечения сравнивают несколько вариантов, разработанных на уровне архитектурно-планировочного задания. На планах масштаба 1:2000 разрабатывают различные эскизные варианты организации движения и горизонтальной планировки узла со схемой вертикальной планировки и определяют предварительные транспортно-экономические показатели по всем вариантам.

Оценивают конкурируемые варианты по следующим основным показателям: пропускной способности узла, удобству и безопасности движения, стоимости строительства и срока его окупаемости. Наряду с этим учитывают протяженность лево- и правоповоротного движения, а следовательно, и перепробеги транспорта, связанные с необходимостью проезда с основного направления на пересекаемую улицу.

Конкурирующие варианты разрабатывают в масштабе 1:500 (в отдельных случаях масштаб плана может быть уменьшен до 1:1000) с более детальной вертикальной планировкой. Такой масштаб обеспечивает возможность определения всех элементов транспортного узла и уточнения технико-экономических показателей каждого варианта в отдельности.

В состав проекта пересечения в разных уровнях на стадии архитектурно-планировочного задания входят: горизонтальная планировка со схемой организации движения на узле; вертикальная планировка в проектных горизонталях с продольными и поперечными профилями; пояснительная записка с расчетными материалами и технико-экономическими показателями.

На основе утвержденного архитектурно-планировочного задания специализированные проектные организации в соответствии с запроектированной схемой организации движения, расчетными скоростями и пропускной способностью разрабатывают планировочное решение узла и устанавливают геометрические размеры элементов пересечения, определяют размеры искусственного сооружения с его элементами, ширину проезжих частей, тротуаров и полос озеленения, размеры поворотных островков и радиусы кривых на поворотах.

Одним из основных показателей, определяющих размеры искусственных сооружений (путепроводов тоннельного или эстакадного типа), является ширина проезжей части. Ширину проезжей части назначают в зависимости от расчетных размеров и скоростей движения, и на искусственных сооружениях пересечений в разных уровнях она должна соответствовать требованиям СНиП II-60—75 для улиц и дорог в населенных местах.

Проезжая часть путепроводов, расположенных в направлении магистральных улиц на городских пересечениях в разных уровнях, должна обеспечивать не менее чем двухрядное движение транспорта во встречных направлениях. Для разделения встречных направлений движения транспорта при проектировании путепроводов как тоннельного, так и эстакадного типа предусматривают по оси проезжей части разделительные полосы. Исходя из практики строительства транспортных пересечений в разных уровнях, в Москве разделительные полосы для путепроводов тоннельного типа устанавливают шириной 1,3 м, эстакадного типа — 1 м.

Вдоль подпорных стенок тоннеля при отсутствии в нем пешеходного движения, которое, как правило, организуется вне тоннеля, располагаются два служебных тротуара шириной по 0,75 м. Как и на всех городских проездах, проезжая часть в тоннеле и на пандусах отделяется от служебных тротуаров и разделительной полосы бортовым камнем высотой 0,15—0,2 м. Во избежание излишней нагрузки на конструкцию вдоль разделительных полос на городских эстакадах борт обычно не устанавливают, встречное движение отделяется с помощью линий регулирования, обозначенных покраской или цветным камнем.

Тротуары вдоль эстакад размещают так же, как и в тоннелях, и отделяют от проезжей части бортовым камнем, устанавливаемым в виде стенки высотой 0,4—0,45 м, что повышает безопасность движения транспорта, предохраняя его от выезда с проезжей части эстакады.

Ширину проезжих частей на съездах и боковых проездах, предназначенных для поворотного движения, определяют в зависимости от расчетных размеров движения по ним. Однако минимальная их ширина должна быть равна 6—7 м при одностороннем движении и 9—10 м — при двустороннем движении транспорта. Такая минимальная ширина проезжей части необходима для обеспечения возможности объезда случайно остановившегося автомобиля.

Проезжие части съездов ограничиваются бортовым камнем высотой 0,15—0,2 м и в местах сопряжения с линией борта вдоль пандуса путепровода соединяются по кривой радиусом, обеспечивающим нормальный поворот автомобиля. Величину радиусов поворотов устанавливают расчетом в зависимости от вида и скорости транспорта, движущегося на поворот, и принимают не менее: при пропуске грузовых автомобилей и автобусов — 12 м; при пропуске легковых автомобилей — 8 м. При смешанном движении величина минимального радиуса должна соответствовать большему размеру.

При криволинейном размещении путепроводов, что в городских условиях часто неизбежно, радиусы кривых в плане и величины уширения проезжей части должны соответствовать нормативным требованиям, распространяющимся для улиц и дорог в зависимости от их категории и расчетных скоростей движения.

При установлении размеров узла с пересечением в разных уровнях, обеспечивающим большие скорости движения транспорта в сквозных направлениях, следует учитывать необходимость устройства «шлюзов».

Шлюз представляет собой уширение проезжей части магистралей на подходах к съездам для левоповоротного движения и к проездам для осуществления правых поворотов. На шлюзах движущийся экипаж при выезде с магистрали снижает скорость до необходимой и при въезде на нее достигает скорости, соответствующей движению на магистрали в прямом, сквозном направлении. Длина шлюза зависит от разности между скоростями движения на магистрали в прямом направлении и на поворотных проездах и определяется специальным расчетом. В среднем длина шлюза колеблется от 80 до 120 м. Ширина шлюза соответствует ширине одной полосы проезжей части, равной 3,75 м. В случае недостаточной длины прямых участков на левоповоротных съездах для создания шлюзов их устраивают уширением проезжей части на путепроводе и его пандусах.

При проектировании вертикальной планировки необходимо прежде всего обеспечить нормальные условия для движения транспорта с заданными скоростями. В то же время должна быть обеспечена экономичность предлагаемых решений. В первую очередь надо стремиться к уменьшению длины искусственного сооружения и сокращению земляных работ. Большие объемы земляных работ увеличивают сроки строительства транспортных пересечений, а также повышают стоимость их строительства.

Для сокращения длины искусственного сооружения (тоннеля или эстакады) на подходах к ним (пандусах) проектируют предельно допустимые продольные уклоны, обеспечивающие условия безопасности движения с расчетными скоростями.

Проект вертикальной планировки может выполняться методом продольных и поперечных профилей или методом проектных (красных) горизонталей. При этом в любом случае при проектировании надо исходить из допустимых продольных уклонов, принимаемых

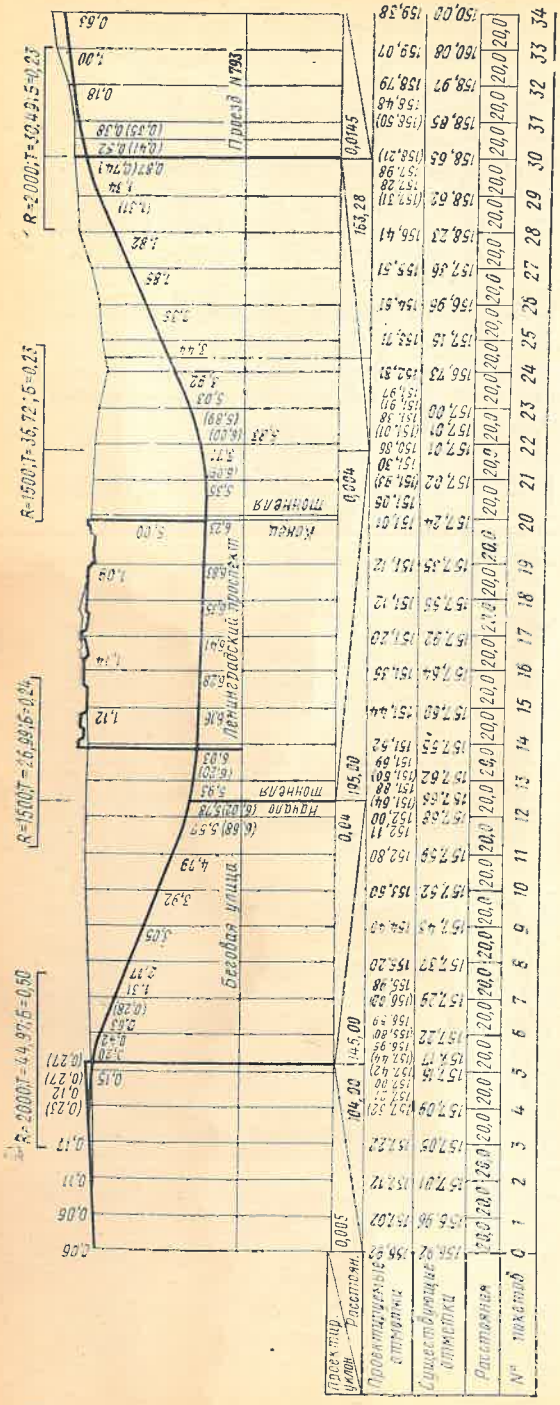


Рис. 80. Пример продольного профиля по оси тоннеля на пересечении в двух уровнях

в зависимости от категории улиц и дорог, а также из минимально допустимых уклонов, необходимых для обеспечения нормального стока поверхностных вод.

Минимально допустимые уклоны принимают равными 5‰ и только на небольших по протяженности участках — 4‰ (при асфальто- или цементно-бетонном покрытии). Максимально допустимые продольные уклоны зависят от категории улиц и дорог и расчетных скоростей.

При проектировании продольного профиля транспортных пересечений в местах изменения уклонов, так же как и на улицах и дорогах, вписывают выпуклые и вогнутые вертикальные кривые (рис. 80). Размеры радиусов вертикальных кривых принимают по нормам проектирования улиц и дорог в соответствии со СНиП II-60—75. В местах перелома уклонов показаны размеры элементов вертикальных кривых. На выпуклой кривой точки начала и конца кривой направле-

ны книзу, а на вогнутых — кверху.

При проектировании плана в горизонталях шаг горизонталей (разность в высотном положении соседних горизонталей) принимается в зависимости от рельефа местности и проектируемых уклонов. При сложном рельефе и значительных уклонах шаг проектных горизонталей принимают 0,2 м. При пологом рельефе горизонтали проектируют через 0,1 м.

Поперечные уклоны проезжих частей тоннелей и эстакад, а также подходов к ним, назначают аналогичными с уклонами пересекаемых в данном узле улиц. Учитывая большие продольные уклоны на пандусах тоннелей, для создания максимальных условий безопасности движения на них целесообразно дорожное покрытие в пределах узла делать из одородных с проезжими частями улиц материалов, но с более шероховатой поверхностью.

При проектировании продольных профилей пересечений тоннельного типа необходимо учитывать габаритные размеры путепроводов по их высоте. Габаритная высота путепроводов — тоннеля и подэстакадного пространства — зависит от вида транспорта. Для пропуска грузовых автомобилей, автобусов и троллейбусов высота в свету должна составлять не менее 4,5 м. Для пропуска двухэтажных автобусов и троллейбусов высота в свету должна быть равна 5 м.

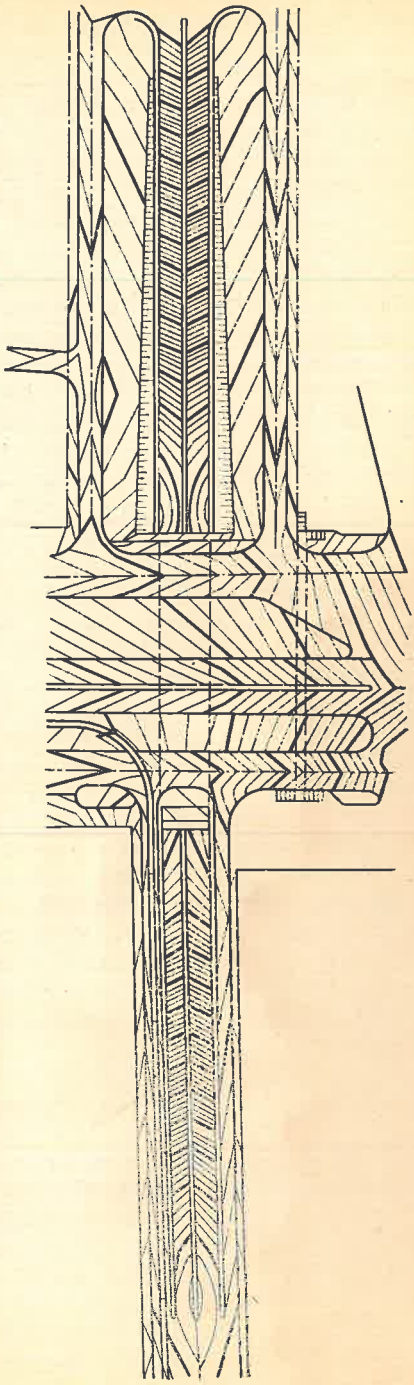


Рис. 81. Проект вертикальной планировки пересечения в двух уровнях

На рис. 81 приведен пример проекта вертикальной планировки пересечения в разных уровнях на перекрестке. На пересечении типа «неполный сплющенный клеверный лист» кроме движения безрельсового транспорта предусмотрено также одностороннее трамвайное движение. Одноколейный трамвайный путь проложен на обособленном полотне вдоль магистрали общегородского значения, а далее он пересекает местный проезд вдоль магистрали и проходит по местному проезду улицы районного значения. Учитывая большое движение и потребность большой ширины тоннеля под магистральной улицей, прокладка его предусмотрена в поперечном направлении, т. е. вдоль пересекаемой улицы. Ширина проезжих частей в тоннеле принята с учетом устройства разделительной полосы и двух служебных тротуаров. Сопряжения смежных участков поверхностей с разными уровнями предусмотрено с помощью откосов (правый пандус), а там, где не позволяет ширина улицы, с помощью подпорных стенок (левый пандус).

При вертикальной планировке подходов к тоннелю особое внимание должно уделяться размещению дождеприемных колодцев и отводу воды из пониженных мест, которыми являются в данном случае котловины, образуемые пандусными спусками в тоннель. Дождеприемные решетки должны быть размещены перед спусками, на самих спусках и в наиболее пониженных местах. Их следует размещать за пределами искусственного сооружения (тоннеля), для чего должен придаваться минимально необходимый уклон в направлении водосброса.

На подходах к тоннелям и эстакадам, имеющих криволинейное очертание в плане, для устранения заносов автомобилей под воздействием центробежной силы необходимо предусматривать устройство виражей путем придания поверхности проезжей части односкатного профиля с уклоном, направленным к центру кривой. На кривых малых радиусов уклоны виражей составляют до 40—60‰. Ширину проездов на криволинейных участках принимают с учетом необходимых уширений.

Переход от двускатного профиля к односкатному и наоборот должен осуществляться плавно. Участок перехода двускатного профиля к односкатному (отгон виража) по длине обычно совпадает с отгоном уширения, а при наличии переходных кривых — также и с последними.

§ 25. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНЕУЛИЧНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ

При проектировании внеуличных пешеходных переходов для обеспечения максимальных удобств пешеходам важное значение имеет правильное установление основных геометрических размеров перехода. Основными геометрическими размерами подземных пешеходных переходов являются: ширина тоннеля и отдельных лестниц или пандусов; уклон тоннелей, лестничных сходов и длина марша; высота тоннеля и глубина его заложения; минимальное расстояние от парапета входа до борта проезжей части; дополнительная ши-

рина тоннеля для размещения рекламы, торговых киосков, касс, телефонов-автоматов.

Для установления основных геометрических размеров должны быть собраны и изучены материалы, характеризующие планировочные условия узла: интенсивность и направление движения пешеходов и интенсивность транспортного движения во всех направлениях; расстояние между перекрестками по магистрали или улице; затраты времени пешеходами на пересечение магистрали; наличие подземных коммуникаций, проложенных в районе проектируемого пересечения, и т. д.

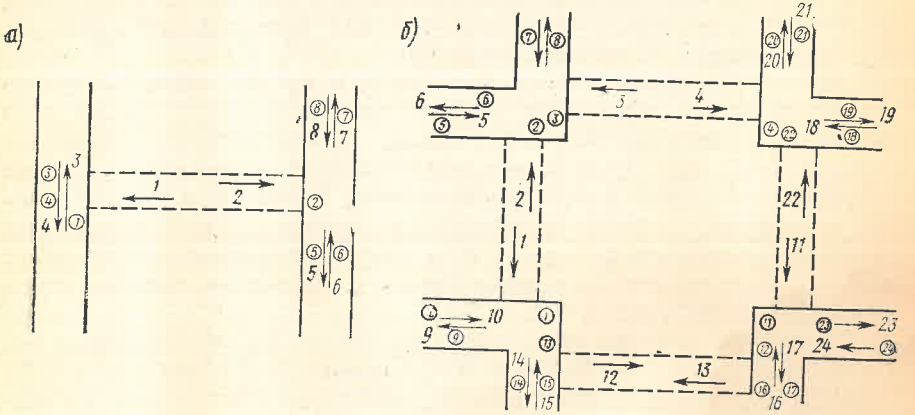


Рис. 82. Схемы расположения наблюдателей по учету движения пешеходов:

а — на перегоне; *б* — на перекрестке; *1—24* (в кружках) — примерное место наблюдателя; *1—24* — участки наблюдений и направления движений пешеходов; → поток пешеходов, подсчитываемый наблюдателем

Ширина пешеходного перехода определяется интенсивностью движения пешеходов в часы наибольшего напряжения и пропускной способностью. Интенсивность движения пешеходов определяют непосредственной постановкой наблюдений. Для этого на плане улицы в масштабе 1 : 2000 наносят все перекрестки и все существующие (действующие) пешеходные переходы через проезжую часть в одном или разных уровнях. У каждого перехода размещают наблюдателей, каждый из которых во избежание ошибок должен вести подсчет пешеходов только по одному направлению.

На рис. 82 приведен пример расстановки наблюдателей на пешеходных переходах, расположенных на перегоне между перекрестками и на самом перекрестке.

Помимо определения количества пешеходов, пересекающих проезжую часть улицы, необходимо учесть количество пешеходов, проходящих вдоль по тротуару, минуя пешеходный переход. Это можно установить непосредственным подсчетом (рис. 82) со стороны, где учет этого движения осуществляют наблюдатели *3* и *4* (цифры в кружках).

При большом скоплении пешеходов количество людей, проходящих по тротуару, минуя переход, может быть установлено из подсчетов наблюдателей *1*, *6* и *8*:

$$П_т = П_6 + П_8 - П_1,$$

где $П_т$ — количество пешеходов, проходящих по тротуару, не пользуясь переходом; $П_{1,6,8}$ — количество пешеходов соответственно по направлениям *1*, *6*, *8*.

По этому же принципу подсчитывают количество пешеходов на всех переходах перекрестка. Наряду с указанными существуют и другие более совершенные методы подсчета количества пешеходов, например с помощью фотоэлементов или специальных датчиков, устанавливаемых в местах переходов.

Для получения наиболее достоверных данных наблюдения по учету движения пешеходов следует производить с 7 до 19 ч не менее трех дней, включая в это число, кроме рабочих, один из праздничных дней. Если в зоне расположения переходов находятся театры, концертные и выставочные залы, стадионы и парки, заводы и фабрики, вокзалы, крупнейшие магазины и другие зрелищные и общественные предприятия, то в часы наблюдений обязательно должны быть включены период начала и окончания сеансов, спектаклей, рабочих смен и т. д.

Время наблюдений необходимо разбивать на определенные периоды (например, по 15 мин), что в большей степени позволит уловить влияние неравномерности движения. Результаты наблюдений и подсчета оформляют в виде диаграмм (рис. 83), на основании которых определяют максимальную интенсивность движения в наиболее напряженный час. Максимальная интенсивность в наиболее напряженный час будет равна максимальной интенсивности за 15-минутный период (см. рис. 83), умноженной на 4. Среднюю устойчивую интенсивность движения определяют как среднее арифметическое от подсчетов количества пешеходов за каждый час наблюдений.

В связи с тем что расположение остановок общественного транспорта оказывает большое влияние на интенсивность движения пешеходов по тому или иному переходу через проезжую часть, следует определять также количество пешеходов, пересекающих улицу и направляющихся на остановку или с остановки общественного транспорта. Эти сведения позволят в дальнейшем при разработке схемы расположения переходов по улице найти наиболее удобное их местоположение.

При проектировании схем расположения переходов необходимо учитывать также преобладающий состав пешеходного движения (пешеходы с детьми, детскими колясками, пешеходы пенсионного возраста). Все эти данные очень важны как для проектирования размещения всех переходов, так и размещения каждого перехода в отдельности.

Помимо определения интенсивности движения пешеходов необходимо установить интенсивность движения транспорта как по

основной магистрали, так и по пересекающейся улице, а также интенсивность право- и левоповоротного движения. Размеры расчетной интенсивности движения пешеходов $N_{расч}$ (чел/ч) для городских улиц и магистралей, расположенных в застроенной части города и не подлежащих реконструкции, определяют с учетом коэффициента неравномерности и коэффициента перспективного увеличения движения:

$$N_{расч} = N_{набл} q K,$$

где $N_{набл}$ — интенсивность движения пешеходов, установленная наблюдением, чел/ч; q — коэффициент сезонной неравномерности (1,1—1,3); K — коэффициент, учитывающий прирост населения и увеличения его подвижности (1,3).

Маршруты и направления	Количество пешеходов в интервале							
	8⁰⁰–8¹⁵	8¹⁵–8³⁰	8³⁰–8⁴⁵	8⁴⁵–9⁰⁰	9⁰⁰–9¹⁵	9¹⁵–9³⁰	9³⁰–9⁴⁵	9⁴⁵–10⁰⁰
1	60	80	200	280	150	120	90	130
2	180	200	350	320	350	380	470	400
3	160	220	480	640	600	700	580	440
4	220	240	360	260	310	310	240	290
5	100	160	230	190	110	220	130	130
6	200	270	410	540	330	350	460	450

Маршруты и направления	Количество пешеходов в интервале							
	17⁰⁰–17¹⁵	17¹⁵–17³⁰	17³⁰–17⁴⁵	17⁴⁵–18⁰⁰	18⁰⁰–18¹⁵	18¹⁵–18³⁰	18³⁰–18⁴⁵	18⁴⁵–19⁰⁰
1	190	280	240	210	250	210	180	120
2	900	1060	1000	1100	800	1000	800	600
3	980	920	1100	820	1070	570	460	450
4	810	740	760	740	780	750	540	380
5	410	630	600	490	660	550	440	180
6	1210	1220	1290	1210	1220	1130	1030	1050



Рис. 83. Диаграмма учета движения пешеходов

Однако в каждом конкретном случае коэффициент K следует определять в увязке с технико-экономическими основами плана реконструкции города, в составе которого имеются данные и по приросту населения, и по увеличению подвижности населения на перспективный срок.

При назначении расчетной интенсивности движения пешеходов на городских улицах, расположенных в неполностью застроенных частях города, необходимо учитывать также увеличение интенсивности пешеходного движения после окончания застройки. Здесь особое внимание должно быть уделено учету влияния строящихся общественных зданий, крупных торговых центров, зрелищных предприятий, вокзалов, производственных предприятий и т. п.

После подготовки данных об интенсивности движения пешеходов и транспорта на различных участках городской улицы или магистрали, местах расположения существующих переходов, оста-

новках общественного транспорта, а также о характере застройки приступают к разработке схемы размещения пешеходных переходов. Все эти сведения переносят на план магистрали или улицы в масштабе 1 : 2000.

Если городская улица или магистраль подлежат реконструкции, на этот же план наносят все ее перспективные данные (будущую ширину и расположение проезжих частей, газонов, тротуаров, транспортных пересечений в разных уровнях и т. д.). На этот же план наносят остановочные пункты общественного транспорта, стоянки такси, станции метрополитена, вокзалы, пристани и т. д. Существующие здания, а также предприятия, представляющие интерес с точки зрения создания пешеходных потоков, наносят на план с указанием необходимых сведений (вместимость зала кинотеатра, арены стадиона, численность работающих и т. п.).

На основании этих данных разрабатывают варианты схемы размещения пешеходных переходов, руководствуясь при этом следующими основными положениями (СНиП II-60—75): расстояние между пешеходными переходами через городскую улицу или магистраль должно быть в пределах 400—600 м; расположение пешеходных переходов должно быть увязано с расположением остановок общественного транспорта, а также с входами в станции метрополитена, вокзалы, крупные магазины, кинотеатры и другие пешеходообразующие пункты; устройство пешеходного перехода в разных уровнях с транспортом на улицах и дорогах с нерегулируемым движением необходимо при интенсивности движения транспорта более 600 ед/ч на одну полосу движения (для улицы с разделительной полосой — 1000 ед/ч) в обоих направлениях и одновременной интенсивности пешеходного движения более 150 чел/ч; на скоростных дорогах и магистральных улицах непрерывного движения пешеходные переходы в разных уровнях необходимо проектировать независимо от их ширины и интенсивности пешеходного движения, а на улицах и дорогах с нерегулируемым движением — при потоке пешеходов через проезжую часть более 3000 чел/ч и при ее ширине 14 м и более; пешеходные переходы необходимы на перекрестках улиц и дорог с нерегулируемым правоповоротным движением интенсивностью более 300 приведенных автомобилей в 1 ч, а также на площадях и перекрестках с кольцевым саморегулируемым движением транспортных средств, если размеры конфликтующих потоков транспорта и пешеходов требуют введения светофорного регулирования.

Кроме того, необходимо сооружать внеуличные пешеходные переходы для связи садов, парков, бульваров, скверов, площадок у памятников и монументов, имеющих по отношению к проезжей части островное положение. Следует также учитывать, что на тех магистралях, где нет непрерывного движения транспорта, светофоры устанавливают обычно только на перекрестках на расстоянии 700—1000 м и более, а на перегоне и на перекрестках, где есть только правые повороты, светофоры отсутствуют. Переход в этих местах проезжей части небезопасен. Условия перехода проезжей

части на перегонах осложняются тем обстоятельством, что, проходя светофор, автомобили движутся группами, но из-за различной их скорости и из-за влияния правоповоротных потоков движение на перегоне в некотором отдалении от светофора превращается в непрерывное. Поэтому на перегонах между перекрестками с регулируемым светофорами движением необходимо устройство внеулич-

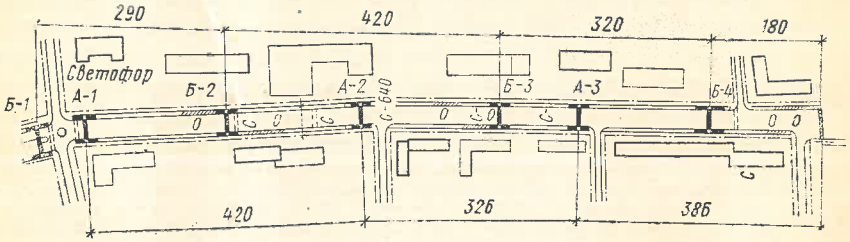


Рис. 84. Схема расположения внеуличных пешеходных переходов на городской магистрали:

А — проектируемые переходы по первому варианту; *Б* — то же, по второму варианту; *С* — существующие пешеходные переходы; *О* — существующие остановки общественного транспорта

ных переходов, как и на перекрестках без регулирования движения.

Схемы размещения внеуличных пешеходных переходов разрабатывают в нескольких вариантах. На схемах показывают существующие пешеходные переходы в одном уровне с поверхностью проезжей части и интенсивность движения пешеходов по ним, проектируемые подземные пешеходные переходы предполагаемых вариантов и расстояния между ними, а также существующие остановки общественного транспорта.

Пример расположения существующих пешеходных переходов в одном уровне с проезжей частью и проектируемых подземных переходов приведен на рис. 84.

Оценив достоинства и недостатки каждого варианта расположения внеуличных пешеходных переходов и сравнив между собой, их представляют на обсуждение и согласование с заинтересованными организациями. К таким организациям относятся: отделы районного архитектора и благоустройства, местного исполнительного комитета Совета народных депутатов, отдел РУД-ГАИ, городское управление пассажирского транспорта, магистральная архитектурная мастерская, проектирующая данный район города. Окончательное решение о принятии к проектированию того или иного варианта расположения пешеходного перехода, согласованное с заинтересованными организациями, выносится на рассмотрение утверждающей инстанции. После утверждения схемы расположения внеуличных переходов по всей трассе городской улицы или магистрали производят выбор типа перехода и составляют проект его размещения.

При разработке проекта размещения внеуличного пешеходного перехода необходимо руководствоваться следующими основными положениями: путь пешехода для пересечения проезжей части улицы должен быть прямолинейным, т. е. время на пересечение улицы, затрачиваемое пешеходом, по возможности не должно увеличиваться при сооружении внеуличного перехода; расположение входов и выходов пешеходных переходов нужно увязывать с расположением остановок общественного транспорта, а также со входами в станции метрополитенов, вокзалов, крупных магазинов, кинотеатров, рынков и т. д.; расположение входов и выходов пешеходного перехода не должно создавать неудобств для пешеходов, которые не пользуются пешеходными переходами; размеры элементов пешеходного перехода должны соответствовать нормативам пропускной способности; в случае необходимости следует учитывать возможность устройства пандусных полос для детских колясок; расположение пешеходных переходов и его элементов должно быть рассчитано на наименьший объем работ по переустройству подземных и наземных сооружений; должна быть установлена возможность выделения внутри перехода дополнительных площадей для размещения рекламы, киосков и т. д.; планировочное решение должно исходить из применения типовых деталей, современной технологии, механизации работ и техники безопасности; строительство должно вестись с минимальным периодом стеснения или закрытия движения пешеходов и транспорта на этом участке.

ГЛАВА III

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРОДСКИХ УЛИЦ И ДОРОГ

§ 26. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Технология и организация строительства городских улиц и дорог протекает в условиях, отличных от условий строительства загородных автомобильных дорог, и имеет ряд специфических особенностей.

Основными из них являются: а) стесненность объектов строительства существующей городской застройкой или строительными площадками застраиваемого района; б) неравномерность распределения объемов работ по длине улиц, дорог и трамвайных путей; в) наличие большого количества подземных коммуникаций (как существующих, так и проектируемых); г) необходимость, зачастую, ведения работ на улице в условиях интенсивного движения городского транспорта и пешеходов; д) невозможность организации больших складских территорий для хранения дорожно-строительных материалов, деталей, конструкций; е) необходимость в дополнительных перевозках грунта (подвоза недостающего или вывозка излишнего грунта) при возведении земляного полотна из-за невозможности закладки резервов или отсыпки кавальеров в непосредственной близости от места строительства.

Из всех отраслей строительной индустрии дорожное и путевое строительство является наиболее зависимым от атмосферных и климатических условий, поэтому основным строительным периодом являются лето и часть весны и осени. Продолжительность такого периода для средней полосы РСФСР составляет 6—7 месяцев.

Удлинение сроков строительного сезона снижает стоимость строительства, повышает коэффициент использования парка строительных машин, равномерно распределяет рабочую силу, значительно сокращает сроки работ. Удлинение строительного сезона для дорожных и путевых работ зависит от степени индустриализации строительства и применения современных сборных бетонных и железобетонных конструкций.

По своему характеру дорожные и путевые работы делятся на заготовительные, транспортные и строительные. К *заготовительным* и *транспортным* работам относятся заготовка, переработка и транспортирование материалов и изготовление сборных деталей на заводах и полигонах. Это добыча и дробление камня, заготовка и обогащение гравия и песка, приготовление асфальтобетонных и цементно-бетонных смесей, изготовление сборных конструкций, деталей и т. д. К *строительным работам* относятся земляные работы,

устройство оснований и покрытий, возведение искусственных сооружений и путевые работы при строительстве путей трамвая.

Строительные работы подразделяются на линейные и сосредоточенные. Линейными называют работы, которые более или менее равномерно распределены по длине улицы (земляные работы с примерно одинаковыми рабочими отметками, устройство оснований и покрытий, установка бортовых камней, укладка рельсовых путей). К сосредоточенным относят работы большой трудоемкости, неравномерные по объему (устройство больших насыпей и выемок на коротких участках, строительство транспортных и пешеходных пересечений, мостов, подземных коллекторов и т. п.).

При сооружении городских дорог важное значение имеет рациональная организация процессов строительства. Одним из наиболее рациональных способов организации работ является поточный метод строительства при комплексной механизации всех процессов. Поточный метод в строительстве городских дорог и рельсовых путей получил в настоящее время широкое распространение. При поточном методе строительства все работы выполняют в непрерывной технологической последовательности с одинаковой скоростью движения (рис. 85). Строительный поток и обеспечивающие его работу производственные предприятия и базы должны организованно объединять весь комплекс заготовительных, транспортных и строительно-монтажных работ.

Поточный метод требует последовательного включения в работу различных специализированных дорожно-строительных подразделений. При этом окончание равных по длине и подготовленных к сдаче в эксплуатацию участков улицы должно осуществляться через определенные промежутки времени (смену, рабочий день). При

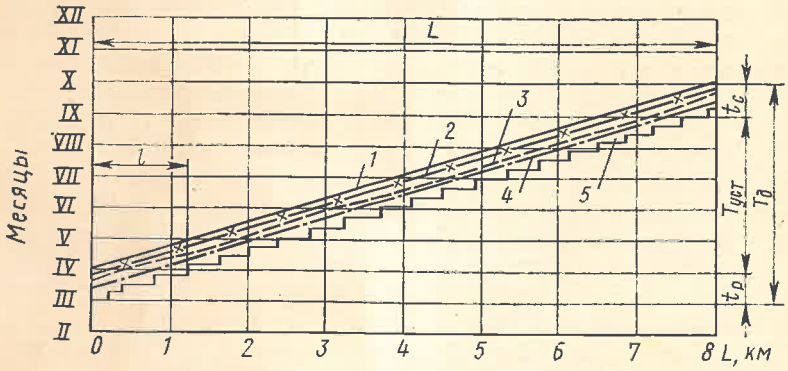


Рис. 85. Календарный график производства работ при поточном методе строительства:

1 — работы по озеленению; *2* — устройство покрытия; *3* — устройство основания; *4* — подготовка земляного полотна; *5* — прокладка подземных коммуникаций; T_y — годовое время действия потока; $T_{уст}$ — период установившегося потока; t_p — период развертывания потока; t_c — период свертывания потока; *L* — годовой участок работы потока; *l* — длина потока (фронт работ)

поточном методе весьма важное значение имеет специализация строительных организаций и рабочих бригад, которая обеспечивает наиболее высокую производительность и высокое качество работ и создает условия для максимального использования строительной техники.

При строительстве улиц, дорог и трамвайных путей поточным методом до начала дорожно-транспортных и путевых работ должны быть полностью закончены работы по укладке подземных коммуникаций, входящих в зону строительства. Строительство искусственных сооружений при поточном методе ведения работ может быть закончено до начала дорожных работ не на всей трассе, а только на тех участках, к которым в каждый данный момент подходят работы по устройству дорожной одежды или по укладке рельсового пути.

При организации работ поточным методом вводятся понятия длины и скорости потока. *Длиной потока* или фронтом работ называют участок строящейся улицы, на котором располагают все средства производства, входящие в состав специализированных отрядов, т. е. механизированных подразделений, каждому из которых поручают выполнение какого-либо одного процесса. Часть общего фронта работ, равная или кратная скорости потока, на которой располагают средства производства, выполняющие одну или несколько совмещенных операций, называют захваткой.

В процессе строительства в некоторых специализированных подразделениях возможны вынужденные простои, которые при отсутствии фронта работ приостановят работу других специализированных подразделений. Поэтому для создания фронта работ следует допускать разрыв между захватками. Длина потока равняется сумме всех захваток и разрывов между ними. Для сокращения протяженности потока (что особенно важно в городских условиях) разрывность между специализированными отрядами или отдельными процессами следует допускать не более одного сменного задания.

Скоростью или темпом потока называют длину участка улицы или дороги, проходимого потоком в единицу времени (в смену или сутки), определяющую производительность потока в метрах или километрах. Темп потока определяют, исходя из заданного срока работ и длины участка дороги или пути, вводимого в эксплуатацию.

Периодом развертывания потока или ввода в действие отрядов называют время от начала работы первого отряда до ввода в действие последнего отряда на начальном участке работы.

Темп потока $v_п$ можно определить по формуле

$$v_п = L/(T_д t_р),$$

где L — длина участка дороги, подлежащего строительству; $T_п$ — период действия потока.

Время развертывания потока $t_р$ представляет собой время (в сменах) с начала работы первого специализированного отряда до начала работы последнего специализированного отряда.

Скорость потока обычно устанавливают в зависимости от продолжительности строительного сезона и линейного объема задания. Продолжительность строительного сезона для линейных работ для разных городов различна.

При поточном методе работ строительство городской улицы или дороги выполняют в такой последовательности:

подготовительные работы, включающие разработку мероприятий по полному или частичному закрытию движения городского транспорта и пешеходов, устройству различного рода ограждений, временных проездов и путей, сносу строений, попадающих в зону строительства; пересадке деревьев и кустарников; перекладке (в случае необходимости) существующих подземных коммуникаций и т. д.;

строительство подземных инженерных сетей, включающее земляные работы для прокладки сетей, а также монтажные работы по сооружению коллекторов, камер, колодцев, трубопроводов, кабелей и т. п., с засыпкой и уплотнением траншей после прокладки подземных коммуникаций;

возведение земляного полотна и устройство дренажа мелкого заложения;

устройство основания проезжей части, включающее установку бордюрного камня, устройство дренирующих и морозозащитных подстилающих слоев, а также различных конструктивных слоев основания проезжей части и путей трамвая;

устройство покрытия проезжей части, включающее работы по укладке верхнего и нижнего слоя и отделке покрытия, а также при необходимости покрытия трамвайного пути;

строительство тротуаров с устройством основания и тротуарного покрытия;

организация освещения улицы с установкой осветительных мачт и подвеской осветительной арматуры;

озеленение улицы;

оборудование улицы средствами регулирования движения.

При таком разнообразии работ, выполняемых при строительстве городской улицы, должен быть разработан четкий проект организации строительства, взаимно увязывающий в данной технологической последовательности все операции по строительству элементов улицы. При составлении проекта организации работ необходимо учитывать основные показатели, характеризующие технико-экономическую эффективность принятого решения.

Основным направлением технического прогресса в строительстве городских улиц и дорог является внедрение индустриальных методов работ, присущих современному машинному производству: широкое применение сборных конструкций, повышение их заводской готовности, внедрение новых эффективных материалов, широкое использование местных сырьевых ресурсов, совершенствование технологии приготовления и укладки асфальтобетона и цементобетона, комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, поточные методы строительства.

Индустриализация является основным направлением развития строительства, ведущим к превращению строительного производства в механизированный поточный процесс сборки и монтажа сооружений из имеющих максимальную заводскую готовность крупноразмерных конструкций, обеспечивающих снижение продолжительности строительства и скорейший ввод в действие построенных объектов.

Внедрение механизации и автоматизации, а также передовой технологии должно быть направлено на обеспечение прочности и максимальной работоспособности дорожно-транспортных сооружений городских улиц, улучшение их транспортно-эксплуатационных показателей, а также повышение экономической эффективности строительства.

Основными показателями экономической эффективности являются: снижение сметной стоимости строительства улиц и дорог, а также путей трамвая в результате применения прогрессивных проектных решений; повышение производительности труда; сокращение сроков строительства; удлинение строительного сезона; быстрый ввод построенных объектов в эксплуатацию и снижение эксплуатационных затрат на содержание дорожного и путевого хозяйства, максимальное увеличение сроков их службы.

С целью повышения экономической эффективности и качества строительства городских улиц и дорог постоянно ведутся научные исследования по разработке технологии комплексного строительства транспортных сооружений и подземных инженерных сетей с применением новейшей техники, строительных материалов и конструкций, разработке научных методов планирования и организации строительства дорог и подземных сооружений на основе использования методов сетевого планирования и применения электронно-вычислительной техники, проектированию и внедрению автоматизированных систем управления и организации городского дорожного строительства.

§ 27. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Работы по строительству или реконструкции городских улиц, дорог и площадей начинают с восстановления трассы и закрепления на месте всех основных точек, определяющих положение проектных линий. Для этого используют данные технического проекта и знаки, оставленные изыскателями (геологами и проектировщиками) вдоль трассы и на прилегающих к ней зданиях и сооружениях. При этом могут быть использованы материалы, полученные при разработке проектов планировки городов, а также материалы городских хозяйств, производящих на территории будущей дороги инженерные, геологические, геодезические и другие работы. Для использования этих материалов при планировке и застройке городов все организации, производящие съемочные работы, геологические и другие обследования и изыскания, обязаны передавать подлинники материалов местным Советам, у которых они могут быть при необходимости затребованы.

При восстановлении и закреплении трассы пользуются разби-

вочными рабочими чертежами, составленными по осям улиц и красным линиям, на основе проектов вертикальной планировки. Работы по восстановлению трассы складываются из нахождения и закрепления основных точек, определяющих положение красных линий и оси дороги в плане; контрольных замеров и уточнений поперечных профилей на участках со сложным рельефом; проверки наиболее ответственных отметок трассы (вершины углов поворотов, пикетов и т. д.); проверки отметок реперов и установки дополнительных временных реперов.

Трассу дороги закрепляют прочно забитыми кольями или свайками высотой не менее 0,5 м. Пикеты наносят через 20 м под прямым углом к оси трассы. Промежуточные точки на кривых разбивают через каждые 5, 10 и 20 м при радиусах кривых соответственно до 100, от 100 до 500 и более 500 м. На углах поворотов устанавливают столбы $d=10—15$ см на расстоянии 0,5 м от вершины угла на продолжении его биссектрисы. На лицевой стороне столба надписывают порядковый номер угла поворота, радиус, тангенс и биссектрису кривой. Места установки столбов и сваек со знаками закрепляют путем привязки с измерением расстояний не менее чем к трем наиболее постоянным предметам ситуации. В условиях плотной городской застройки восстановленные точки закрепляют на стенах капитальных сооружений несмываемой краской.

В ряде случаев при прокладке трассы приходится предварительно сносить ветхие и малоценные сооружения, после чего закреплять элементы трассы и восстанавливать пикетаж. В процессе восстановления и закрепления трассы ведут журнал выносок по установленной форме. При восстановлении трассы проверяют наличие не только основных высотных отметок, закрепленных реперами, но и дополнительных, устанавливаемых на пересечениях с улицами и дорогами, железными дорогами, у малых искусственных сооружений, на обоих берегах переходов рек и водоемов, на насыпях и в выемках высотой (глубиной) более 5 м. При этом необходимо следить, чтобы реперы находились за пределами трассы и сохранились до конца строительства.

Параллельно с восстановлением трассы закрепляют на местности дорожную полосу, предназначенную в соответствии с проектом производства работ для размещения вспомогательных предприятий, складов, временных сооружений и т. д. Размеры дорожной полосы и вспомогательных сооружений должны быть утверждены в соответствующих инстанциях. До начала земляных работ дорожную полосу очищают от кустарника, деревьев, пней и т. д., после чего производят перекладку инженерных сооружений, находящихся в опасной зоне или подлежащих реконструкции. Эти работы с применением современных дорожно-строительных машин можно производить как в летние, так и зимние месяцы. Для этого следует применять высокопроизводительные бульдозеры и экскаваторы, а также набор специальных машин и механизмов: тракторные трелевочно-корчевальные лебедки, кусторезы, моторные и электрические пилы, корчеватели, рыхлители и т. п.

Параллельно с расчисткой дорожной полосы при необходимости устраивают временные дороги со сборно-разборными покрытиями из инвентарных железобетонных плит. Наиболее эффективно применять для этой цели симметрично армированные предварительно напряженные плиты размерами 6,0×1,75×0,14 м, разработанные для строительства временных городских дорог. Из этих же плит можно устраивать временные площадки для приобъектных складов и размещения дорожно-строительной техники.

Для приема, хранения и выдачи готовых конструкций, оборудования и других грузов, поступающих на строительный объект, устраивают временные склады. В городах с развитым производством бетона и железобетона отпадает острая необходимость в промежуточном складировании большого количества материалов и изделий, которые доставляются на строительную площадку непосредственно с завода. В этом случае следует использовать возможности организации монтажа сборных элементов дороги непосредственно с колес.

При необходимости промежуточного складирования количество хранящихся на складах материалов и деталей можно обеспечивать бесперебойное ведение строительно-монтажных работ, но в то же время не создавать излишние их запасы, омертвляющие оборотные средства. Запасы щебня, песка и цемента рассчитывают обычно на 25—30 рабочих дней и в соответствии с этим устраивают временные складские помещения или площадки.

До начала земляных работ удаляют повсеместно вдоль трассы растительный слой, который используют затем при озеленении городских парков, площадей и улиц, а также при планировке с укреплением засевом трав небольших откосов насыпей и выемок. Снятый гумусированный грунт вывозят автосамосвалами или же укладывают в отвалы объемом не менее 100 м³ каждый с целью предохранения его от зарастания и размыва. Для разработки и перемещения растительного грунта применяют бульдозеры, скреперы, грейдеры и другие землеройные машины.

Непосредственно перед началом земляных работ, если они будут производиться в непосредственной близости от движущегося городского транспорта, строительную площадку ограждают деревянными щитами. Перед ограждением навстречу движению транспорта на расстоянии 15 м устанавливают дорожные сигнальные знаки: «Внимание», «Въезд запрещен», «Движение только направо» и др. С наступлением темноты зону производства работ освещают сигнальными лампами красного цвета.

В связи с тем что городские улицы имеют вытянутую строительную площадку, для обеспечения мест отдыха и питания строителей целесообразно применять передвижные бытовые вагончики, которые должны перемещаться по мере развертывания фронта работ.

Подача электроэнергии для освещения строительных площадок, работы различных электрифицированных инструментов и механизмов, освещения и обогрева временных сооружений и т. д. должна осуществляться от имеющейся сети городской энергосистемы. В

процессе строительства по мере необходимости для этих целей можно использовать передвижные электростанции типа ЖЭС-65, ДЭС-60, ДЭСМ-30 и др. Водоснабжение строительной площадки может осуществляться путем врезки в существующую сеть городского водопровода.

Своевременная и качественная подготовка к производству основных строительно-монтажных работ является залогом успешного выполнения задания по строительству объекта.

§ 28. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

Вертикальную планировку городской территории выполняют с целью создания спланированной поверхности, отвечающей требованиям благоустройства, обеспечения по улицам и дорогам продольных уклонов, допустимых для движущегося транспорта, отвода поверхностного стока и прокладки подземных сетей без излишнего их заглубления.

Работы по вертикальной планировке в пределах улицы и прилегающих к ней территорий должны опережать устройство ее проезжей части и тротуаров. Это дает возможность определить заранее глубину заложения подземных трубопроводов и кабелей, а также решить задачу отвода поверхностных вод наиболее экономичным способом. Первоначально производят геодезические работы по разбивке в плане и профиле трассы улицы и пикетажа, определению границ проезжей части, тротуаров и газонов. Вертикальную планировку необходимо выполнять одновременно по всей ширине земляного полотна с целью сосредоточения землеройных машин (экскаваторов, бульдозеров, скреперов, автогрейдеров) на определенных последовательных участках улицы.

Средства механизации выбирают в зависимости от типа земляного полотна, его вертикальных отметок, способа производства работ, дальности перемещения грунта и сосредоточенности земляных масс. Выбор типа машин должен быть обоснован технико-экономическим расчетом с учетом конкретных условий и объемов работ, сроков их выполнения, стоимости производства земляных работ. Выбор типа машин определяется также свойствами грунтов: плотностью, влажностью, степенью прилипания. По трудности разработки грунты классифицируются по группам, представленным в табл. 57.

На каждый конкретный объект строительства составляют технологические карты, учитывающие все разновидности земляных работ. Технологические карты включают таблицы и схемы, в которых приводятся сведения по организации и производству работ, а именно: виды и марки машин и коэффициент их использования; технологические операции и последовательность их выполнения, расчетный темп производства работ, определяемый в зависимости от общего объема земляных работ, их вида и необходимого срока их выполнения.

Таблица 57

Наименование и характеристика грунтов	Машины			
	экскаваторы	скреперы	бульдозеры	автогрейдеры
	Группы грунтов по трудности их разработки			
Галька и гравий размером до 80 мм	I—II	II	II	II
Грунт растительного слоя всех видов без примеси корней и булыжника	I	I	I	I
Глина жирная мягкая и насыпная, слежавшаяся без примеси щебня, гравия и гальки	II	II	II	II—III
Каштановые земли и чернозем:				
естественной влажности	I	I	I	I
отвердевшие	II	II	III	III
Песок:				
сухой, кроме дюнного и барханного	I	II	III	III
дюнный и барханный	I	II	III	—
естественной влажности без примеси щебня и гравия	I	II	II	II
Суглинки:				
легкие и лёссовидные тяжелые и слежавшиеся	I	I	I	I
насыпные	II	II	II	II
Супеси всех видов	I	II	II	II
Мерзлые грунты песчаные и супесчаные, предварительно разрыхленные	II	III	III	—
Моренные глины с валунами в количестве до 30% по объему	IV	—	III	—

Производство земляных работ одноковшовыми экскаваторами. При разработке выемок в городских условиях наибольшее распространение получили одноковшовые экскаваторы с емкостью ковша до 1 м³. Экскаваторы используют преимущественно при разработке грунта с погрузкой его в транспортные средства. Применяют экскаваторы с различным сменным оборудованием: прямой и обратной лопатой, драглайном. Экскаваторы с прямой лопатой применяют при разработке выемок в высоких забоях с погрузкой грунта в транспортные средства. Экскаватором, оборудованным драглайном, или обратной лопатой, разрабатывают грунт лишь с поверхности забоя. Основными показателями, характеризующими целесообразность применения одноковшовых экскаваторов с определенной емкостью ковша, являются объемы земляных работ на объекте и сроки строительства. Обычно на строительном объекте при объеме земляных работ до 10 000 м³ используют экскаваторы с емкостью ковша 0,25—0,65 м³, при объеме свыше 10 000 м³ — емкостью 1,0 м³.

Для максимального наполнения ковша экскаватора высоту забоя следует принимать в соответствии с данными табл. 58.

Таблица 58

Вместимость ковша, м³	Высота забоя в зависимости от грунтов земляного полотна, м		
	мелкие и пылеватые пески, супеси	суглинки и глины	пылеватые грунты
0,25	1,3—4,5	1,9—5,0	3,5—5,5
0,50	1,6—5,0	2,5—5,5	4,7—6,0
1,0	2,0—6,0	3,2—6,5	5,6—7,0

Размер и форма забоев, направление движения экскаваторов и транспортных средств определяет проект организации работ. Очертание забоя зависит от категории грунта, условий перемещения экскаватора и вида сменного оборудования (прямой или обратной лопаты, драглайна).

Производительность экскаватора определяется продолжительностью цикла, который складывается из следующих операций: набора грунта, поворота стрелы с загруженным ковшом, выгрузки грунта в транспортные средства, поворота стрелы с порожним ковшом и опускания ковша для следующего набора и может быть определена по формуле

$$П_э = \frac{60 T q k_н k_в n}{k_р},$$

где T — продолжительность рабочей смены, ч; q — геометрическая емкость ковша, м³; $k_н$ — коэффициент наполнения ковша, примерные значения которого приведены в табл. 59; $k_в$ — коэффициент использования рабочего времени; n — количество циклов в минуту; $k_р$ — коэффициент разрыхления грунта (1,1—1,3).

Таблица 59

Рабочее оборудование	Значения $k_н$ для				
	сыпучих грунтов	легких связных грунтов	средних глин	тяжелых глин	взорванных скал, сланцев
Прямая лопата	1—1,2	1,15—1,4	0,5—0,95	0,55—0,7	0,3—0,5
Драглайн	1—1,15	1,2—1,4	0,8—0,9	0,5—0,65	0,3—0,55

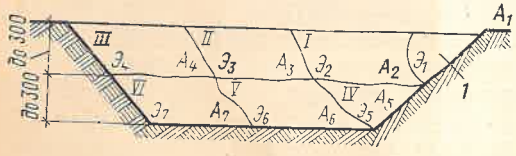


Рис. 86. Разработка выемки продольными проходками:

I—VI — порядок проходок; $Э_1$—$Э_7$ — положения экскаватора; A_1—A_7 — положение автосамосвалов; *1* — пионерная траншея

Разработку выемок экскаваторами с прямой лопатой обычно производят продольными сквозными проходками, лобовыми проходками на всю ширину забоя, комбинированным способом — лобовой разработкой со сквозными проходками.

Разработку выемки продольными проходками (рис. 86) начинают с рытья пионерной траншеи на всю длину выемки. При ее разработке экскаватор перемещает грунт в транспортные средства или в отвал. Ширину пионерной траншеи назначают не менее 6 м, а глубину — 2,5 м из условия, что экскаватор при повороте на разгрузку хвостовой частью не заденет за боковую стенку забоя. Неглубокие выемки разрабатывают за один проход, глубокие — продольными параллельными проходками в несколько ярусов по высоте.

После рытья пионерной траншеи разрабатывают последовательно участки *I, II, III* и т. д. (рис. 86) с погрузкой грунта в автомобили-самосвалы.

При ширине забоя до 10—14 м автомобили-самосвалы к экскаватору подают в забой задним ходом со стороны подошвы одного из откосов. При ширине забоя до 18 м экскаватор устанавливают по оси забоя, а автомобили-самосвалы подают под погрузку с двух сторон от экскаватора (рис. 87). Если позволяют условия, то лучше разрабатывать уширенный забой. В этом случае угол поворота стрелы уменьшается до 90—135° и значительно улучшаются условия работы транспортных средств в забое, тем самым повышается производительность экскаватора.

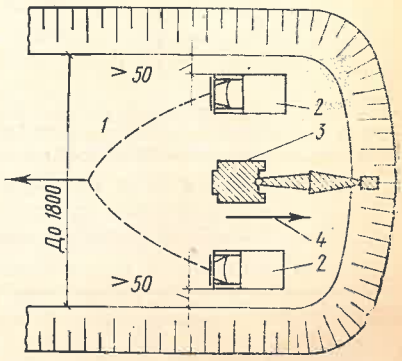


Рис. 87. Лобовая разработка грунта:

1 — направление движения груженых самосвалов; *2* — самосвал; *3* — экскаватор с прямой лопатой; *4* — направление разработки забоя

При подсчете количества продольных проходок экскаватора с прямой лопатой наименьшую ширину забоя в зависимости от вместимости его ковша принимают равной:

Вместимость ковша, м³	0,25	0,5	1,0
Ширина забоя, м	4,6	6,8	8,7

При коротких выемках с крутыми склонами, на которых нельзя расположить пути для транспортных средств, их разрабатывают сразу на полную глубину до проектной отметки. Автомобили-самосвалы располагают на уровне стоянки экскаватора.

Разработку выемок экскаватором, оборудованным драглайном, производят по поперечно-челночной и продольно-челночной схемам. При работе по челночной схеме экскаватор движется по верху забоя, а транспортные средства — по его подошве. Набор грунта осуществляют попеременно с одной и другой стороны автомобиля-самосвала. После выработки грунта на ширину радиуса резания экскаватор перемещается вдоль оси выемки на новое место. Максимальная глубина выемки, разрабатываемая драглайном, зависит от емкости ковша, длины стрелы и угла ее наклона (табл. 60).

Таблица 60

Вместимость ковша, м³	Длина стрелы, м	Угол наклона стрелы, град	Максимальная глубина выемки, м
0,5	10	30—45	7,3—5,6
	13	30—45	10—7,8
1,0	13	30—45	9,5—7,4
	16	30—45	12,2—9,6
2,0	15	30—45	12—9

Челночные схемы разработки выемок наиболее эффективны, поскольку угол поворота стрелы не превышает в среднем 15° при челночно-поперечном и 4—5° при челночно-продольном способах погрузки транспортных средств.

Разработку грунта экскаватором, оборудованным обратной лопатой, производят по схемам, аналогичным для драглайна. Производительность экскаваторов с различным сменным оборудованием при разработке выемок во многом зависит от правильного выбора автомобильного транспорта, отвозящего грунт. При выборе типа автомобилей-самосвалов необходимо увязывать их грузоподъемность с емкостью ковша экскаватора. Можно рекомендовать следующее соотношение между вместимостью ковша экскаватора и грузоподъемностью автомобиля-самосвала:

Вместимость ковша экскаватора, м³	2	1	0,5	0,25
Грузоподъемность автосамосвала, т	10	5,5	3,5	3,5

Расчет количества транспортных средств определяется производительностью принятых экскаваторов, расстоянием и скоростью транспортирования, продолжительностью загрузки и выгрузки грунта.

Таким образом, количество необходимых транспортных средств $n_{тр}$ составляет частное от деления одного цикла (полного оборота) транспортной единицы при отвозке грунта на время загрузки ее экскаватором $t_н$:

$$n_{тр} = \frac{t_з + t_{пр} + t_р + t_о}{t_н},$$

где $t_з$, $t_{пр}$, $t_р$, $t_о$ — продолжительность соответственно загрузки, пробега в оба конца, выгрузки и остальных операций, предусмотренных ЕНиР, мин.

При дальности перевозки грунта до 2 км ориентировочно количество автомобилей-самосвалов различной грузоподъемности можно принять в соответствии с данными, приведенными в табл. 61.

Разработка выемок и возведение насыпей бульдозерами. Бульдозеры в городских условиях чаще всего применяют в комплекте с другими машинами для разработки и разравнивания грунта, пла-

Таблица 61

Дальность возки грунта, км	Количество автомобилей-самосвалов грузоподъемностью, т, при вместимости ковша экскаватора, м³				
	до 0,40		до 0,65		
	до 4,5	до 7	до 4,5	7	10
0,3	2	—	3	—	—
1	3	2	4	3	—
1,5	4	3	6	4	4
2	6	4	7	5	4

нировки и перемещения его на небольшие расстояния. Бульдозерами осуществляют вертикальную планировку на участках с неглубокими выемками (до 1,0 м) и небольшими насыпями (до 1,2 м), а также разработку грунта в выемке и перемещение его в насыпь на расстояние до 100 м.

При большей дальности перемещения увеличиваются потери грунта, снижается производительность бульдозера и значительно возрастает стоимость работ. Цикл работы бульдозера состоит из резания грунта, перемещения, разравнивания и холостого хода. Эффективность резания зависит от свойств грунтов, рельефа местности и принятой схемы резания грунта. Различают три основные схемы резания грунта: прямоугольную, когда грунт зарезают стружкой постоянной толщины 0,10—0,15 м; клиновую, при которой набор грунта осуществляют путем заглубления ножа бульдозера в начальном участке зарезания с постепенным его подъемом при передвижении вперед; гребенчатую с попеременным заглублением и подъемом ножа и уменьшением глубины зарезания и длины участка до полного набора грунта.

Каждая из перечисленных схем имеет свои преимущества и недостатки и применяется при производстве земляных работ в грунтах, различных по трудности их разработки. Для разработки грунтов со значительным сопротивлением резанию, а также на подъемах применяют резание тонкой стружкой. Для грунтов со средним значением сопротивления резания применяют гребенчатую схему, при которой первое зарезание производится на бо́льшую глубину, последующие два — на меньшую, что сокращает путь и время резания и способствует увеличению производительности бульдозера. Для грунтов с малым сопротивлением резанию применяется клиновая схема.

Производительность бульдозера $П_б$ (м³/ч) при разработке грунта зависит от параметров его ножа (отвала) и продолжительности рабочего цикла и может быть определена по формуле

$$П_б = \frac{3600 V k_в}{\sum t k_р},$$

где V — объем грунта, перемещаемый бульдозером за один цикл, м^3; $k_в$ — коэффициент использования по времени (0,85—0,9); $k_р$ — коэффициент разрыхления грунта (1,1—1,3); Σt — продолжительность рабочего цикла, с;

Величина V может быть определена из зависимости

$$V = 0{,}6H^2L,$$

где H — высота отвала, м; L — длина отвала, м.

Продолжительность цикла складывается из следующего времени:

$$\sum t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6,$$

где t_1 — время на зарезание; t_2 — продолжительность перемещения грунта; t_3 — время холостого хода; t_4 — время на повороты (10 с на один поворот); t_5 — время на переключение скоростей (2—3 с на одно переключение скорости); t_6 — время на опускание отвала (3—4 с).

При разработке грунта в выемке применяют различные схемы работы бульдозеров. Наиболее производительными являются следующие схемы: траншейная, с промежуточным валом и спаренная двумя бульдозерами. По траншейной схеме бульдозер зарезает грунт при нескольких последовательных проходах по одному следу, образуя траншею шириной, соответствующей длине отвала, по которой перемещается грунт. Разработав одну полосу траншеи на требуемую глубину, приступают к разработке второй и последующих полос с оставлением между ними полос-стенок шириной 0,4—0,8 м, препятствующих потере грунта при перемещении его по траншее. После разработки одного яруса эти полосы-стенки срезают и перемещают к месту отсыпки.

Разрабатываемый в выемке грунт доставляют сначала на наиболее отдаленные участки насыпи. Способом с промежуточным валом грунт сначала перемещают в продольном направлении из выемки в насыпь на расстояние 30—40 м и отсыпают в виде поперечного вала, а затем при последующих проходах бульдозера передвигают его на нужные участки насыпи. При спаренной работе два бульдозера двигаются параллельно друг другу по соседним полосам с зазором между отвалами 20—30 см (в зависимости от вида грунта), при этом разрабатывается одновременно выемка шириной до 6,5 м. Однако такая схема работы требует соблюдения синхронного движения бульдозеров. Опыт работы показывает, что разработка выемок спаренными бульдозерами весьма эффективна за счет уменьшения потерь грунта в процессе транспортирования и может быть рекомендована при больших объемах работ и значительной дальности перемещения. Устройство на отвале боковых открылков значительно увеличивает объем перемещения грунта.

Разработка выемок и возведение насыпей скреперами. Скреперы применяют при возведении насыпей высотой более 1,0 м и при разработке выемок глубиной до 2,0 м на участках городских улиц

и дорог, имеющих значительную ширину или свободных от застройки, так как для разворотов им необходимы при различных схемах работы уширенные площадки. Выбор схемы движения скреперов зависит от местных условий, а также от характера работ — размеров насыпи, выемки, дальности перемещения грунта.

При выполнении вертикальной планировки скреперами применяют различные схемы работы: эллиптическую, восьмеркой, зигзагообразную, продольно-челночную, спиральную (рис. 88), но во всех случаях следует стремиться к тому, чтобы длина пути и величина углов поворота за один рабочий цикл была бы наименьшей. Наиболее распространенными схемами в городском дорожном строительстве являются эллиптическая (рис. 88, *а*) и восьмеркой (рис. 88, *б*).

Эллиптическую схему применяют при разработке выемок и возведении насыпей с учетом перемещения грунта на среднее расстояние не более 100 м.

Схема движения по *восьмерке* эффективна при большом фронте работ; она характеризуется более короткими пробегами скреперов в груженом и порожнем состояниях и наиболее применима и выгодна при разработке и отсыпке чередующихся между собой выемок и насыпей. По этой схеме за один рабочий цикл производятся поочередно две загрузки и две разгрузки скрепера.

Зигзагообразная схема (рис. 88, *в*) рекомендуется при разработке односторонних и двусторонних выемок большой протяженности при длине участка от 200 м и выше. Для возведения насыпей, расположенных в средней части улицы, из грунтов, разрабатываемых в двусторонних выемках, целесообразно применение *продольно-челночной* (рис. 88, *г*) и *спиральной* схем (рис. 88, *д*).

Для достижения высокой производительности нужно стремиться к увеличению наполнения ковша скрепера в процессе его загрузки и сокращению времени рабочего цикла, применяя наиболее высокие скорости при транспортировке грунта и порожнем ходе. С этой целью грунт разрабатывают от наиболее высокой части выемки и отвозят в наиболее пониженное место будущей насыпи. Разработка грунта в выемке ведется слоями толщиной от 5 до 15 см в зависимости от вида грунта.

Производительность скрепера (м³/ч) может быть определена по формуле

$$П_{ск}=\frac{3600Vk_нk_в}{\Sigma tk_р},$$

где V — геометрическая вместимость ковша, м³; $k_н$ — коэффициент наполнения ковша (0,9—1,2); $k_в$ — коэффициент использования скрепера по времени (0,8—0,9); $k_р$ — коэффициент разрыхления грунта (1,1—1,3); Σt — продолжительность рабочего цикла скрепера, с;

$$\Sigma t=t_1+t_2+t_3+t_4+t_5,$$

где t_1 — время резания грунта и наполнения ковша, равное частному от деления пути наполнения на скорость движения скрепера при

наполнении; t_2 — продолжительность груженого хода скрепера, равная частному от деления дальности груженого хода на скорость движения скрепера; t_3 — время холостого хода скрепера, равное частному от деления длины пути холостого хода на скорость холостого хода; t_4 — время на повороты скрепера ($\approx$10 с на один по-

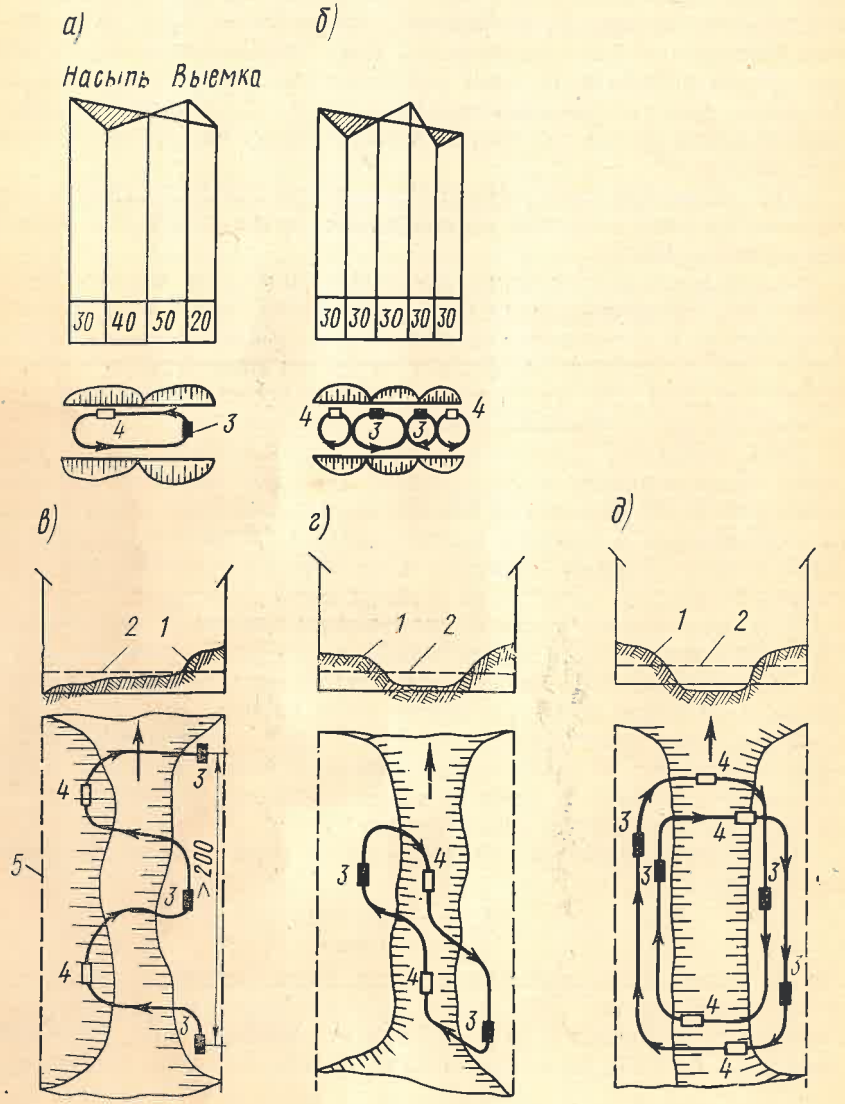


Рис. 88. Схема работы скреперов:

1 — разгрузка грунта; *2* — загрузка грунта; *3* — проектный рельеф; *4* — существующий рельеф территории; *5* — красная линия застройки

ворот); t_5 — время на переключение скоростей (1—2 с на одно переключение).

Скреперы являются универсальными землеройными машинами. Они не только служат для разработки и перемещения грунта, но с их помощью осуществляют в местах отсыпки частичное разравнивание и уплотнение грунта. В последние годы значительное распространение получили большегрузные самоходные скреперы. Разработка грунта самоходными скреперами с большой емкостью ковша, обладающими хорошей мобильностью, малыми радиусами поворота и большими транспортными скоростями, в два раза производительнее, чем прицепными скреперами при одинаковой емкости ковша. Дальность перемещения грунта самоходными скреперами может достигать 3 км при скорости до 40 км/ч. Это определяет целесообразность применения самоходных скреперов вместо распространенной разработки грунта экскаваторами и перевозки его автомашинами.

Производство земляных работ с применением автогрейдеров. При строительстве городских дорог самоходные автогрейдеры применяют при разработке выемок с небольшими объемами земляных работ, возведении невысоких насыпей (до 0,8 м) и планировочных работах. Обычно зарезание, перемещение и разравнивание, а также и планирование грунта производятся несколькими проходами автогрейдера, последовательность и характер которых определяют группой грунта, рельефом местности. При плотных грунтах для повышения производительности автогрейдера требуется предварительное их разрыхление.

Производительность автогрейдера (м³/ч) на основном виде работ — профилировании земляного полотна — можно определить по формуле

$$П_{гр}=\frac{LFk_в}{2L\left(\frac{n_з}{v_з}+\frac{n_п}{v_п}+\frac{n_о}{v_о}\right)+2t_{пов}(n_з+n_п+n_о)},$$

где L — длина участка (захватка), м; F — площадь поперечного сечения насыпи, м²; $k_в$ — коэффициент использования машины по времени; $n_з$ — число проходов по зарезанию грунта (считая за один проход вперед и назад); $v_з$ — скорость автогрейдера при зарезании, м/ч; $n_п$ — число проходов по перемещению грунта; $v_п$ — скорость автогрейдера при перемещении грунта, м/ч; $n_о$ и $v_о$ — число проходов и скорость автогрейдера по отделке полотна дороги; $t_{пов}$ — время поворота автогрейдера, мин.

Число проходов по зарезанию можно определить по формуле

$$n_з=\frac{Fk_п}{2S_в},$$

где $k_п$ — коэффициент перекрытия (до 1,5); $S_в$ — поперечное сечение стружки грунта при вырезании (0,1—0,15), м².

Число проходов по перемещению грунта

$$n_п = n_з \frac{l_0}{l_п} k'_п,$$

где l_0 — средняя потребная длина перемещения грунта, м; $l_п$ — длина перемещения грунта за один проход (1,6—3,1) м; $k'_п$ — коэффициент перекрытия при перемещении грунта (1,15). Число отделочных проходов ориентировочно принимают 6—10.

Основными условиями эффективного использования автогрейдеров на планировочных работах является правильная установка углов резания, захвата и наклона ножа, а также его заглубления.

Уплотнение земляного полотна. Высокие эксплуатационные качества и долговечность дорожных одежд во многом зависят от степени уплотнения грунта земляного полотна. В городских условиях уплотнение земляного полотна осуществляют механизированными способами с применением укатки, трамбования и вибрирования. Уплотнение грунта укаткой производят катками, транспортными средствами и землеройно-транспортными машинами. При укатке применяют катки с гладкими и фигурными вальцами, кулачковые и на пневматических шинах.

Катки с гладкими вальцами применяют для уплотнения связных и малосвязных грунтов при толщине уплотняемого слоя до 20 см. Кулачковые катки используют также для уплотнения связных и малосвязных грунтов, но при условии, если они не переувлажнены. Однако кулачковые катки при одинаковой массе с катками, имеющими гладкие вальцы, дают по сравнению с ними при одинаковом числе проходов по одному следу почти вдвое бóльшую глубину уплотнения. Кулачковые катки работают в сцепе с трактором по кольцевой или челночной схеме (рис. 89). Катки на пневматических шинах применяют для уплотнения как связных, так и несвязных грунтов на всех стадиях их уплотнения. Они значительно эффективнее катков с металлическими вальцами и при меньшем числе проходов по одному следу уплотняют грунт на бóльшую глубину.

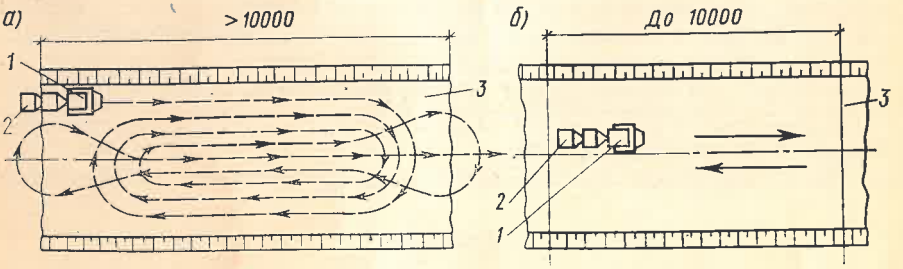


Рис. 89. Схема уплотнения земляного полотна катками:
а — кольцевая; *б* — челночная; *1* — тягач; *2* — кулачковые катки; *3* — земляное полотно

При подвозке грунта к местам его отсыпки автомобилями-самосвалами, тракторными тележками и скреперами их также используют для предварительного уплотнения грунта в насыпи. Эти машины пропускают по отсыпаемой насыпи по определенным схемам движения, которые обеспечивают равномерное перекрытие всей ширины насыпи.

Уплотнение грунта способом трамбования производят с помощью механических трамбовок (пневматических, электрических, бензиновых, взрывного действия), навесными плитами (на экскаваторах, тракторах), трамбовочными машинами. Механические трамбовки применяют для уплотнения грунтов при небольших объемах отсыпаемого грунта в стесненных условиях.

Трамбующие плиты как навесное оборудование экскаваторов и кранов пригодны для уплотнения связных и несвязных грунтов при толщине слоя свыше 0,8—1,0 м (рис. 90). Трамбующие плиты изготовляют массой от 1,5 до 2,5 т. При массе плиты 1,5 т количество ударов по одному следу при высоте падения 1—2 м составляет: для песчаных грунтов 2—4; супесчаных 2—3; суглинистых 3—5; глинистых 4—6.

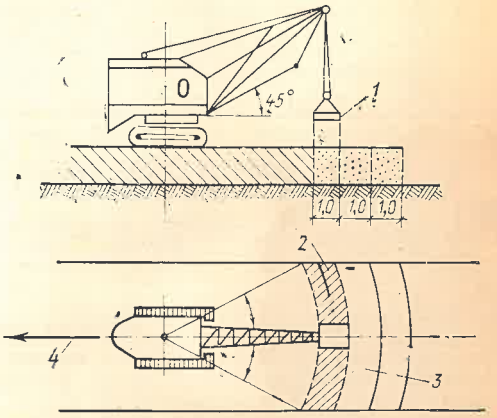


Рис. 90. Уплотнение земляного полотна навесной трамбующей плитой:

1 — трамбующая плита; *2* — полоса уплотнения; *3* — уплотненная полоса; *4* — ось движения экскаватора

Из трамбовочных машин наибольшее применение находит машина ДУ-12В (Д-471В) на тракторе мощностью 100 л. с. (~74 кВт), позволяющая уплотнять грунт на глубину до 1,2 м при ширине уплотняемой полосы за один проход 2,5 м.

Для уплотнения грунта вибрированием применяют вибрационные плиты и катки, глубинные вибраторы. Наша промышленность выпускает самопередвигающиеся вибрационные плиты ДУ-24 (Д-605) и ДК-35 (Д-639), предназначенные для уплотнения несвязных грунтов и материалов. Применение вибрационных катков выгодно при уплотнении несвязных грунтов; при значительно меньшем количестве проходов по сравнению с катками с металлическими вальцами и на пневматических шинах они обеспечивают необходимую степень уплотнения. Глубинные виброуплотнители представляют собой поршневые и пульсационные установки, оборудованные ручными глубинными вибраторами и устройствами для подачи воды в грунт в процессе его уплотнения. Применяют их преимущественно для уплотнения несвязных грунтов толщиной от 1,5 до 10 м, зависящей от типа применяемого виброуплотнителя

(легкого, среднего и тяжелого типов). При производстве земляных работ необходимо осуществлять постоянный контроль за степенью уплотнения грунта. При осуществлении работ по контролю за уплотнением необходимо быстро и достаточно точно определять коэффициент уплотнения грунта в каждом отсыпаемом слое насыпи. Наибольшее распространение для этой цели на дорожных работах получил прибор Н. П. Ковалева. Коэффициент уплотнения определяют отношением объемной массы скелета грунта, отобранного из насыпи, к максимальной объемной массе скелета того же грунта, найденного методом стандартного уплотнения. В том и другом случае для определения объемной массы скелета грунта необходимо знать его влажность, которую определяют различными методами (прибором Ковалева, высушиванием в сушильных шкафах). Метод высушивания грунта очень трудоемок. Геофизические методы, к числу которых относятся ускоренные и наиболее простые методы определения влажности грунтов, основанные на измерении электрических характеристик — удельного сопротивления и диэлектрической проницаемости, а также применения радиоактивных изотопов, позволяют сокращать время, затрачиваемое на испытания.

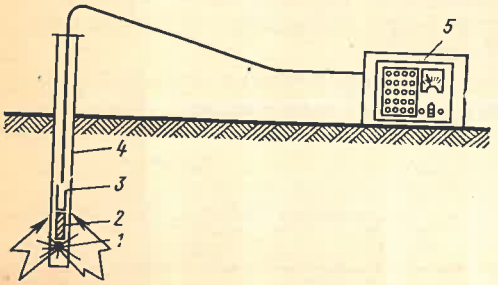


Рис. 91. Определение плотности грунта глубинным плотномером ГГП-1:

1 — источник γ- или нейтронного излучения; *2* — разделительный экран; *3* — детектор; *4* — обсадная труба; *5* — регистрирующее устройство

Плотность грунта глубинным радиоактивным плотномером ГГП-1 (рис. 91) определяют в такой последовательности. Закладывают двухдюймовую скважину, армируя ее трубой, и вводят в нее зонд на заданную глубину. Затем определяют скорость счета импульсов, даваемых зондом, и находят искомое значение по калибровочной зависимости скорости счета от плотности. На одно измерение, включая и получение результата, требуется 5—10 мин в зависимости от плотности грунта. После получения необходимого уплотнения грунта на каждом участке оформляют соответствующий акт на скрытые работы, дающий право на выполнение дальнейших операций.

§ 29. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ В РАЗДЕЛЬНЫХ И СОВМЕЩЕННЫХ ТРАНШЕЯХ

Прокладка подземных инженерных сетей должна предшествовать дорожным и другим работам по благоустройству с учетом перспективных планов строительства. Строительство подземных сетей необходимо осуществлять поточным методом при условии

увязки всех технологических процессов с общим потоком по строительству улицы, что дает возможность предъявлять к сдаче в эксплуатацию готовые участки через определенные промежутки времени.

Основной объем работ по строительству подземных инженерных сетей в городах в настоящее время выполняют открытым траншейным способом. При таком способе работ прокладка кабелей и трубопроводов может быть раздельной с укладкой сетей в отдельных траншеях и совмещенной с прокладкой нескольких сетей разного назначения в одной траншее или в общем коллекторе. При раздельной прокладке трубопроводы и кабели размещают на различной глубине от поверхности земли и они нередко занимают всю ширину проезжей части улицы или городской дороги, поэтому прокладка новых коммуникаций в этих условиях затрудняет применение средств механизации. Трубопроводы или кабели в раздельных траншеях прокладывают под улицей в пределах отведенной для них зоны. Ширину зоны прокладок водопровода, канализации, газопровода, водостока, теплопровода, телефонной канализации определяют, главным образом, исходя из их геометрических размеров в поперечном направлении (диаметра труб, количества ниток или пучков кабелей и т. д.) и назначают согласно техническим условиям с учетом минимальных расстояний от зданий и ближайших кабелей и трубопроводов. При раздельной прокладке различных подземных коммуникаций по одной улице следует в первую очередь укладывать сети глубокого заложения, а затем более мелкого. Это дает возможность предотвратить повреждение уложенных сетей при отрывке траншей и позволит более качественно уплотнить грунт земляного полотна после их обратной засыпки.

Совмещенный способ прокладки трубопроводов в одной траншее за последние годы получил широкое развитие в крупнейших городах Советского Союза. Совмещенная прокладка применима как для строительства трубопроводов в районах новой жилой застройки, так и при реконструкции улиц существующего города. При совмещенной прокладке в одной траншее трубопроводы располагают в одном уровне или с некоторой разницей в отметках их заложения, принимаемой в зависимости от назначения трубопроводов, их материала и диаметра, а также допустимых в соответствии с нормами расстояний размещения их в плане.

Технологическую схему прокладки подземных инженерных сетей открытым способом можно представить в виде следующих этапов последовательно выполняемой работы: рытье траншей; устройство оснований под трубопроводы; монтаж трубопроводов; монтаж колодцев, камер и других наземных элементов; заделка стыков трубопроводов и испытания сетей; обратная засыпка и уплотнение грунта в траншеях; вывозка лишнего грунта.

Рытье траншей производят главным образом экскаваторами с вместимостью ковша от 0,25 до 1 м³, отрывая при совмещенной прокладке в первую очередь траншеи более глубокого заложения.

При рытье траншей с откосами крутизна последних в грунтах естественной влажности и при отсутствии грунтовых вод назначается в соответствии с табл. 62.

Таблица 62

Грунты	Крутизна откосов при глубине выемок, м			
	до 3		более 3	
	Угол между направлением откоса и горизонта, град	Отношение высоты откоса к его заложению (крутизна откоса)	Угол между направлением откоса и горизонта, град	Отношение высоты откоса к его заложению (крутизна откоса)
Насыпной грунт, песок, гравий	39	1:1,25	34	1:1,5
Супеси	56	1:0,67	45	1:1
Суглинки	56	1:0,67	53	1:0,75
Глины	63	1:0,5	56	1:0,67

При рытье траншей без откосов крепление вертикальных стенок котлованов и траншей глубиной до 3 м производят в соответствии с требованиями, изложенными в табл. 63.

Таблица 63

Грунтовые условия	Виды креплений
Грунты нормальной влажности, за исключением сыпучих	Горизонтальное крепление с прозорами через одну доску
Грунты повышенной влажности и сыпучие	Сплошное вертикальное и горизонтальное крепление
Грунты всех видов при сильном притоке грунтовых вод	Шпунтовое ограждение в пределах горизонта грунтовых вод с забивкой на глубину не менее 0,75 м в водонепроницаемый грунт

При глубине свыше 3 м вид крепления, конструкция и размеры элементов креплений должны определяться расчетом и осуществляться по индивидуальным проектам с учетом грунтовых условий. Вслед за рытьем траншей устраивают основания под трубопроводы.

При устройстве бетонных оснований выполняют следующие операции: планировку дна траншеи по визирке; установку бортовых досок и маячных колышек; укладку и уплотнение бетонной смеси; уход за свежеуложенным бетоном путем нанесения битумной эмульсии из расчета 250—300 г на 1 м² поверхности или укрытия полиэтиленовой пленкой. При устройстве песчаного или щебеночного основания выполняют те же операции. Для уплотнения оснований из различных материалов применяют вибраторы площадочного типа.

Для монтажа трубопроводов в городских условиях применяют автокраны, пневмоколесные краны, краны на гусеничном ходу и трубоукладчики, каждый из которых подбирают с учетом его грузоподъемности в зависимости от вылета стрелы (рис. 92). Краны на гусеничном ходу имеют гораздо бо́льшую площадь опоры на грунт, чем автокраны. Кроме того, они обладают большой проходимостью в весенних и осенних условиях, а эксплуатационная стоимость их ниже на 10—12%, чем автокранов.

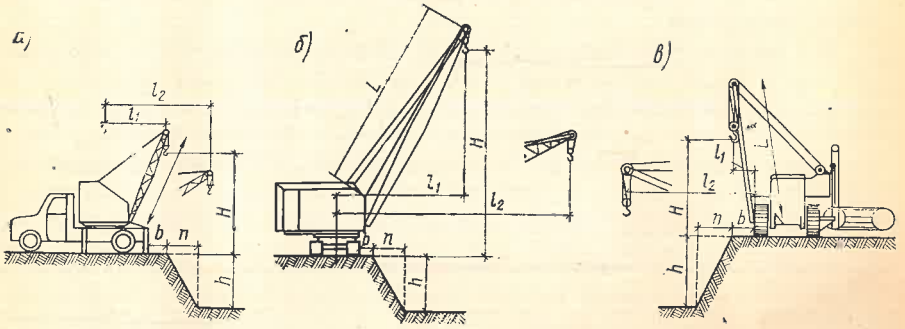


Рис. 92. Установка кранов при монтаже трубопроводов:

а — кран автомобильный (или пневмоколесный); *б* — гусеничный кран; *в* — кран-трубоукладчик; *L* — длина стрелы; l_1 — минимальный вылет стрелы; l_2 — максимальный вылет; *h* — глубина траншеи; *n* — заложение откосов; *b* — минимальное расстояние от бровки траншеи до ближайшей опоры; *H* — высота подъема при минимальном вылете стрелы

При совмещенной прокладке часть трубопроводов прокладывают в траншеях, вырытых без откосов с целью уменьшения земляных работ. В этих случаях расстояния установки кранов от края траншеи можно принимать по табл. 64.

Таблица 64

Глубина траншеи, м	Отношение высоты откоса к его заложению			Расстояние от бровки до ближайшей опоры крана, м		
	Насыпной грунт, песок, гравий	Супеси, суглинки	Глины	Насыпной грунт, песок, гравий	Супеси, суглинки	Глины
1	1:1,25	1:0,67	1:0,5	2,25	1,7	1,5
2	1:1,25	1:0,67	1:0,5	3,50	2,4	2,0
3	1:1,25	1:0,67	1:0,5	4,75	3,0	2,5
4	1:1,5	1:1	1:0,67	7,0	5,0	3,7
5	1:1,5	1:1	1:0,67	8,5	6,0	4,4
6	1:1,5	1:1	1:0,67	10,0	7,0	5,0

Перед монтажом трубы очищают внутри и снаружи от грязи, льда, снега. Целостность чугунных и керамических труб проверяют на звук путем простукивания молотком. Стальные трубы должны иметь неповрежденную гидроизоляцию и антикоррозионную защиту, должны быть откалиброваны и сварены в звенья максимальной длины с учетом грузоподъемности монтажных механизмов.

Трубы укладывают на подготовленное основание начиная снизу вверх по уклону. При раструбных и фальцевых трубах работы ведут раструбами вперед по ходу укладки, при этом гладкий конец укладываемой трубы вставляется в раструб уже уложенной. Правильность укладки труб контролируют с помощью натянутых шнуров или тросов, уровня, визирок, а также геодезических инструментов. Колодцы и камеры полной заводской готовности доставляют на объект строительства автомашинами, трайлерами. Монтаж их производится теми же кранами, которые используются для прокладки сетей.

До начала монтажа колодцев и камер должны быть подготовлены котлованы: уплотнено и спланировано земляное полотно, устроено основание из материала, указанного в проекте. При устройстве колодцев в водонасыщенных грунтах на поверхности днища и стенок колодца наносят гидролизоляцию. Соединение стальных труб после их укладки осуществляют с помощью электросварки.

Заделку стыков чугунных раструбных труб производят при помощи просмоленных пеньковых прядей, которые уплотняют конопаткой, после чего стык зачеканивают асбестоцементным раствором (30% асбестового волокна, 70% цемента). Стыки асбестоцементных труб заделывают при помощи цилиндрических асбестоцементных муфт с двумя резиновыми кольцами, а стыки керамических труб — пеньковой просмоленной прядью и асфальтовой мастикой или цементом. Раструбы железобетонных труб заделывают просмоленной пеньковой прядью, скрученной в жгут, или просмоленным канатом и зачеканивают асбестоцементной смесью с наружной стороны и цементно-песчаным раствором с внутренней стороны. Чеканочные работы при заделке стыков выполняют пневматическими чеканочными молотками. Соединение железобетонных труб и колец с гладкими торцами производят с помощью сборных или монолитных (бетонных) муфт.

Стыки канализационных раструбных железобетонных трубопроводов заделывают асбестоцементной смесью, а водосточных трубопроводов — цементным раствором с добавкой жидкого стекла. Более совершенным способом заделки стыков является применение пластических водонепроницаемых лент, изготовляемых на битумной основе, которые наклеивают на раструбную часть трубы или внутреннюю часть фальцевых труб. При заводке гладкого конца трубы в раструб или гребня в паз фальцевой трубы пластичный материал сжимается и герметично заполняет щелевой зазор между концами трубы.

Испытание напорных трубопроводов с целью проверки их герметичности и прочности производят пневматическим и гидравлическим способами. Способы испытания и величины контрольных давлений, а также нормы падения давлений и утечек должны приниматься согласно соответствующим ГОСТам и техническим условиям на испытание напорных трубопроводов.

При гидравлическом испытании трубопроводов выполняют следующие виды работ: устройство временных упоров; установку за-

глушек манометра и кранов; присоединение водопровода и пресса; наполнение трубопровода водой до заданного давления; осмотр трубопровода и выявление и устранение дефектов; вторичное испытание и сдача трубопровода с оформлением акта; демонтаж испытательной установки.

Состав работы при пневматическом испытании следующий: установка заглушек и манометра; присоединение к трубопроводу компрессора или баллона с воздухом; наполнение трубопровода воздухом до заданного давления; приготовление мыльного раствора; осмотр трубопровода с промазыванием стыков и соединений мыльным раствором и отметкой дефектных мест; устранение дефектов; вторичное испытание и сдача трубопроводов с оформлением акта; демонтаж испытательной установки.

После проверки правильности укладки трубопроводов и испытания герметичности стыковых соединений производят обратную засыпку траншей грунтом, завозимым автомобилями-самосвалами, или грунтом, перемещаемым бульдозером из боковых отвалов. Перед массовой засыпкой предварительно выполняют вручную подбивку боковых пазух трубопроводов, а в необходимых случаях и присыпку их сверху грунтом на высоту 20—25 см. Уплотнение грунта при подбивке пазух осуществляют ручными пневматическими трамбовками или электровибробулавами. Для уплотнения поверхностного слоя грунта применяют самоходные и прицепные катки и трамбующие плиты. При использовании трамбующих плит высота засыпки над верхом трубы должна быть не менее 1,5 м, масса плиты — не более 2 т, число ударов по грунту — не более 4. Уплотнять грунты над чугунными, керамическими и асбестоцементными трубами трамбующими плитами не рекомендуется. Степень плотности грунта в траншеях, прокладываемых в пределах проезжей части дороги, считается достаточной при коэффициенте уплотнения $K=0{,}98$ по всей глубине засыпки.

Грунт, оставшийся после обратной засыпки траншей, если при их рытье он перебрасывался в отвал, обычно грузят тем же экскаватором, который вел разработку, и самосвалами вывозят в заранее намеченные места. Если грунт можно разместить на близлежащих территориях, то эту работу производят при помощи бульдозеров.

§ 30. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КОЛЛЕКТОРОВ ИЗ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Основными типами общих коллекторов, устраиваемых в городах для совмещенной прокладки подземных коммуникаций разного назначения, являются прямоугольные коллекторы из сборного железобетона и объемных секций прямоугольного сечения. При строительстве водосточных коллекторов находят применение также железобетонные трубы (кольца) большого диаметра.

Технологическая схема строительства коллекторов из различных элементов включает следующие последовательно выполняе-

мые этапы работ: земляные работы, включающие предварительную планировку участка и рытье траншей; устройство основания под коллектор; транспортировку на трайлерах сборных элементов или секций и разгрузку их кранами соответствующей грузоподъемности; монтаж коллектора этими же кранами; омоноличивание стыков сборных элементов и секций; укладку сетей внутри коллектора; внутренние отделочные работы; устройство наземных элементов коллектора; испытание сетей; обратную засыпку котлована; вывозку лишнего грунта.

При выполнении земляных работ траншеи полного профиля разрабатывают продольной проходкой экскаватора с вместимостью ковша 0,5—1 м³, оборудованного обратной лопатой или драглайном (рис. 93). При глубине траншеи до 4 м (рис. 93, *а*) экскаватор устанавливают по оси траншеи или параллельно ей на расстоянии, необходимом для выгрузки грунта в отвал на одну из сторон траншеи или загрузки грунта на автотранспорт. Траншеи полного профиля грубиной более 4 м разрабатывают экскаваторами, оборудованными драглайном с вместимостью ковша 0,5—1 м³. Грунт разрабатывают в продольном направлении в два приема (рис. 93, *б*).

На участках, где невозможно рыть траншеи, соблюдая устойчивые откосы на весь поперечный профиль, применяют крепления. Тип крепления траншеи утверждает главный инженер строительной организации. Траншеи крепят сразу же после отрытия ее экскаватором. На рис. 93, *в* показана разработка траншеи глубиной до 4 м в креплениях. При больших глубинах траншеи для уменьшения ее ширины нижнюю часть выполняют в креплениях, верхнюю — в откосах. В этом случае траншею по глубине разрабатывают в два приема: сначала на глубину 2,5 м разрабатывают полным профилем с откосами, а затем экскаватор устанавливают на ее дно и вынимают грунт до дна траншеи (рис. 93, *г*).

Основания для коллекторов, устраиваемых из сборных железобетонных элементов, обычно выполняют из бетона М100 толщиной 10—12 см. Перед распределением бетонной смеси по дну котлована устанавливают боковые упорные доски, которые закрепляют штырями. Цементобетон подают в котлован в специальных емкостях автокраном. После разравнивания цементобетона его уплотняют площадочным вибратором или виброрейкой длиной, соответствующей ширине бетонного основания. Уход за свежеуложенным бетоном осуществляется с помощью битумной эмульсии, которую наносят ровным тонким слоем автогудронатором или специальным передвижным оборудованием.

Для коллекторов из объемных секций в подготовленную к монтажу траншею укладывают песчаную подготовку, в уровень с которой в местах расположения стыков секций устанавливают подкладочные железобетонные плиты (шпалы). Коллекторы из труб укладывают на различные типы оснований: грунтовые, щебеночные, бетонные монолитные, железобетонные монолитные и сборные. Выбор типа основания под трубы зависит от несущей способ-

ности грунтов, гидрогеологических условий трассы, от требований к водопроницаемости трубопроводов, нагрузок на трубу, их диаметра и условий производства работ.

Сборные железобетонные основания, устраиваемые под трубы диаметром 3,0—3,5 м, состоят из двух однотипных крайних и одно-

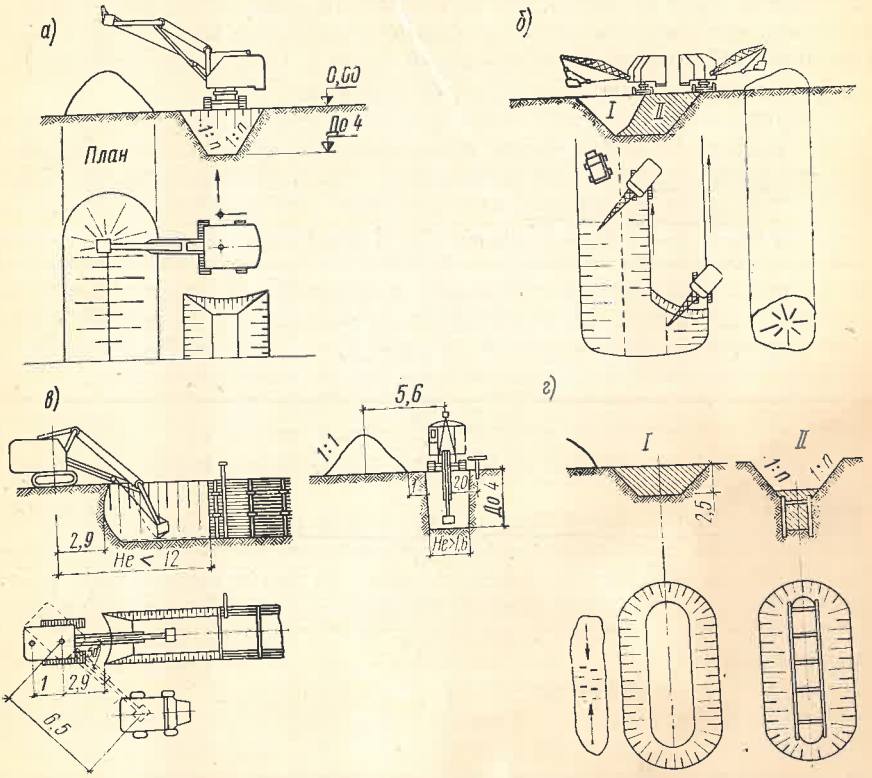


Рис. 93. Разработка траншей при строительстве коллекторов:
I — первая очередь работ; *II* — вторая очередь работ

го среднего блоков. Блоки устанавливают с перевязкой швов на бетонную подготовку толщиной 10 см с выравнивающим слоем цементно-песчаного раствора высотой 2 см. После установки и выверки производят омоноличивание блоков. Для равномерного опирания труб на лоток укладывают выравнивающий слой цементно-песчаного раствора. Применяют и другие сборные детали для оснований под трубы больших диаметров, например деталь, состоящую из плоского основания и подставок, на которые упирается железобетонная труба. Пространство между основанием, подставками и телом трубы заполняют песком для более плотного опирания трубы. Такую деталь изготовляют на заводе, привозят на место строительства и при помощи того же крана, которым выполняют монтаж труб, опускают в траншею.

НИИмосстроем разработана новая конструкция полносборного основания под трубы диаметром 2,0—3,5 м вместо сборно-монолитных. Новое сборное основание монтируют из двух типовых элементов — поперечных балок и рандбалок. Поперечные балки укладывают по дну траншеи перпендикулярно оси трубопровода на заданном расстоянии друг от друга. По балкам укладывают две линии рандбалок, на которые монтируют трубы. Опирание на рандбалки позволяет повысить несущую способность труб в 1,5 раза по сравнению с вариантом опирания на сплошное основание.

Сборные элементы, объемные секции и трубы заводы-поставщики доставляют на объекты строительства централизованно. Наиболее эффективным методом работы при такой организации доставки является монтаж «с колес», при котором доставленные элементы используют немедленно. Если же по каким-либо причинам невозможно организовать монтаж «с колес», то можно рекомендовать метод челночной доставки сборных элементов. В этом случае на строительной площадке от автомобиля отцепляют груженый трайлер, автомобиль возвращается на завод за другим трайлером, а строители освобождают первый трайлер от элементов, автомобиль увозит на завод разгруженный первый трайлер. Такой метод доставки сборных элементов и деталей применим при наличии резервных трайлеров и достаточных по ширине подъездных дорог на строительной площадке.

Монтировать прямоугольные коллекторы из сборных железобетонных элементов стреловыми кранами можно тремя способами: с одной стороны траншеи, с двух сторон, со дна траншеи. При монтаже с одной стороны в первую очередь устанавливают стеновые блоки наружной стороны коллектора (6—8 деталей в зависимости от возможности крана устанавливать детали с одной стоянки). После выверки в горизонтальном и вертикальном направлениях наружного ряда стеновых блоков, их закрепления деревянными подкладками и подпорками приступают к монтажу внутренней стороны стеновых блоков, затем кран переставляют на новую стоянку. После установки и выверки стеновых блоков приступают к укладке железобетонных плит днища. Одновременно устанавливают закладные части теплопроводов, укладываемых в днище, стыкуют стеновые блоки и плиты днища прутками арматуры, сваривают или связывают их вязальной проволокой, а затем заполняют бетоном с тщательным уплотнением площадочным вибратором И-21 с гибким валом.

Для монтажа коллектора с двух сторон можно применять краны меньшей грузоподъемности и с меньшей длиной вылета стрелы. Кран устанавливают с одной стороны траншеи и монтируют из стеновых блоков ближнюю стенку коллектора на протяжении 50—60 м. Затем его переставляют на противоположную сторону и монтируют такое же количество деталей другой стенки коллектора. После выверки стеновых блоков приступают к укладке железобетонных плит днища, которые перед монтажом можно складировать как с одной стороны, так и с двух сторон траншеи.

В стесненных условиях городской улицы при невозможности разместить кран с той или другой стороны траншеи его устанавливают вниз непосредственно на подготовленное основание. В этом случае приходится монтировать все элементы коллектора с одной стоянки на длину вылета стрелы крана. Перед монтажом накрывной плиты омоноличивают горизонтальные и вертикальные стыки, прокладывают подземные коммуникации в самом коллекторе. Только после выполнения этих работ кран можно переставлять на новую стоянку.

После установки двух смежных стеновых блоков с наружной и внутренней сторон размещают защитные деревянные или металлические нащельники и приступают к заполнению вертикальных швов цементным раствором М200. Раствор вводят в вертикальные стыки передвижными растворонасосами. После снятия нащельников детально просматривают все вертикальные стыковые соединения.

Монтаж коллекторов из объемных прямоугольных секций и труб производят также стреловыми кранами при их установке обычно с одной стороны. Заделку стыков между секциями осуществляют резинобитумными прокладками. Соединение блоков друг с другом производят при помощи стяжных болтов $d=22$ мм. Швы оклеивают двойным слоем изола шириной 30 см на горячем битуме. На верхнюю часть секции наносят горячий битум, далее гидроизол и защитный слой толщиной 3 см из цементного раствора. Стыки между трубами заполняют цементно-песчаным раствором, а над стыками по всему контуру трубы устраивают монолитные железобетонные муфты. После заделки вертикальных стыков по дну прямоугольного коллектора в определенной последовательности устанавливают бетонные тумбы на цементном растворе, на которые будут укладываться трубы теплопроводов. На стеновых блоках к выпущенным штырям приваривают кронштейны, которые можно расположить как с одной, так и с двух сторон коллектора. На этих кронштейнах укладывают различного рода кабели. Трубы сваривают на бровке котлована в звенья возможно большей длины, после чего их опускают в коллектор на опоры и сваривают друг с другом. После окончания монтажа и испытания трубопроводов под нагрузкой производят теплоизоляцию труб согласно техническим условиям. На дне коллектора устраивают служебную дорожку из асфальтобетона шириной 0,8—1,1 м.

Закончив работы по распределению коммуникаций внутри самого коллектора и проверив их под нагрузкой, приступают к монтажу плит перекрытия кранами (в коллекторах, выполненных из сборных железобетонных элементов). Поверх блоков перекрытия укладывают слой цементного раствора М100, создавая поперечный уклон от оси коллектора в стороны стеновых блоков за счет изменения толщины цементного раствора. После отвердения выравнивающего слоя делают гидроизоляцию перекрытия коллектора. Гудронатором наносят первый слой горячего битума, по которому раскатывают рулоны гидроизола поперек коллектора. После уклад-

ки первого слоя гидроизола наносят второй слой битума с перекрытием соседних полос на 15—25 см и наклеивают второй слой гидроизола, стыки которого делают против середины ширины полос нижнего слоя изоляции. Гидроизоляцией необходимо закрыть не только накрывную плиту, но и верхнюю часть стеновых блоков на высоту 30—40 см. После наклейки второго слоя гидроизоляции наносят третий слой горячего битума, поверх которого устраивают защитный слой изоляции 10—15 мм из цементно-песчаного раствора М100.

В последнее время при устройстве коллекторов для подземных сетей взамен оклеечной гидроизоляции начали применять битумополимерную эмульсию. На наружные поверхности коллекторных блоков эмульсию можно наносить в заводских условиях, что значительно улучшает качество изоляции и сокращает трудовые затраты строителей. При нанесении эмульсии специальными установками и одновременной подаче коагулятора (водного раствора хлористого кальция) эмульсия распадается, образуя гидроизоляционное покрытие из смеси битума и каучука. Толщина сформировавшегося покрытия из эмульсии при применении ее взамен оклеечной рулонной гидроизоляции должна быть не менее 3—5 мм в зависимости от характера и условий работы сооружения. Обслуживает установку звено из трех человек — водитель-оператор, сопловщик и подсобный рабочий.

Устройство гидроизоляционного покрытия состоит из подготовки (очистки и заделки трещин) изолируемой поверхности железобетонных конструкций, нанесения эмульсии и защиты сформировавшегося изоляционного покрытия. Эмульсию наносят послойно толщиной 1 мм, что соответствует расходу 2 л/м². Последующий слой наносят после сформирования предыдущего. Гидроизоляционное покрытие считается сформировавшимся, если при нажатии с усилием около 1 кгс/см² (10 кН) на его поверхности не проступают следы влаги.

Стеновые блоки на соединениях друг с другом с наружной стороны закрывают двухслойным гидроизолом на всю высоту по 20 см в одну и в другую сторону от стыкового шва. Для этого гидроизол нарезают полосами шириной 40 см и наклеивают в той же последовательности, что и на плитах перекрытия. После окончания гидроизоляционных работ выполняют внутреннюю отделку коллекторов, т. е. устраивают сети обслуживания, куда входят линии телефонной связи, вентиляции, электрического освещения; окрашивают стены, потолки, кронштейны и опоры.

Коллектор для подземных сооружений должен быть оборудован приточной вентиляцией, аварийной насосной станцией и насосными установками, электросиловым хозяйством, диспетчерскими помещениями с автоматическим и дистанционным управлением. Одновременно с монтажом коллектора строят и камеры различного назначения из сборного железобетона или монолитного бетона. Монтаж деталей, их омоноличивание, гидроизоляцию камер и отделочные работы выполняют в той же последовательности, что и

для основного коллектора. Перед засыпкой коллектора необходимо закончить строительство наземных элементов коллектора: колодцев, люков всех видов, вентиляционных шахт. Для непроходных коллекторов колодцы устраивают через 50—70, а для проходных через 150—200 м.

Сети испытывают согласно техническим условиям на каждый вид подземных инженерных сетей. После испытания и готовности их к эксплуатации дают разрешение на засыпку коллектора. Засыпку грунта за стенки коллектора можно вести экскаваторами и бульдозерами. Грунт засыпают равномерно с двух сторон, чтобы не сдвинуть коллектор, трамбуя и уплотняя его ручными уплотняющими инструментами. Особенно осторожно трамбуют грунт у самого коллектора, чтобы не повредить изоляцию. После засыпки верха коллектора более чем на 0,5 м грунт уплотняют катками на пневматическом ходу. Оставшийся излишний грунт, не нужный для вертикальной планировки, вывозят на автомобилях в заранее обусловленные проектом работ места. Технологическая схема строительства

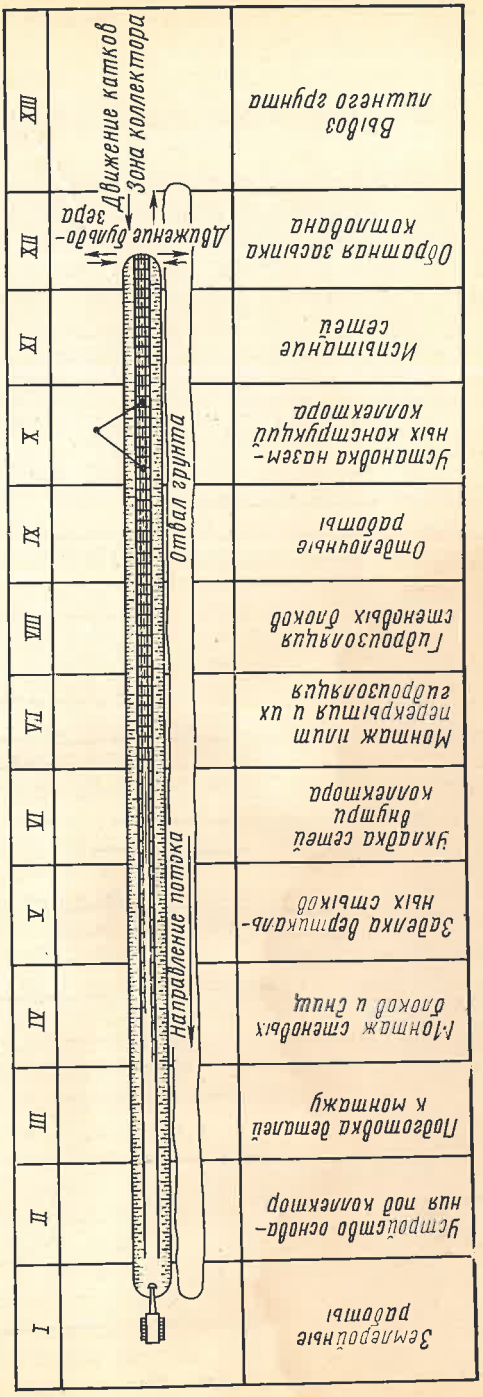


Рис. 94. Технологическая схема строительства прямоугольного коллектора

прямоугольного коллектора из сборных железобетонных элементов показана на рис. 94.

§ 31. БЕСТРАНШЕЙНЫЙ СПОСОБ ПРОКЛАДКИ ПОДЗЕМНЫХ СЕТЕЙ

В городах со сложившейся застройкой часто приходится прокладывать подземные сети под городскими улицами, площадями, зелеными насаждениями, отдельными зданиями и сооружениями, территориями заводов и складов, железнодорожными путями. Прокладка подземных сетей на таких участках открытым способом сильно затрудняется, так как рытье траншей сильно стесняет прилегающие к строительству территории, ухудшает условия движения городского транспорта и пешеходов, требует удаления зеленых насаждений, разборки и переноса отдельных сооружений, разрушения проезжей части и тротуаров.

Иногда это усугубляется еще и тем, что канализационные и водосточные коллекторы прокладывают на глубине более 5 м от поверхности дорожного покрытия, а это еще более стесняет городские территории и повышает трудоемкость работ и стоимость строительства инженерных сетей.

На улицах и площадях с интенсивным движением городского транспорта, при пересечении трамвайных путей, автомобильных и железных дорог, а также в незастроенных районах города при больших глубинах следует применять закрытые (бестраншейные) способы прокладки трубопроводов.

В настоящее время применяют четыре способа бестраншейного производства подземных работ: проходка щитами; продавливание; прокол; горизонтальное бурение. Способ проходки щитом используют для прокладки раздельных (водосточных, канализационных) и совмещенных (при размещении нескольких сетей) коллекторов. Способом продавливания и прокола прокладывают либо стальные футляры для рабочих трубопроводов, либо стальные рабочие трубопроводы. Горизонтальное бурение применяют при прокладке трубопроводов в плотных грунтах и твердых породах.

Работам по бестраншейному способу прокладки подземных сетей должны предшествовать геологические и геодезические изыскания, разработка проектно-сметных материалов и тщательная горизонтальная и вертикальная разбивка на месте согласно утвержденному проекту.

Прокладка трубопроводов и каналов щитовым способом позволяет вести работы на любой глубине, без разрытия поверхности. Щит состоит из режущей, опорной и хвостовой частей и представляет собой передвижную круглую металлическую крепь, под защитой которой разрабатывают грунт и крепят стенки выработки. Эти крепления, имеющие форму замкнутого кольца, называют первичной обделкой, которую собирают в хвостовой части щита из отдельных тюбингов или блоков или устраивают в виде монолитной железобетонной трубы. Щит с режущей частью продвигается

в грунт при помощи закрепленных в нем гидравлических домкратов, расположенных в середине щита по его периметру. При выдвижении штоки домкратов упираются в первичную обделку и щит передвигается вперед, врезаясь в грунт. После передвижения щита часть первичной обделки, прикрытая хвостовой частью щита, обнажается и давление грунта, воспринимаемое ранее щитом, полностью передается на обделку.

В практике подземного строительства Москвы, Ленинграда, Киева, Тулы, Свердловска, Казани и других городов до настоящего времени применяется большое количество различных по размерам поперечного сечения проходческих коллекторных щитов с диаметром от 1,88 до 4 м. В Москве, например, применяют щиты диаметром 2; 2,56; 3,6 и 4,0 м; в Ленинграде диаметром 1,88; 2,47 и 3,23 м. Общие коллекторы диаметром в свету 1,54; 2,82; 2,8 м требуют для своего сооружения закрытым способом проходки щитов с диаметром соответственно 2; 2,56 и 3,6 м.

Однако получающиеся поперечные сечения тоннелей часто полностью не используются, а иногда настолько тесны, что затрудняют производство работ и эксплуатацию готового тоннеля. Сейчас переходят на освоение новой щитовой техники, дающей наибольший эффект. В связи с этим проводится необходимая аналитическая работа в целях выявления закономерных и обоснованных типоразмеров тоннелей малого сечения, тесно увязанных со всем комплексом прокладываемых инженерных сетей и условиями их эксплуатации.

В настоящее время при проектировании и строительстве городских коллекторных тоннелей рекомендуют применять их с диаметром в свету 1,8; 2,25; 2,8; 3,55 м, что дает возможность разместить наиболее распространенные и выгодные сочетания различных трубопроводов и кабелей, обеспечить необходимые удобства для их монтажа и эксплуатации. Кроме того, такие диаметры коллекторов соответствуют необходимым требованиям при применении их в качестве канализационных каналов и водостоков. В коллекторном тоннеле диаметром 2,25 м возможны 43 варианта размещения подземных сетей, в тоннеле диаметром в свету 2,8 м — 107 вариантов, диаметром 3,55 м — 104 варианта.

Технологический процесс создания каналов для подземных сетей состоит из подготовительных работ, производства щитовой проходки и отделочных работ. В подготовительный период выполняют работы по проходке ствольных шахт, оборудованию шахт подъемными устройствами, опусканию щита в шахту, монтажу необходимого электрооборудования. Расстояние между рабочими шахтами для щитов диаметром более 2,5 м принимается 200—250 м. Щитовая проходка слагается из следующих операций: разработки забоя, продвижения щита, сборки блочного кольца первичной обделки, нагнетания цементного раствора за блочную обделку, футеровки тоннеля. Первичную обделку стенок при щитовом способе проходки осуществляют с помощью железобетонных тюбингов, соединяемых между собой болтами. Каждый тюбинг представляет собой

оболочку с цилиндрической поверхностью и кривизной, соответствующей размеру щита, усиленную по краям ребрами жесткости.

Значительное распространение для обделки стенок получили железобетонные трапецеидальные блоки. Промышленность строительных материалов выпускает железобетонные рядовые и лотковые блоки обделки коллекторных тоннелей (рис. 95) для прокладки коммуникаций при проходке тоннелей щитами диаметром 2,0; 2,1; 2,56; 2,6; 3,2; 3,6 и 4,0 м. Для пропуска в тоннелях водостоков и

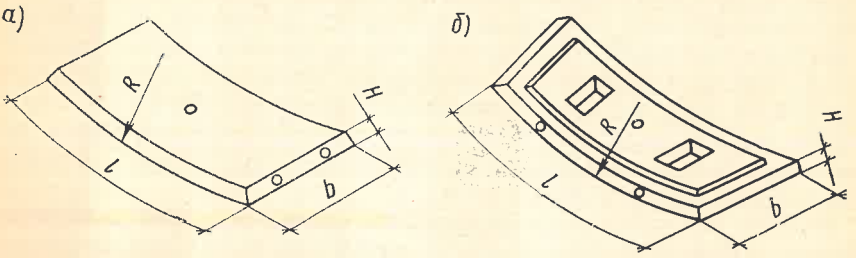


Рис. 95. Железобетонные блоки обделки коллекторных тоннелей:
а — без пазов; *б* — с пазами

канализации используют лотковые блоки или футеровочные кольца диаметром 800 и 1000 мм.

Отделочные работы заключаются в устранении течи через швы и стыки, устройстве лотка, затирке внутренней поверхности тоннеля.

При способе продавливания или прокола труба вдавливается в грунт под действием домкратов. Для производства работ способом продавливания и прокола разрабатывают на необходимую глубину два котлована: рабочий и приемный. В первом (рабочем) котловане укладывают трубу на проектной отметке по направляющим устройствам и при помощи домкратов, которые упираются в стенку котлована, ведут проходку до приемного котлована. По мере продвижения трубы от рабочего котлована до приемного ее постепенно наращивают в первом котловане. Для снижения сопротивления трению грунта на передний конец первой трубы наваривают стальной нож, диаметр которого на 10—15 см больше диаметра трубы. Грунт, входящий в трубу через ее открытый передний конец, снабженный ножом, удаляют при продавливании непрерывно или периодически. Прокладку стальных и железобетонных труб диаметром 80—150 мм способом продавливания из одного котлована можно производить на длину 40—50 м в любых грунтах, за исключением скальных пород.

При прокладке труб методом прокола передний конец трубы закрывают глухим коническим наконечником, диаметр основания которого на 25—30 см больше наружного диаметра трубы. В этом случае основное сопротивление возникает за счет вдавливания в грунт наконечника. Труба может иметь также и открытый перед-

ний конец. Тогда грунт в трубе на участке 5—7 диаметров трубы не удаляют, а он образует плотную пробку. При проколе с открытой трубой достигают более точной проходки. Способом прокола прокладывают стальные трубы диаметром 400 мм в глинистых и суглинистых грунтах, в песчаных грунтах требуется значительно большее усилие. Прокладку труб способом прокола из одного котлована можно производить на длину до 80 м. При необходимости прокладки труб большей длины трассу проходки разделяют на несколько участков и каждый участок прокладывают из отдельного котлована.

§ 32. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОСТОКОВ

Уличные и внутриквартальные (дворовые) водосточные сети, служащие для отвода поверхностных вод с территорий, прилегающих к улице, в главный водосточный коллектор, строят в большинстве случаев открытым способом. Эти водостоки проектируют из труб небольшого диаметра (от 0,3 до 1,5 м), и закладываются они, как правило, на небольшой глубине. Технологическая последовательность строительства уличных и вутриквартальных водостоков из труб небольшого диаметра аналогична строительству общих водосточных коллекторов.

Траншеи под водосток копают в основном экскаваторами со сменным оборудованием обратная лопата с емкостью ковша 0,25—1 м^3 и в некоторых случаях роторными экскаваторами. Роторные экскаваторы целесообразно применять при рытье траншей небольшой глубины и значительной протяженности в плотных грунтах. Кроме того, роторными экскаваторами благодаря жесткому закреплению ковшей, более безопасно производить рытье траншей вблизи существующих подземных коммуникаций.

Грунт из траншей разрабатывают в отвал, а в стесненных условиях строительства отвозят в заранее выбранные места. При разработке в отвал грунт подают экскаватором в наиболее удаленные места с таким расчетом, чтобы при проходе экскаватора оставалась бровка шириной не менее 0,5 м между откосом траншеи и отвалом. Траншеи в зависимости от принятого проекта разрабатывают в креплениях или без них. Без креплений траншеи разрабатывают в сравнительно устойчивых грунтах и при возможности создания требуемых по техническим условиям откосов. При разработке траншеи с вертикальными стенками последние крепят начиная с глубины 1 м в грунтах насыпных, несвязных, гравелистых; с 1,25 м — в супесях; с 1,5 м — в глинах и суглинках и с 2 м — в плотных грунтах.

Ширину траншей по дну без креплений для труб диаметром до 1 м увеличивают на 1 м (по 0,5 м с каждой стороны трубы), для труб диаметром более 1 м прибавляют с каждой стороны по 0,75 м. Уширение дна траншеи при разработке их с откосами обеспечивает более безопасные условия работ при монтаже трубопроводов.

Тип основания под водосточные трубопроводы (рис. 96) выбирают, в каждом конкретном случае исходя из геологических и гидрологических условий места строительства, размеров и конструкции трубопроводов. Трубопроводы укладывают либо непосредственно на грунт (в этом случае они должны на всем протяжении плотно

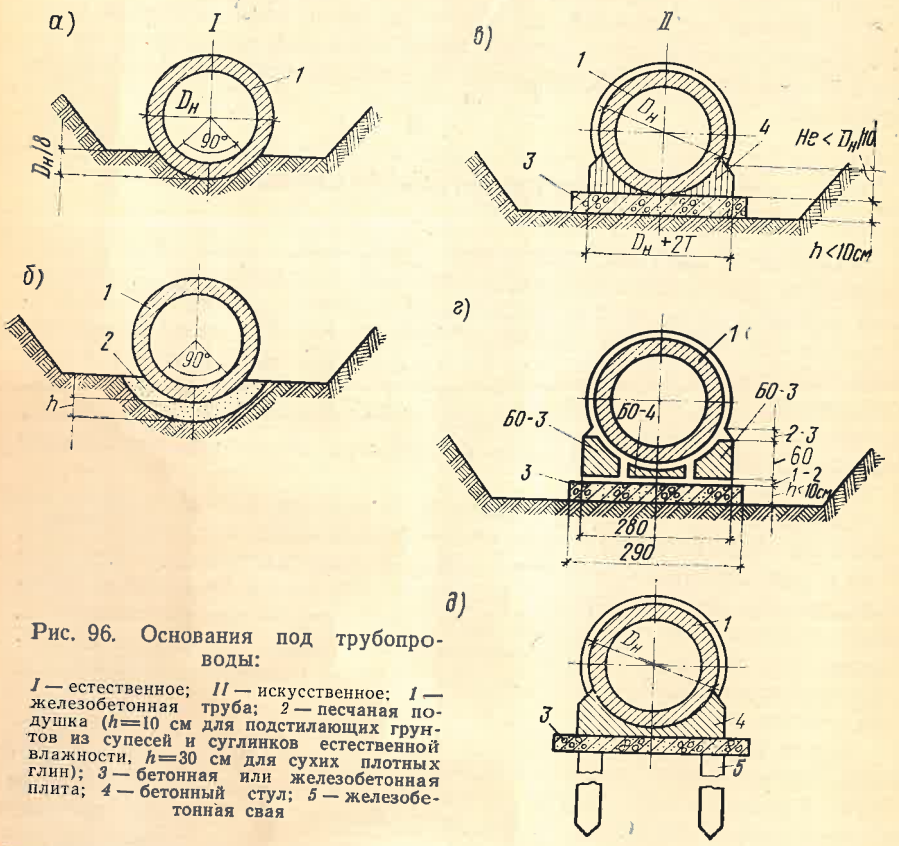


Рис. 96. Основания под трубопроводы:

I — естественное; *II* — искусственное; *1* — железобетонная труба; *2* — песчаная подушка (*h*=10 см для подстилающих грунтов из супесей и суглинков естественной влажности, *h*=30 см для сухих плотных глин); *3* — бетонная или железобетонная плита; *4* — бетонный стул; *5* — железобетонная свая

соприкасаться с ненарушенным грунтом основания), либо на искусственное основание (песчано-гравийное, щебеночное, бетонное, железобетонное, свайное).

В случае укладки труб на естественное сухое грунтовое основание (рис. 96, *а*) устраивают ложе в виде лотка из уплотненного грунта с тщательной подбивкой его под трубу. Лоток тщательно планируют по металлическому шаблону, исходя из формы трубы, или лоток делают несколько больше по ширине и глубине и под трубу устраивают песчаную подушку (рис. 96, *б*). С боков песчаную подушку делают высотой не менее 0,15 диаметра трубы с хорошим уплотнением. Пазухи между трубами и откосами траншеи засыпают песчаным грунтом и уплотняют ручными вибротрамбовками.

На бетонное монолитное основание с устройством в стыках бетонного стула (рис. 96, *в*) трубы укладывают в два приема: сначала устраивают бетонную плиту, рассчитанную по толщине на восприятие массы трубы при заданном модуле упругости грунта основания, а затем после укладки труб устраивают бетонный стул с тщательным контролем уплотнения бетона. Боковые пазухи засыпают местным грунтом с таким расчетом, чтобы не было пустот около трубы. В зимнее время пазухи засыпают только талым грунтом с разбивкой комьев и уплотнением его до плотного (без наружных пустот) состояния. В случае укладки труб на сборно-монолитное основание вначале укладывают готовые железобетонные плиты, затем делают бетонный монолитный стул под трубы. Основание такого типа можно рекомендовать лишь при производстве работ в зимний период и когда по технологии укладки нельзя иметь достаточный разрыв во времени между укладкой труб и устройством основания.

Для устройства оснований под трубы больших диаметров промышленность выпускает сборные железобетонные блоки БО-3 и БО-4 (рис. 96, *г*), укладываемые под трубы вместо монолитного стула. По ширине основание под трубопроводы собирают из трех блоков: двух крайних БО-3 и одного среднего БО-4. Блоки устанавливают с перевязкой швов на бетонную подготовку толщиной 10 см с выравнивающим слоем из цементно-песчаного раствора высотой 1—2 см. В водонасыщенных грунтах наряду с укладкой труб на железобетонное основание используют свайные ростверки (рис. 96, *д*).

Для монтажа водосточных труб применяют автокраны, пневмоколесные краны, краны на гусеничном ходу и трубоукладчики, каждый из которых подбирают с учетом его грузоподъемности и в зависимости от вылета стрелы. Одновременно этими же кранами производят монтаж смотровых колодцев и камер. При устройстве колодцев в водонасыщенных грунтах поверхности днища и стенок колодца оклеивают гидроизолом. Водосточные ветки устраивают из труб диаметром 0,3—0,4 м. Укладывают их теми же кранами на спланированное и хорошо уплотненное земляное полотно дна траншей. Дождеприемные колодцы устанавливают по высоте с таким расчетом, чтобы верх дорожного покрытия был на 1,5—2 см выше, чем чугунная решетка колодца. Стыки водосточных труб из различных материалов (железобетонные, асбестоцементные, керамиковые) заделывают теми же материалами и по той же технологии, которая описана в § 29.

При строительстве водостоков в грунтах, насыщенных водой, особенно при сильном притоке воды, возникает необходимость в откачке воды из траншей. При открытом водоотливе, который производят при помощи различного типа насосов, их устанавливают так, чтобы высота всасывания не превышала 4,5 м. Открытый водоотлив можно применять в сочетании с разными видами временных креплений котлованов и траншей.

Для эффективного использования насосов при водоотливе каждая насосная установка должна иметь резервные агрегаты, необходимое количество которых следует принимать по данным, приведенным ниже.

Количество рабочих агрегатов	1	2	3	4
Резервная производительность, % от количества рабочих агрегатов, не менее	100	50	30	25

Однако открытый водоотлив в ряде случаев вызывает нарушение структуры грунта в основании, в результате чего может возникнуть опасность сползания откосов траншеи. В этом случае целесообразно применение искусственного понижения уровня грунтовых вод. При глубине понижения уровня грунтовых вод до 5 м применяют легкие иглофильтровые установки, более 5 м — установки с эжекторными иглофильтрами. Иглофильтры представляют собой колонны труб диаметром 38 мм, общей длиной до 8,5 м, к нижнему концу которых присоединены фильтровые звенья. Иглофильтры состоят из трех звеньев надфильтровых труб длиной 1,5; 2,3; 3,4 м, соединенных между собой и с фильтровым звеном при помощи муфт. Водопонижение выполняют по проекту, составленному на основании необходимых геологических и гидрогеологических изысканий, проводимых для этих целей.

При строительстве водостока уровень грунтовых вод понижается до 1 м ниже проектных отметок, для чего водопонизительные установки располагают по одной из следующих основных схем: по замкнутому контуру; по незамкнутому контуру; по прямой или кривой линии с двух сторон или с одной стороны разрабатываемой траншеи; одним или несколькими ярусами. Выбор типа и схемы расположения водопонизительной установки зависит от геологических и гидрогеологических условий площадки строительства, размеров котлованов и траншей.

В табл. 65 приводятся рекомендации по выбору установок для понижения уровня грунтовых вод в зависимости от требуемой глубины их снижения и типа грунтов.

§ 33. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДРЕНАЖЕЙ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

Дренажи мелкого заложения устраивают для понижения уровня грунтовых вод в основании дорог или же для осушения дорожного полотна (если оно проходит в насыпи) во избежание нарушения их устойчивости и предотвращения пучения глинистых и пылеватых грунтов при их промерзании. Дорожный дренаж проектируют в виде продольных или поперечных трубчатых дрен. Продольный дренаж устраивают при продольном уклоне проезжей части менее 30‰, а поперечный — при больших продольных уклонах. На односкатных проездах шириной до 7,5 м продольный дренаж располагают с одной стороны проезжей части под пониженным

Таблица 65

Глубина понижения уровня грунтовых вод, м	Наименование грунтов при коэффициенте фильтрации, м/сут											
				песок								
	глина менее 0,01	суглинок 0,01—0,1	супесь 0,1—1,0	мелкозернистый 1—2	мелкий 2—10	средний 10—25	крупный 25—40	крупный 40—75	крупнейший 50—100	гравий с песком 75—100	галечник чистый 100	чередование пород различной водопроницаемости
До 5	Электроосушение (одноярусные установки с легкими иглофильтрами)	Вакуумирование (эжекторные иглофильтры ЭИ-2,5)		Установки с легкими иглофильтрами (одноярусные)			Откачка воды из скважин центробежными насосами				Поверхностный водоотлив	Поверхностный водоотлив (установки с легкими иглофильтрами в сочетании с поверхностным водоотливом)
Более 5	Электроосушение (ярусные установки с легкими иглофильтрами)	То же		Установки с легкими иглофильтрами (многоярусные) Эжекторные иглофильтры ЭИ-2,5, ЭИ-4			Артезианские насосы					Поверхностный водоотлив (ярусные установки с легкими иглофильтрами, эжекторные иглофильтры, артезианские насосы в сочетании с поверхностным водоотливом)

лотком. При двускатных проездах шириной до 7,5 м дну корыта придают односторонний уклон и дренаж прокладывают лишь с пониженной стороны. На двускатных проездах шириной более 7,5 м дренажи располагают под обоими лотками.

К основным работам по устройству дренажей мелкого заложения относятся: рытье траншей, подготовка оснований, укладка труб, блоков, фильтрующей обсыпки, устройство смотровых колодцев, засыпка траншей, а к вспомогательным — разбивка дренажной сети на местности, проведение мероприятий на пересечениях дренажных трасс с другими подземными коммуникациями, заготовка и перевоз материалов для фильтрующих обсыпок, завозка труб и подготовка их к укладке.

Траншеи для дренажа в городских условиях роют автогрейдером с навесным съемным оборудованием или экскаватором Э-153 с трапецеидальным ковшом. Съемное оборудование в виде ножа устанавливают на отвал автогрейдера за 15—20 мин. При рытье траншеи отвал с навесным ножом выносят вправо по ходу движения автогрейдера и опускают так, чтобы при первом проходе можно было снять слой грунта толщиной 6—8 см, который удаляют за пределы земляного полотна. После 4—5 проходов автогрейдера по одному следу дренажная канава полностью готова для укладки труб. Таким приспособлением в течение 4 ч можно вырыть 100—200 м дренажных канав. Пневмоколесный экскаватор Э-153, оснащенный трапецеидальным ковшом емкостью 0,1 м³ (ширина понизу 250 мм, поверху 450 мм, высота 500 мм), в течение 1 ч может приготовить 40—55 м дренажных канав глубиной 300—500 мм. Форму и размер траншеи для трубчатого дренажа определяют главным образом условиями производства работ и конструкцией дренажа. Дренаж мелкого заложения устраивают из асбестоцементных труб длиной 3 м и диаметром 100—200 мм.

Для приема дренажных вод трубы должны иметь водопропускные отверстия. В асбестоцементных трубах отверстия устраивают в виде пропилов, расположенных в средней трети трубы в шахматном порядке с обеих сторон. Длину пропила принимают равной $^1/_3$ диаметра трубы, ширину подбирают расчетом. Чаще всего она составляет 3—5 мм, а расстояние между пропилами — 25—30 см с каждой стороны. Можно также устраивать круглые водопропускные отверстия диаметром 10—15 мм, которые просверливают с обеих сторон трубы в шахматном порядке на расстоянии 10—15 см друг от друга.

Укладке труб предшествуют зачистка и планировка дна траншеи и устройство в случае необходимости искусственного основания. Эти работы ведут захватками от колодца к колодцу, снизу вверх по уклону.

Первую трубу укладывают концом на основание низового колодца, с тем чтобы торец трубы совпадал с линией внутренней поверхности стен камеры колодца. Каждую следующую трубу укладывают после выверки положения предыдущей, при этом раструбные трубы укладывают раструбами вперед. При укладке трубы

центрируют в плане, а их высотное положение устанавливают ходовой визиркой. Асбестоцементные трубы соединяют между собой с помощью муфт и резиновых колец. Трубы засыпают слоем гравия и поверх гравия крупнозернистым песком. Материалы, предназначенные для дренажных обсыпок, должны удовлетворять требованиям фильтрации и морозостойкости. Дренажные смотровые круглые колодцы сборного типа устраивают в лотке проезжей части на расстоянии 40—60 м.

В последние годы дренажи мелкого заложения устраивают с применением труб из фильтрующего бетона. Внутренний диаметр таких труб 100—200 мм, стенка пористая толщиной 5 см. Внутреннее сечение трубофильтра круглое, а наружное сечение прямоугольное со срезанными углами или сводчатое.

При устройстве дренажей в песчаных грунтах трубофильтры укладывают на выровненное и уплотненное дно траншеи без устройства подстилающего слоя, а в слабых водоносных грунтах подготовку выполняют из щебня или гравия общей толщиной не менее 10 см. Трубофильтры укладывают снизу вверх по уклону пазом вперед. При этом гребень фальца следующего трубофильтра вставляют в паз ранее уложенного. Трубофильтры соединяют в четверть насухо с обмазкой раствором верхней и боковых граней. В настоящее время для соединения трубофильтров в опытном порядке применяют полиэтиленовые гофрированные муфты. Применение таких муфт экономично и значительно снижает трудовые затраты. Уложенные трубофильтры перед устройством фильтрующей обсыпки тщательно осматривают с участием технического надзора и составляют акт на скрытые работы. При устройстве дренажа в супесчаных, суглинистых и мелкозернистых песчаных грунтах для обсыпки вокруг трубофильтров применяют песок с крупностью зерен 0,3—2,5 мм и толщиной слоя не менее 20 см.

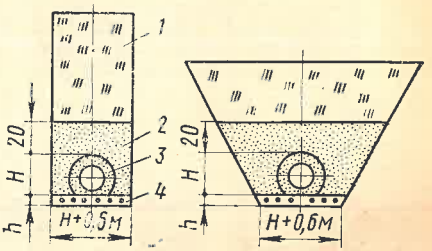


Рис. 97. Типовые конструкции дренажей из пористых трубофильтров:

1 — засыпка местным грунтом; *2* — засыпка крупнозернистым песком; *3* — трубофильтры; *4* — подготовка из щебня или крупнозернистого песка

На рис. 97 представлены типовые конструкции дренажей из пористых трубофильтров. Обратную засыпку траншеи местным грунтом производят после проверки выполненных работ по укладке трубофильтров и устройства фильтрующей обсыпки.

§ 34. ТЕХНОЛОГИЯ УСТАНОВКИ БОРТОВЫХ КАМНЕЙ

Бортовые камни, отделяющие проезжую часть от тротуаров и полос зеленых насаждений, устанавливают после подготовки земляного полотна. В практике городского дорожного строительства

наиболее широкое применение находят бетонные бортовые камни (рис. 98). Бетонные бортовые камни типовой конструкции изготовляют, как правило, длиной 1 м. Технология установки бетонных бортовых камней включает следующие операции: геодезическую разбивку линии и высотных отметок; раскладку бортовых камней по линии установки; подготовку земляного полотна; устройство цементно-бетонного основания; установку бортовых камней; устрой-

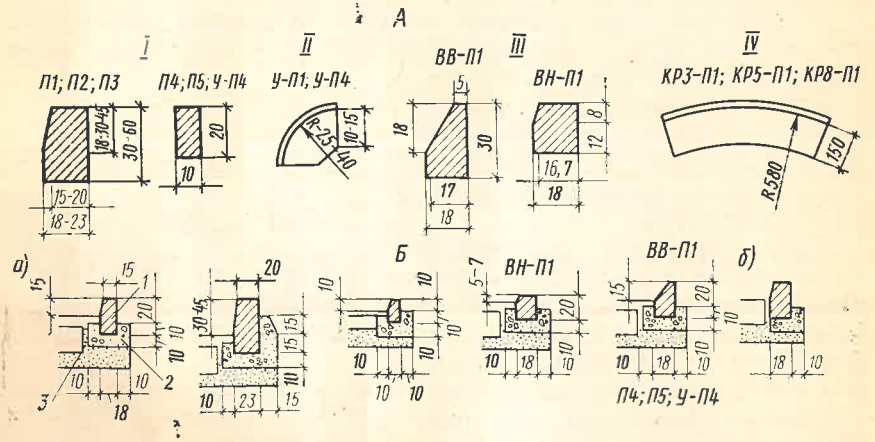


Рис. 98. Сортамент (*А*) и способы установки (*Б*) гранитных бортовых камней (размеры даны в см):

I — прямолинейные; *II* — угловые; *III* — въездные; *IV* — криволинейные; *а* — при бетонных или щебеночных основаниях проезжей части; *б* — при бетонных покрытиях; *1* — борт гранитный; *2* — основание под борт из бетона М200; *3* — шов сжатия (внутреннюю поверхность при бетонном основании обмазывают битумом; шов заделывают песчаным асфальтом или цементным раствором)

ство цементно-бетонной обоймы; заливку и расшивку швов. Линию и высотные отметки закрепляют на местности металлическими штырями, между которыми натягивают шнур на высоту, соответствующую верхней кромке борта.

Доставленные автомашинами на строительство поддоны с бортовыми камнями разгружают автокранами, и двое рабочих металлическими клещами разносят борт по линии установки. Освобожденные от камней поддоны возвращают на завод-изготовитель бортового камня или склад-базу. На выровненное и уплотненное земляное полотно или уширенное основание дорожной одежды раскладывают бетонную смесь толщиной 10 см. Ширину основания под бортовой камень увеличивают в обе стороны от его лицевой и внутренней поверхности на 10 см.

Двое рабочих устанавливают бортовые камни на бетонное основание и деревянной трамбовкой осаживают их до уровня натянутого шнура, после чего приступают к установке следующего камня. Швы между отдельными камнями должны быть не более 5 мм. Далее устанавливают с двух сторон от бортового камня деревянную опалубку, которую заполняют бетоном для создания ровной по

ширине и высоте обоймы. Швы между камнями заполняют цементным раствором состава 1 : 4. После этого их расшивают цементным раствором состава 1 : 2.

Гранитные бортовые камни устанавливают в такой же технологической последовательности, однако для более точной их установки требуется ручная подтеска торцовых граней.

При укладке цементно-бетонного основания или покрытия дорожной одежды комплектом бетоноукладочных машин бортовые камни устанавливают после снятия рельс-форм. Установку бортового камня обычно производят вручную, что ограничивает возможность применения камней длиной более 1 м из-за их значительной массы. В Новокузнецке и ряде городов Украины для установки бортовых камней применяют кран с гидравлическим приводом, смонтированный на моторном катке (рис. 99). Для крана использованы некоторые узлы от существующих машин. При ширине проезжей части до 7 м каток с краном движется по оси дороги и устанавливает бортовые камни с обеих сторон. При ширине дороги более 7 м бортовые камни можно устанавливать краном только с одной стороны проезжей части.

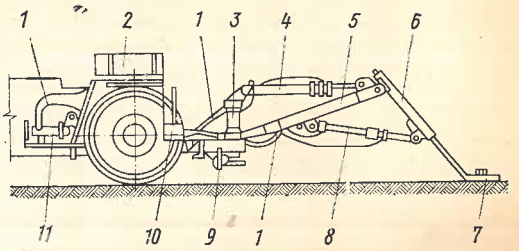


Рис. 99. Кран на моторном катке для установки бортовых камней:

1 — гибкие шланги; *2* — бак для масла; *3* — поворотная колонка; *4* — цилиндр подъема стрелы; *5* — стрела; *6* — рукоять; *7* — крановая подвеска; *8* — гидроцилиндр рукоятки; *9* — поворотный цилиндр; *10* — гидрораспределитель; *11* — гидронасос

В Москве для установки бортовых камней используют тракторы ДТ-20 с навесным оборудованием, которые в смену устанавливают 120—130 м. В Ленинграде для установки бортовых камней применяют тракторы ДТ-55 с гидравлическими захватами. Таким механизмом можно установить до 280 м борта в смену.

С 1971 г. в Москве начали применять длинномерные (3 м) бетонные бортовые камни, конструкцию которых разработала дорожная лаборатория НИИмосстроя. Эти бортовые камни изготовляют из бетона М400 в разъемных металлических формах на бетонном заводе.

Характерной особенностью этих изделий является то, что они имеют уширенную нижнюю часть, дающую возможность не устраивать контрфорса из монолитного бетона, а торцы бортовых камней выполнены в виде шпунтового соединения, что после омоноличивания их создает прочную конструкцию борта. Такие бортовые камни укладывают на спланированное и уплотненное песчаное основание. Под торцы камней заподлицо с песчаным основанием устанавливают бетонные подкладки размером 40×20×10 см. Для монтажа бортовых камней применяют автокраны грузоподъемностью до 3 т или автопогрузчики. Применение длинномерных бортовых

камней описанной конструкции значительно сокращает трудозатраты и дает возможность отказаться от бетонной подготовки под камни, чем достигается экономия до 40 м³ бетонной смеси на 1 км дороги, расходуемой при установке бортовых камней длиной 1 м.

В последнее время все более широкое распространение получают бордюры из асфальтобетона, которые отличаются высоким сцеплением с основанием и значительно дешевле цементно-бетонных. В Москве за последние годы начаты работы по устройству борта из асфальтового бетона. Борт высотой 18 см изготовляют непрерывным способом из песчаного асфальтового бетона непосредственно на месте работы с помощью специальной машины. Подача смеси в бункер производится при помощи автопогрузчика. Смесь из приемного бункера подается шнеком в фигурную насадку. Привод шнека осуществляется от двигателя с воздушным охлаждением мощностью 6 л. с. (~4,5 кВт). Поступающая асфальтобетонная смесь загружается в приемный бункер равномерно. Температура ее в момент загрузки должна быть 120—140° С. В процессе загрузки машина передвигается вперед.

Устройство борта производят по тщательно выровненному прочному основанию, покрытому тонким слоем битумной эмульсии. Борт можно укладывать не только по основанию, но и по нижнему или верхнему слою асфальтобетонного покрытия. Производительность машины, устраивающей борт, — до 300 м борта в смену.

Наряду с установкой бортовых камней как вручную, так и различными механизмами с навесным оборудованием в некоторых городах применяют бортоукладчики, изготовляющие монолитный борт из бетона и асфальтобетона непосредственно на дороге. Бортоукладчик передвигается на гусеничном ходу, приводится в действие сжатым воздухом от передвижного компрессора. На нем установлены два пневмоцилиндра: одним приводят в действие штыри — толкатели, которые перемещаются в форме и уплотняют бетонную смесь; вторым приводят в действие нож, установленный на задней части формы для нарезания температурных швов. Кроме того, на передней стенке бункера крепится пневмовибратор. Механизированное изготовление монолитного борта методом выдавливания получило широкое применение за рубежом: в США, ФРГ, Швеции, Англии и других странах.

Обычно для изготовления монолитного борта механизированным способом применяется бетонная смесь с нулевой осадкой конуса. Бетонную смесь приготовляют из высокомарочного цемента, щебня или гравия с размерами частиц менее 20 мм и средне- или крупнозернистого песка. В бортоукладчиках бетонная смесь из приемного бункера шнеком подается в рабочую камеру, из которой поступает в форму и затем лентой заданного сечения ложится на подготовленное основание. Приемный бункер оборудован побудителем непрерывной подачи смеси к шнеку и предупреждения образования сводов. Бетонную смесь обычно доставляют в автобетоносмесителях, из которых по транспортеру смесь поступает в приемный бункер бортоукладчика.

Бортоукладчики укладывают борты не только по прямой линии, но и на кривых. При необходимости укладки борта измененного профиля производится переналадка бортоукладчика. Если сечение борта мало отличается от стандартного, заменяют только формы, если значительно, то заменяют также и шнек. По данным различных зарубежных фирм, производительность бортоукладчиков в смену в зависимости от сечения борта составляет от 300 до 1000 м борта. При применении бордюроукладчиков увеличивается производительность укладки бордюров, снижаются трудозатраты и стоимость.

Существующие способы установки штучных бортовых камней очень трудоемки, требуют значительной затраты ручного труда и дополнительной укладки около 10 м³ бетонной смеси на 100 м дороги. Более прогрессивным способом сочленения штучного бетонного бортового камня с дорожным покрытием по сравнению с описанными является приклейка бортового камня к бетонному покрытию или основанию компаундными клеями на основе полимеров. При этом способе бортовой камень непосредственно устанавливают на бетонное покрытие или основание, строительство которых в настоящее время полностью механизировано.

К компаундным клеям для данных работ предъявляют специфические технологические и прочностные требования. Обычно клеи имеют в своем составе большое количество растворителя и работают в тонком слое до 0,5 мм, компаунды для приклейки бортового камня работают в слое 1,5—3 мм и должны иметь не более 10% легколетучих веществ для предотвращения усадки. Условия склейки в полевых условиях вызывают необходимость применения только клеев, твердеющих в интервале от —5° С до +25° С. Материал клеевого шва должен быть водо- и морозоустойчив, прочность материала шва при сжатии должна быть не ниже прочности бетона при сжатии, а адгезия к нему — не менее 100% прочности бетона при растяжении.

Вышеперечисленным требованиям может удовлетворять компаунд на основе термореактивных смол каталитического отверждения с прочностью при сжатии 600—900 кгс/см² (60—90 МПа).

Примерный состав эпоксидно-полиамидного компаунда в частях по массе:

Смола эпоксидная ЭД-6	100
Смола полиамидная Л-20	40
Маршаллит	120

Результаты испытаний клеевых компаундов показывают, что эпоксидно-полиамидный компаунд наиболее полно удовлетворяет всем эксплуатационным требованиям и может успешно применяться в дорожном строительстве.

§ 35. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВАНИЙ ИЗ ЩЕБНЯ

В конструкциях дорожных одежд применяют щебеночные основания различных типов: из фракционированного щебня, щебня ря-

дового, укрепленного малыми дозами цемента, холодного, теплого и горячего черного щебня, обработанного битумом в установке или смешением на месте. Основание может состоять из одного или нескольких слоев, устраиваемых из условий обеспечения общей толщины одежды, установленной расчетом, и необходимости разделения на слои по условиям технологии производства работ. В городском дорожном строительстве наибольшее распространение получили одно- и двухслойные основания из фракционированного щебня и щебня, обработанного вязким битумом в установке. Для устройства дорожных оснований применяют известняковый щебень прочностью 600 кгс/см² (60 МПа) и выше.

Технологический процесс устройства двухслойных оснований толщиной 25 см из фракционированного щебня включает следующие операции: погрузку щебня размером 40—70 мм экскаватором в автомобили-самосвалы; подвозку щебня к месту укладки; распределение щебня нижнего слоя основания автогрейдером, щебнеукладочной машиной ДС-8 (Д-337) или универсальным укладчиком ДС-54 (Д-724); подвозку воды поливомоечной машиной ПМ-130Б; подкатку распределенного слоя легкими катками; проверку поперечного профиля нижнего слоя основания и исправление дефектов; уплотнение нижнего слоя основания средними и тяжелыми катками с поливкой водой; подвозку щебня фракции 40—70 мм для устройства нижнего слоя основания; распределение нижнего слоя основания с подкаткой легкими и укаткой средними и тяжелыми катками с поливкой водой; подвозку щебня фракции 20—40 мм для расклинивания; распределение щебня навесным распределителем и разметание механической щеткой на поливомоечной машине с поливкой расклиниваемого слоя щебня водой; уплотнение расклиниваемого слоя средними и тяжелыми катками.

При устройстве однослойного основания щебень фракции 40—70 мм укладывают на полную толщину, уплотняют катками и расклинивают более мелкой фракцией 20—40 мм.

Устройство щебеночных оснований автогрейдерами является сравнительно сложным и длительным процессом. В этом случае на спланированное и укатанное песчаное основание из автосамосвалов разгружают щебень и распределяют автогрейдером слоем, на 30% большим проектной толщины, выравнивают и таким образом создается основной скелет нижнего слоя, после чего производят его укатку легкими катками. В этот период работы поливка водой не требуется, так как щебень сравнительно легко перемещается и распределяется. После укатки легкими катками, когда исчезнут волны перед вальцами катка, можно применять тяжелые катки и увлажнять щебеночное основание. Вода в этот период укатки облегчает уплотнение. Проверив правильность продольных и поперечных уклонов и ликвидировав неровности, можно приступать к укладке второго слоя щебеночного основания. Уплотнять щебеночное основание следует до образования поверхностной корки.

Весь цикл уплотнения разбивается на три периода: осадка россыпи щебня, уплотнение россыпи, создание поверхностной корки.

Преждевременное окончание укатки может привести к недостаточному уплотнению основания, чрезмерная укатка — к перегрузке основания, т. е. разрушению щебня, нарушению целостности и устойчивости всей конструкции. Период осадки россыпи щебня практически определяют по значительному уменьшению волн перед вальцами катка, а период уплотнения россыпи — по раздавливанию отдельных щебенок размером 35—50 мм, подложенных под валец катка. В начале укатки скорость катка не должна превышать 1,5 км/ч, в последующие периоды может быть увеличена и достигать 3 км/ч. Первые проходы катков нужно производить от обоих краев проезжей части. Далее катки переходят на вторую полосу укатки, ближе к оси, перекрывая след предыдущего прохода на 25—30 см. После окончания первого периода уплотнения катки должны снова начинать укатку с краев и уплотнение происходит в той же последовательности во второй и третий периоды укатки. Для качественного уплотнения щебеночного основания нужно произвести около 50 проходов катка по одному следу: при первом периоде укатки — 10—12 проходов, при втором — 20—25, при третьем — 10—15. Количество проходов катка по щебеночному основанию фиксируется в специальном журнале, который является необходимым документом при сдаче работ. Для предварительного уплотнения следует применять легкие катки массой 5—6 т, для окончательного уплотнения россыпи средние катки — 7—8 т, для создания поверхностной корки тяжелые катки — 10—12 т.

Количество воды для поливки при укатке щебеночного основания зависит от прочности каменных материалов, времени года, температуры и влажности воздуха. При недостаточной поливке увеличивается время уплотнения основания, а избыток воды может привести к переувлажнению подстилающего слоя.

В настоящее время во многих городах для устройства щебеночного основания применяют щебнеукладчик ДС-8 (Д-337), который выполняет операции по распределению, разравниванию и уплотнению щебня. Укладка щебеночного основания ведется от борта к оси дороги. Из автомобилей-самосвалов щебень подается в приемный бункер щебнеукладчика, который, продвигаясь вперед, оставляет за собой ровную уплотненную полосу из щебеночного материала толщиной до 25 см и шириной 3,1 м. На щебнеукладчике ДС-8 установлены два площадочных вибратора для уплотнения укладываемого щебня. Длину укладываемой за смену полосы назначают в зависимости от ширины проезжей части и количества слоев с таким расчетом, чтобы к концу смены полностью было построено основание на заданном отрезке проезжей части улицы.

Технико-экономические расчеты показывают, что использование машины ДС-8 для устройства основания вместо автогрейдера снижает строительные затраты почти в 3 раза. Комплексная бригада, состоящая из мотористов щебнеукладчика ДС-8 и катков, шофера поливомоечной машины ПМ-130Б и шоферов машин-самосвалов МАЗ-503 или ЗИЛ-555 (количество которых зависит от дальности возки щебня к объекту строительства), может уложить в смену до

Рис. 100. Технологическая схема устройства двухслойного щебеночного основания

1500 м² двухслойного щебеночного основания толщиной до 25 см. На рис. 100 приведена технологическая схема потока при устройстве двухслойного щебеночного основания распределителем щебня ДС-8.

Технологический процесс устройства оснований из черных щебеночных смесей, приготовленных в установке, состоит из следующих операций: доставки к месту работ щебеночной смеси; распределения смеси по подготовленному основанию слоем заданной толщины (с учетом коэффициента уплотнения); уплотнения слоя смеси. Черные щебеночные смеси приготовляют в асфальтосмесительных установках с принудительным и свободным перемешиванием. Качество смеси зависит от однородности исходных минеральных материалов, точного соблюдения запроектированных составов и заданного температурного режима перемешивания минеральных материалов с вяжущими.

Для устройства оснований применяют три вида черных щебеночных смесей, приготовляемых путем смешения в установках: холодные, теплые и горячие смеси.

Холодные смеси получают путем смешения в установке щебеночных материалов с жидкими битумами и дегтями повышенной вязкости с нагревом до температуры 80—100° С, теплые — путем смешения щебеночных материалов с вязким битумом марки БНД 200/300 или жидкими битумами и дегтями повышенной вязкости с нагревом до температуры 70—120° С, горячие — путем смешения щебеночных материалов с вязкими битумами или вязкими дегтями с нагревом до 120—170° С. Горячие и теплые черные щебеночные смеси из смесителя непосредственно после приготовления поступают к месту укладки и должны иметь температуру соответственно 80—140 и 50—80° С при положительной температуре наружного воздуха. Холодные смеси после приготовления могут храниться на складе до 6—8 месяцев, а укладывать их необходимо при температуре смеси 15—50° С. Доставляют черные щебеночные смеси к месту укладки автомобилями-самосвалами.

Горячие, теплые или холодные черные щебеночные смеси распределяют, как правило, асфальтоукладчиком и только при малых объемах работ допускают распределение вручную. Холодные щебеночные смеси слоем более 4 см можно распределять грейдерами. Уплотняют черную щебеночную смесь катками. Горячие и теплые крупнозернистые смеси из прочных горных пород уплотняют тяжелыми катками. Среднезернистые, мелкозернистые и песчаные горячие, теплые смеси из прочных горных пород уплотняют сначала легкими катками, 3—5 проходами по одному следу, а затем тяжелыми — 12—20 проходами по одному следу. Укатывают от краев к середине, перекрывая соседнюю полосу на 20—30 см. При укатке вальцы катков необходимо смачивать, чтобы избежать прилипания к ним смеси. Укатывают смеси до полного уплотнения укатываемого слоя. Уплотнение считается достаточным, когда при проходе тяжелого катка от его задних вальцов не остается следа на уплотненном слое.

Черные щебеночные смеси, укладываемые в холодном состоянии, рекомендуется укатывать самоходными катками на пневматических шинах (6—10 проходами катка по одному следу в зависимости от его массы). При отсутствии катков на пневматических шинах холодные щебеночные смеси уплотняют моторными катками с гладкими вальцами. Черные щебеночные смеси можно уплотнять также вибрационными катками массой 5 т. Горячие и теплые смеси уплотняют 2—3 проходами по одному следу виброкатка с выключенным вибратором, а окончательное уплотнение выполняют 4—6 проходами по одному следу с включенным вибратором.

Уплотнение холодных смесей должно начинаться с укатки 3—4 проходами виброкатка по одному следу с выключенным вибратором и заканчиваться 5—6 проходами с включенным вибратором. После окончания укатки основания катками открывают движение и организуют уход в процессе его формирования. Продолжительность ухода за основанием, если предварительное уплотнение велось моторными катками с гладкими вальцами и окончательное уплотнение — движением автотранспорта, составляет 7—10 сут.

При уплотнении вибрационными катками или катками на пневматических шинах время ухода за основанием сокращается до 3—5 сут в зависимости от степени его уплотнения. Во время ухода за основанием исправляют обнаруженные дефекты (отдельные просадки, наплывы и т. п.). В процессе уплотнения основания проверяют его ровность и поперечный профиль. Ровность проверяют трехметровой рейкой, укладываемой на поверхность основания параллельно оси дороги. Просвет под рейкой должен быть не более 10 мм. Поперечный профиль проверяют шаблоном, при этом допускаемое отклонение поперечного уклона должно быть не более ±5%. После окончательного уплотнения проверяют толщину основания, делая пробные вскрытия. Отклонение толщины основания от заданной допускается в пределах 10%. Степень уплотнения готовых оснований из обработанных органическими вяжущими минеральных материалов способом смешения в установке проверяют по величине объемной массы образцов из покрытия, которые вырубают при проверке толщин покрытия. Объемная масса вырубки после уплотнения катками должна быть у основания из холодных смесей не менее 0,9, из теплых смесей — 0,95 и из горячих — 0,97 объемной массы образца, переформованного из вырубки и уплотненного под нагрузкой 400 кгс/см^2 (40 МПа) для холодных и теплых черных смесей и под нагрузкой 300 кгс/см^2 (30 МПа) — для горячих.

§ 36. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВАНИЙ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОНА И СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Бетонные основания устраивают в виде плит одинаковой толщины по всей ширине проезжей части. Толщину плиты бетонного основания назначают в зависимости от толщины покрытия, интенсивности движения, расчетной нагрузки на колесо, от подстилающих грунтов.

В СССР для устройства дорожных оснований применяют тяжелый бетон марок по прочности при сжатии 75, 100, 150, 200, 250 и по прочности на растяжение при изгибе марок 15, 20, 25, 30, 35. Для устройства оснований допускается применение также легкого бетона марок по прочности при сжатии 75, 100, 150 и марок по прочности на растяжение при изгибе 15, 20 и 25. Морозостойкость бетона для устройства оснований в районах со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца ниже —5° С должна быть не менее 50 циклов. Жесткость бетонных смесей для устройства оснований должна быть в пределах 30—40 с.

Строительство бетонных оснований при малых объемах работ осуществляется при помощи средств малой механизации (виброрейки, площадочных вибраторов), а при больших объемах работ — комплектом бетоноукладочных машин или другими механизмами (малогабаритными бетоноукладчиками, экскаватором Д-153 с навесным оборудованием и др.). При устройстве бетонных оснований средствами малой механизации выполняют следующие операции: проверку профиля подстилающего слоя, разгрузку и разравнивание смеси; уплотнение бетона и отделку его поверхности; устройство температурных швов; уход за свежеуложенным бетоном.

Проверку профиля подстилающего слоя производят шаблоном и рейкой. Бетон к месту укладки доставляют автомобилями-самосвалами и разгружают непосредственно на подстилающий слой. В пределах ширины основания бетон разравнивают сразу на всю проектную толщину. Уплотнение бетона производят виброрейками и площадочными вибраторами.

В бетонных основаниях устраивают поперечные и продольные температурные швы. Поперечные швы сжатия нарезают в отвердевшем бетоне на глубину 6 см или устраивают на всю толщину неотвердевшего бетонного основания через 6—8 м с закладкой в шов двух слоев рубероида. Продольные швы назначают при ширине проезжей части более 7 м и выполняют по типу швов сжатия.

Трудоемкость работ при устройстве оснований из цементобетона значительно сокращается при применении для разравнивания бетона экскаватора Э-153 со специальным навесным оборудованием. Рабочие органы этой машины состоят из разравнивающей рамы, перемещающейся по направляющей стреле, и двухчелюстного ковша для добавления смеси в те места, где ее недостаточно. Бетонная смесь, выгруженная из автосамосвалов на песчаное основание, предварительно распределяется с помощью двухчелюстного ковша. Затем направляющую балку устанавливают в нужном положении и возвратно-поступательным движением рамы производят окончательное разравнивание смеси. За один ход рамы машина, разравнивая слой смеси толщиной 12—14 см, способна переместить ее на расстояние до 3,3 м при продолжительности рабочего цикла 5 с.

Укрепленный впереди трактора противовес обеспечивает устойчивость бетоноразравнивателя как в рабочем, так и в транспортном положении. Разравнивание бетонной смеси этой машиной может

быть выполнено в пределах максимального вылета стрелы при повороте ее вправо и влево от оси движения на 60°. Бетоноразравниватель на базе экскаватора Э-153 кроме водителя обслуживают еще 4 человека: один рабочий уплотняет уложенную смесь поверхностным вибратором типа И-7, трое — распределяют бетонную смесь в труднодоступных местах. Опыт работы показал, что максимальная производительность бетоноразравнивателя указанной конструкции составляет 120—130 м³ в смену.

При больших объемах работ для устройства бетонных оснований, особенно на длинных участках с небольшими радиусами закруглений, с успехом может быть применен комплект бетоноукладочных машин, передвигающихся по рельс-формам. Технология строительства цементно-бетонных оснований комплектом бетоноукладочных машин аналогична описанной в § 42. Для устройства бетонных оснований в ряде городов применяют бетоноукладочные машины зарубежных фирм.

Бетонную смесь для строительства оснований доставляют автомобилями-самосвалами. При значительном удалении объектов строительства от заводов-поставщиков товарного бетона целесообразно применение автобетоносмесителей, в которых окончательное приготовление смеси производится во время пути их следования к месту укладки.

При строительстве бетонных оснований необходим уход за свежеуложенным бетоном. Наряду с давно применяемыми способами ухода за свежеуложенным бетоном (укрытие песком или опилками с поливкой водой и др.) широко применяют битумную эмульсию, а также искусственные пластмассовые пленки. Битумную эмульсию наносят распылением специальными машинами в два слоя, в два приема послойно, общей толщиной 0,4—0,7 мм. Норма розлива в первом слое — 400 г/м², во втором — 300 г/м². Первое распыление эмульсии выполняют через час-два после окончания отделки поверхности. Время второго нанесения зависит от свойств эмульсии (типа эмульсии), температуры и влажности воздуха, состояния погоды. В зависимости от температуры воздуха вторичное распыление эмульсии осуществляют через 40—50 мин при температуре воздуха +20—+30° С. При более низкой температуре начало второго распыления отодвигается на 10 мин от максимального времени, а при температуре воздуха выше 30° С, наоборот, эмульсию наносят на 10 мин раньше.

После нанесения второго слоя битумную пленку покрывают известковым молоком из расчета 0,5 л/м² или засыпают песком из расчета 5—6 кг/м². Для нанесения битумной эмульсии используют установки, состоящие из емкости на 150—180 л, смонтированной на тележке, и автомобильного или стационарного компрессора. При больших объемах строительства дорожных оснований для нанесения битумной эмульсии используют автогудронаторы. Для ухода за свежеуложенным бетоном применяют также полиэтиленовую пленку, для нанесения которой требуются незначительные трудовые затраты.

С 1968 г. в Москве под асфальтобетонные покрытия в качестве дорожных оснований применяют малоцементные смеси оптимального гранулометрического состава (тощий бетон). Тощий бетон обладает повышенной деформативностью и трещиностойкостью. Применение дорожных оснований из тощего бетона регламентируется «Методическими рекомендациями по проектированию и строительству дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями на основаниях из бетона разных марок» (Союздорнии) и «Техническими указаниями по строительству оснований из тощего бетона в Москве» (Главмосинжстрой при Мосгорисполкоме). Тощий бетон готовят из смеси цемента, воды и заполнителей специального подобранного гранулометрического состава. В отличие от обычных бетонных смесей для устройства дорожных оснований тощий бетон содержит меньше цемента и воды, что обеспечивает его экономичность и позволяет уплотнять в конструкциях катками разных типов сразу после распределения.

Толщину оснований из тощего бетона принимают по проекту согласно расчетам. Тощий бетон делится на марки: по пределу прочности при сжатии — 50, 100, 150, 200 и 250; по пределу прочности на растяжение при изгибе — 15, 20, 25, 30 и 35. Марка тощего бетона по морозостойкости в основании усовершенствованных капитальных покрытий должна быть не ниже Мрз50 для районов со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца от —10° С и ниже. В районах со среднемесячной температурой наиболее холодного месяца —10° С и выше бетон для устройства оснований на морозостойкость не испытывают.

Содержание воды в смесях тощего бетона назначают из условия оптимальной уплотняемости, которую определяют временем изготовления контрольных образцов размером 15×15×15 см, уплотняемых на лабораторном вибростоле с пригрузом 32 кг/см². Время изготовления должно быть в пределах 60—90 с. Расход воды составляет 6—7% от массы сухих компонентов. Смеси приготовляют на портландцементе марки не ниже М300. Для приготовления смеси применяют известняковый щебень, щебень из гравия и гравий прочностью не менее 400 кгс/см² (40 МПа), песок природный (горный, речной) в чистом виде или с добавками (каменной мелочи, высевок), а также гравийно-песчаные смеси. Зерновой состав щебня (гравия) должен удовлетворять следующим данным:

Размер сит, мм	50	40	30	20	10	5	5
Полный остаток на сите, %	0	0—5	5—40	40—70	70—95	95—100	100

Для получения прочности тощего бетона 100 кгс/см² (10 МПа) в 28-дневном возрасте на 1 м³ смеси требуется: воды — 120—130 л, цемента М300—110—120 кг, щебня 1470—1500 кг, песка — 550—600 кг. Смеси тощего бетона готовят в бетоносмесителях свободного падения или принудительного перемешивания.

Тощий бетон укладывают на технологический слой толщиной 10—15 см из гравийно-песчаной смеси или известнякового щебня.

Бетонную смесь доставляют на строительный объект в автомобилях-самосвалах. При транспортировании смеси в сухую погоду необходимо предохранять ее от потери влаги, а в сырую — от переувлажнения. Смесь укладывают бетоноукладчиками различных типов, щебнеукладчиками, а на небольших площадках, проездах, дворовых территориях — экскаватором Э-153 с навесным оборудованием, автогрейдером, бульдозером. Укладку ведут от бортового камня к оси проезда отдельными захватками длиной 40—50 м с таким расчетом, чтобы разрыв во времени укладки смежных полос не превышал 1 ч во избежание обезвоживания бетона кромки первой полосы.

При строительстве широких проездов укладку смеси производят двумя или тремя бетоноукладочными машинами с опережением одного укладчика относительно другого на 10—15 м. Смесь распределяют толщиной слоя до 20 см и вслед за укладчиком производят укатку ее моторными катками сначала легкими — массой 5—6 т, с числом проходов по одному следу 5—6, а затем тяжелыми — 10 или 15 т до полного уплотнения с перекрытием следа на 15—25 см с числом проходов по одному следу соответственно 8—10 и 6—8.

При двускатном поперечном профиле укатку ведут от обочин к оси проезда, при односкатном — навстречу поперечному уклону. Уплотнение считается законченным, если после прохода тяжелого катка на поверхности основания не остается следа. Остановка катков во время уплотнения свежеуложенной смеси не допускается. В течение всего времени уплотнения вальцы катков должны быть чистыми. Полным уплотнением считается такое, когда при проходе тяжелого катка на поверхности основания не остается следов.

Температурные швы устраивают после прохода бетоноукладочной машины по типу ложных швов путем закладки доски толщиной 2—3 см в свежеуложенный бетон в местах, предусмотренных проектом. Если асфальтобетонное покрытие укладывают не сразу после устройства основания, температурные швы можно нарезать в затвердевшем бетоне через трое суток для М100—М150 и через семь — для М50. В конце рабочей смены в случае отсутствия температурного шва должен устраиваться рабочий шов в виде упорной доски толщиной 5 см на всю ширину и высоту укладываемой полосы. Упорную доску крепят к технологическому слою при помощи стальных штырей. В зоне рабочих швов бетонную смесь дополнительно уплотняют поверхностными вибраторами с подсыпкой смеси вручную на полосе шириной 25—30 см. Перед возобновлением укладки смеси доску удаляют и торец бетона обрабатывают цементным раствором состава 1:1.

Укладку асфальтобетонного покрытия по основанию из тощего бетона производят сразу же после его уплотнения. При невозможности укладки покрытия после укатки основания его обрабатывают битумной эмульсией, которую наносят в два слоя с общей нормой расхода 0,7 кг на 1 м². В этом случае укладка покрытия разрешается через 3 сут. В связи с тем что при наборе прочности в тощем бетоне происходят обычные процессы гидратации цемента, цели и способы ухода за ним аналогичны уходу за свежеуложенным пла-

стичным бетоном. Контроль качества оснований из тощего бетона проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 8424—72 «Бетон дорожный».

Технологический поток строительства оснований из тощего бетона характеризуется высокой производительностью (до 2500 м² основания в смену), позволяет ликвидировать ручной труд на тяжелых дорожных работах, а также обеспечивает более быстрый ввод строительных объектов в эксплуатацию.

На рис. 101 представлена технологическая схема строительства оснований из тощего бетона.

Наряду с укладкой монолитного бетона устраивают сборные основания из железобетонных плит прямоугольной и квадратной формы. Толщина плит колеблется от 160 до 200 мм при размерах в плане от 1,5×1,5 до 3,5×3 м. С каждым годом увеличивается выпуск предварительно напряженных плит, которые по сравнению с плитами из обычного железобетона обладают рядом преимуществ: в них снижен расход арматуры и бетона благодаря применению материалов высокой прочности и уменьшению толщины плиты; значительно повышена трещиностойкость и выносливость, что особенно важно для дорожных плит, работающих на многократно повторяющиеся нагрузки; повышена жесткость, что дает возможность увеличить размеры плит.

При устройстве сборного основания из плоских железобетонных плит выполняют следующие операции: доставку плит с завода к месту работ на трейлерах или панелевозах; устройство подстилающего слоя из стабилизированного цементом песка; строповку плит к крюку крана посредством траверсы; укладку плит краном на подготовленное основание, вибропосадку плит; установку бортовых камней; заполнение швов между плитами мастикой.

Комплект машин, механизмов, а также необходимый инструмент бригады рабочих для устройства сборных оснований из плоских железобетонных плит существенно не отличается от такого же комплекта, применяемого при строительстве сборных покрытий.

§ 37. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Асфальтобетонные смеси для устройства усовершенствованных капитальных покрытий на городских улицах и дорогах приготовляют на асфальтобетонных заводах (АБЗ) путем смешения щебня, песка, минерального порошка и битума в горячем состоянии. На асфальтобетонных заводах может быть организован выпуск щебня, обработанного битумом (черный щебень), битумных эмульсий и других материалов, в состав которых входит битум. Асфальтобетонные заводы могут быть стационарными и временными. В городах обычно устраивают стационарные заводы, рассчитанные на длительный срок работы.

В зависимости от принятой схемы организации работ и условий обеспечения необходимыми материалами режим работы асфальто-

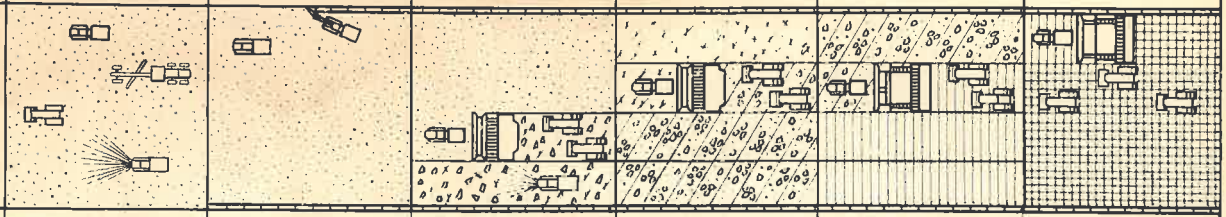
Захватки	I	II	III	IV	V	VI
План потока						
Наименование процессов	Устройство песчаного подстилающего слоя	Установка бортовых камней	Устройство щебеночного основания	Устройство основания из тощего бетона	Укладка нижнего слоя асфальтобетона	Укладка верхнего слоя асфальтобетона
Применяемые машины	Автомашины; автогрейдер, каток, поливомоечная машина	Автомашины; трактор ДТ-20 с навесным оборудованием	Автомашины, щебнеукладчик или автогрейдер; моторные катки (5–12 т); поливомоечные машины	Автомашины, бетоноукладчик или щебнеукладчик; катки (5–15 т)	Автомашины, асфальтоукладчик; катки моторные (5–15 т)	

Рис. 101. Технологическая схема строительства оснований из тощего бетона

бетонных заводов может быть двух видов: а) производство асфальтобетонной смеси из доставляемых на завод готовых минеральных материалов (щебень или гравий необходимых фракций, минеральный порошок); б) производство асфальтобетонной смеси из сырьевых материалов, требующих предварительной переработки в подсобных цехах асфальтобетонного завода. Централизованная переработка материалов и обеспечение ими асфальтобетонных заводов способствуют существенному улучшению технико-экономических показателей работы. При такой организации работы можно резко сократить производственные площади асфальтобетонных заводов, что облегчает выбор площадки для завода в городских условиях. Выпускаемое в СССР технологическое оборудование для асфальтобетонных заводов позволяет полностью механизировать весь процесс производства асфальтобетонных смесей, включая и переработку исходных минеральных материалов.

При производстве асфальтобетонной смеси из доставляемых на завод готовых минеральных материалов в его состав входят: битумный цех, состоящий из битумохранилища, битумоплавильных котлов, битумопроводов, насосных станций; смесительный цех, состоящий из машин и установок, предназначенных для приготовления асфальтобетонной смеси из готовых материалов; склады минеральных материалов и оборудование для их внутризаводского транспортирования; энерго- и паросиловое хозяйство; лаборатория для технического контроля качества материалов и выпускаемой продукции; ремонтно-механические мастерские; бытовые помещения для обслуживающего персонала, в том числе душевые, раздевалки и т. д.; конторские и складские помещения. При производстве асфальтобетонной смеси из сырьевых материалов, требующих предварительной переработки, в состав завода дополнительно вводят камнедробильный цех для производства фракционированного щебня, помольный цех для производства минерального порошка.

По производительности асфальтобетонные установки можно разделить на четыре основные группы: малой производительности — до 25 т/ч, средней производительности — до 50 т/ч, большой производительности — до 100 т/ч, очень высокой производительности — свыше 100 т/ч. Производительность серийно выпускаемых в настоящее время в СССР асфальтобетонных машин (полустационарного типа) составляет 25—30 или 100 т/ч. Намечены к выпуску в ближайшие годы асфальтобетонные машины производительностью 200—400 т/ч. Одна из современных тенденций в развитии этой отрасли за рубежом состоит в повышении часовой производительности асфальтобетонных машин. В некоторых странах (США, ФРГ, Италия) созданы автоматизированные асфальтобетонные машины производительностью 400—800 т/ч.

По конструктивной компоновке асфальтобетонные установки делят на партерные и башенные. В смесителях партерного типа расположение агрегатов развивается в горизонтальном направлении. В этом случае несколько проще монтаж и демонтаж всей установки, состоящей из отдельных агрегатов. Легче осуществляется

уход за ними и ремонт. В меньшей степени на работу механизмов влияет вибрация, сопутствующая работе смесителей башенного типа. В смесителях башенного типа конструкция агрегатов развивается в вертикальном направлении. В подобных асфальтобетонных машинах просушенный и нагретый в сушильном барабане материал поднимается на установку башенного типа, в которой осуществляется прогрохотка, сортировка, дозирование, перемешивание. На все эти операции материал последовательно поступает под влиянием силы тяжести.

Технологический процесс приготовления асфальтобетонных смесей на заводе включает следующие операции: а) при подготовке битума к использованию — разгрузку битума из транспортных средств (железнодорожные цистерны, автобитумовозы) в битумохранилище; одно- или двухступенчатый разогрев битума в битумохранилищах, обеспечивающий его транспортирование в битумоплавильные установки; обезвоживание и подогрев битума до рабочей температуры в битумоплавильнях; б) при изготовлении асфальтобетонных смесей — транспортирование со складов к смесителю песка, щебня, минерального порошка; предварительное дозирование песка и щебня и подача их в сушильный барабан; просушивание и нагрев песка и щебня до рабочей температуры; разделение просушенной смеси песка и щебня по фракциям; дозирование минеральных составляющих; подача и дозирование битума; дозирование поверхностно-активной добавки (если по принятой технологии поверхностно-активные вещества вводят непосредственно в смеситель); перемешивание всех компонентов смеси; выгрузка готовой продукции в транспорт или в накопительный бункер.

При переработке инертных материалов непосредственно на асфальтобетонном заводе в технологический процесс включают дополнительно следующие операции: а) при подготовке щебня — разгрузку камня из транспортных средств на промежуточный склад; транспортирование камня со склада к дробильно-сортировочной установке; дробление и сортировку щебня на фракции; подачу щебня на смесительную установку; транспортирование излишков щебня на склад; б) при изготовлении минерального порошка — разгрузку известнякового отсева или щебня из транспортных средств и организацию складирования этих материалов; дробление известнякового материала, просушку и размол его на мельницах; подачу минерального порошка к смесителю; транспортирование излишков минерального порошка на складе; подачу минерального порошка со склада на смесительные установки. При изготовлении активированного минерального порошка дополнительно вводят операцию по обработке известнякового материала смесью битума и поверхностно-активного вещества в процессе помола материала.

В настоящее время наша промышленность выпускает асфальтобетонные смесители ДС-35 (Д-597) и ДС-35А (Д-597А) производительностью 25—30 т/ч, а также комплекты автоматизированного технологического оборудования для производства асфальтобетонных смесей типа Д-645-2 и Д-645-3 производительностью 100 т/ч.

Смеситель ДС-35 — полустационарная машина башенного типа, состоит из трех основных агрегатов: сушильного, сортировочно-смесительного и пылеулавливающего (рис. 102). Сушильный агрегат состоит из сушильного барабана, ковшового элеватора, подающего песок и щебень в барабан, питателя элеватора и топливной установки. Топливо (мазут, соляровое масло) подается к форсунке из

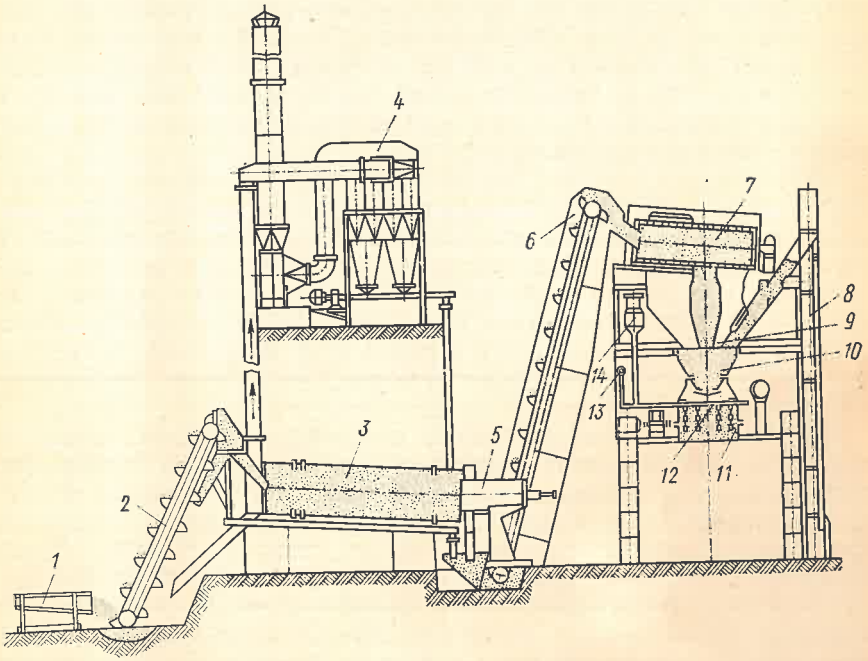


Рис. 102. Асфальтобетонный смеситель типа ДС-35:

1 — питатель; *2* — элеватор; *3* — сушильный барабан; *4* — пылеулавливающая установка; *5* — топка; *6* — элеватор для горячих материалов; *7* — грохот; *8* — элеватор для минерального порошка; *9* — бункер для горячих материалов; *10* — весовой бункер; *11* — лопастная двухвальная мешалка; *12* — битумная труба; *13, 14* — дозаторы

топливного бака насосом под давлением 2—3 кгс/см² (0,2—0,3 МПа). Для лучшего сгорания топливо предварительно подогревается. Для равномерного питания сушильного барабана минеральным материалом перед барабаном установлен двухсекционный питатель качающегося типа для песка и щебня. С питателя материал попадает на ковшовый элеватор (так называемый «холодный» элеватор), которым и производится загрузка барабана. Из сушильного барабана высушенный и нагретый материал попадает по лотку на второй элеватор («горячий»), который поднимает его на смесительный агрегат.

Контроль температуры нагрева минеральных материалов осуществляется при помощи термопары, установленной в лотке, соединяющем сушильный барабан с «горячим» элеватором.

Смесительный агрегат состоит из двух блоков: верхнего и нижнего. Верхний объединяет цилиндрический грохот, бункер, головки «горячего» элеватора и элеватора для минерального порошка. Нижний блок объединяет мешалку, дозировочные приспособления для минеральных материалов, битума и поверхностно-активного вещества. Блоки расположены один над другим, причем весь смесительный агрегат опирается на стойки, являющиеся одновременно домкратами, используемыми при монтаже машины. Грохот барабанного типа имеет отверстия 6, 18 и 35 мм, а бункер для минеральных материалов состоит из четырех секций: три предназначены для фракций, получаемых в результате прогрохотки щебня и песка, одна секция — для минерального порошка.

Минеральный порошок подается в бункер в холодном состоянии при помощи отдельного элеватора. Из бункера минеральные материалы попадают в дозаторы. Дозирование материалов автоматизировано (весовое — для минеральных материалов и объемное — для битума). Имеется также дозатор для поверхностно-активных веществ, вводимых в смеситель (на минеральный материал). Масса одной порции асфальтобетонной смеси, приготовляемой в смесителе, до 700 кг. Смесь выгружается через отверстие, расположенное в нижней части смесителя.

Пылеулавливающая установка состоит из четырех циклонов, воздуховодов, вентилятора, шнекового транспортера и бункера для сбора улавливаемой пыли. Пылеулавливающей установкой отсасывается загрязненный воздух из сушильного барабана и замкнутого пространства вокруг грохота. Основная часть пылеватых частиц оседается в циклонах, откуда попадает в сборный бункер. Собранный материал может быть использован в качестве минерального порошка. Часть наиболее мелких фракций проходит через вентилятор и улетучивается в воздух. Следует отметить, что эффективность работы пылеуловителя во многом зависит от степени герметизации мест отсоса засоренного воздуха.

В смесителе ДС-35 автоматизированы основные технологические операции: дозирование материалов, перемешивание асфальтобетонной смеси (автоматически выдерживается установленное время перемешивания — общего и «сухого»), выпуск готовой смеси. Рабочие органы смесителя приводятся в движение пневматической системой. В связи с этим смеситель снабжен компрессорной установкой. Изменение состава асфальтобетонной смеси может быть осуществлено в течение 30—60 с. Конструкция смесителя позволяет при необходимости перейти на ручное управление всеми операциями, включая дозирование материалов. Машинист смесителя работает в закрытой кабине, оборудованной пультом управления.

Выпускаемый в последнее время смеситель ДС-35А является модернизированным вариантом смесителя ДС-35. Основными отличительными особенностями этого смесителя являются: увеличенный сушильный барабан; более эффективная пылеулавливающая установка, включающая наряду с сухой и мокрую очистку газов; более

надежная конструкция топливной установки. Производительность рассматриваемых смесителей одинаковая (25—30 т/ч).

Особого внимания требует организация и размещение складов для поступающих на завод минеральных материалов. Склады готовых минеральных материалов необходимо располагать возможно ближе к асфальтобетонным машинам, а материалов, требующих предварительной обработки, — к соответствующим цехам. Склады привозных материалов следует располагать на прирельсовых площадках вдоль железнодорожных путей. Длина участка пути, являющаяся одним из измерений территории склада, назначается в зависимости от потребного количества материала и интенсивности его поступления. Фронт разгрузки должен допускать одновременную установку наибольшего количества железнодорожных вагонов.

Железнодорожные подъездные пути, предназначенные для приемки каменных материалов и песка, целесообразно располагать на эстакадах или насыпях. Это облегчает разгрузку вагонов и дает возможность быстрей очищать железнодорожные пути от прибывших материалов.

Щебень и песок содержат обычно на открытых площадках, которые должны быть заранее подготовлены и хорошо спланированы. Для уменьшения потерь материалов желательно площадки предварительно покрыть цементо- или асфальтобетоном.

Площадь для хранения материалов устанавливается в зависимости от способа транспортирования материала. Например, при доставке на завод песка автомобилями высота штабеля может быть доведена до 8—10 м за счет въезда автомобилей по передвижному дощатому настилу, укладываемому непосредственно на песок. Если щебень складируется в штабеля при помощи транспортеров, то высота штабелей также может быть доведена до 8—10 м. Вопрос о величине запасов, а следовательно, и о площадях для их хранения должен решаться применительно к каждому конкретному случаю.

Минеральный порошок, как правило, хранят в закрытых складах. Для предохранения от слеживания минерального порошка желательно отсыпку штабеля производить при помощи транспортеров или шнеков. Не следует допускать заезд автомобилей на штабель, так как это способствует уплотнению и слеживанию минерального порошка.

Битумохранилище следует устраивать у железнодорожных путей, а при наличии водного пути — у речной пристани. Если территория завода располагается на косогоре со значительной разностью отметок, битумохранилище целесообразно разместить в верхней части площадки, а битумоплавильную установку заглубить, с тем чтобы обеспечить возможность подачи битума самотеком. Все оборудование завода, а также склады материалов должны быть расположены так, чтобы была обеспечена наименьшая дальность внутризаводского транспортирования и не было встречных перевозок. Выбор способа внутризаводского транспортирования зависит от мощности и условий расположения завода, а также от наличного оборудования.

Как указывалось ранее, асфальтобетонные смеси получают путем смешения минеральных материалов (щебня, песка, минерального порошка) и вяжущего (битума в горячем состоянии).

Для получения асфальтобетонных смесей с необходимыми физико-механическими свойствами на асфальтобетонных заводах осуществляют систематический контроль как за качеством исходных материалов, так и за правильной технологией приготовления асфальтобетонных смесей. Для асфальтобетонных смесей следует применять щебень, получаемый дроблением массивных горных пород, валунного камня, крупного гравия в соответствии с требованиями ГОСТ 8267—75 и 8268—74. Щебень для асфальтобетона, применяемого в верхнем слое покрытия, не должен содержать зерен слабых и выветрелых пород более 10%, в нижнем слое — 15%.

Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы (% по массе) в щебне для верхнего слоя асфальтобетонных покрытий не должно превышать:

В многощебенистых (щебня 50—65%) смесях	15
В среднещебенистых смесях (щебня 35—50%)	25
В малощебенистых (щебня 20—35%)	35

Количество пылевидных, илистых и глинистых частиц, определяемых отмучиванием, не должно превышать: в щебне из осадочных карбонатных пород — 2%, в щебне из прочих горных пород — 1%, при этом содержание глины в виде комков не должно превышать 0,25%. Щебень не должен содержать посторонних загрязняющих примесей. Не допускается применять для асфальтобетонных смесей щебень из глинистых (мергелистых) известняков, глинистых песчаников и глинистых сланцев.

Для приготовления асфальтобетонных смесей применяют пески: природные нефракционированные и фракционированные, отвечающие требованиям ГОСТ 8736—77.

В щебенистых асфальтобетонных смесях, предназначенных для устройства покрытий с шероховатой поверхностью, используют дробленый песок из изверженных или метаморфических (некарбонатных) горных пород или из гравия прочностью не ниже прочности породы или гравия, из которых получен щебень. Количество пылевидных, глинистых и илистых частиц, определяемых отмучиванием, не должно превышать 3% в природном и 5% в дробленом (неактивированном) песке, в том числе глины не должно быть более 0,5%.

Минеральный порошок для асфальтобетонных смесей получают тонким измельчением (размолом) карбонатных горных пород — известняков, доломитов, доломитизированных известняков, известняков-ракушечников, битуминозных известняков и доломитов и других карбонатных горных пород, а также основных металлургических шлаков.

Для повышения качества асфальтобетона рекомендуется применять преимущественно активированные минеральные порошки, по-

лучаемые размолом карбонатных горных пород, совместно с активирующим материалом. В качестве вяжущих материалов при приготовлении асфальтобетонных смесей применяют нефтяные дорожные вязкие битумы марок БНД-40/60, БНД-60/90, БНД-90/130, БНД-130/200, БНД-200/300 (ГОСТ 11954—66), нефтяные дорожные жидкие битумы, густеющие со средней скоростью, марок СГ-15/25, СГ-25/40, СГ-40/70, СГ-70/130, СГ-130/200 и медленногустеющие марок МГ-25/40, МГ-40/70, МГ-70/130, МГ-130/200 (ГОСТ 11955—74). В необходимых случаях, особенно при строительстве покрытий осенью и весной, рекомендуется применять добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ) и активаторов в соответствии с ВСН 59—68.

Применение поверхностно-активных веществ при приготовлении асфальтобетонных смесей способствует:

улучшению сцепления битума с сухой и влажной поверхностью минеральной части асфальтобетонных смесей, если сцепление смеси щебня, песка и минерального порошка (в соотношениях, принятых для данного состава асфальтобетона) ниже оценки «хорошо»;

повышению производительности смесителей и улучшению показателей технологического процесса приготовления асфальтобетонной смеси (уменьшение температуры нагрева минеральных материалов и смеси, увеличение степени обволакивания битумом поверхности минеральных частиц, сокращение длительности перемешивания);

улучшению транспортабельности, удобоукладываемости и уплотняемости смеси;

адсорбционной активации поверхности минеральных материалов (порошка, песка, щебня);

ускорению формирования асфальтобетонного покрытия, устраиваемого с битумами малой вязкости, и замедлению старения битумов высокой вязкости.

Режим приготовления должен обеспечивать однородность асфальтобетонной смеси, которая достигается применением одних и тех же исходных материалов, точным дозированием их, соблюдением заданной температуры и режима перемешивания минеральных материалов с битумом. Песок и щебень нагревают до такой температуры, чтобы смесь этих материалов с холодным минеральным порошком (поступающим из бункера в смеситель, минуя сушильный барабан) обеспечивала получение асфальтобетонной смеси с температурой в заданных пределах. Соблюдение заданного температурного режима достигается регулированием работы форсунки, а также регулированием потока материалов, проходящих через сушильный барабан.

После сортировки горячих минеральных материалов на соответствующие фракции (обычно 0—5, 5—15, 15—25 или 15—35 мм) их дозируют. Точность дозирования компонентов должна быть для битума $\pm 1{,}5\%$ от его массы, для песка, щебня и минерального порошка $\pm 3\%$ от массы соответствующего материала. Несоблюдение точности дозирования компонентов при приготовлении смесей не

позволяет получить поверхность покрытия однородной шероховатости и требуемой плотности.

Продолжительность перемешивания горячей или теплой песчаной асфальтобетонной смеси (включая и «сухое» перемешивание) составляет 60—75 с, мелко- и среднезернистой — 45—60 с, крупнозернистой — 20—30 с. Продолжительность «сухого» перемешивания (без битума) составляет $^1/_3$—$^1/_4$ от общего времени перемешивания. Применение активированных минеральных порошков или добавок ПАВ позволяет сократить продолжительность перемешивания асфальтобетонных смесей на 15—20%.

Повышению качества асфальтобетона способствует и определенная последовательность смешения минеральных компонентов с битумом. При смешении всей минеральной смеси с битумом в силу высокой адсорбционной способности минерального порошка (обусловленной развитой удельной поверхностью) его зерна в наибольшей степени обрабатываются битумом, что создает хорошие условия обработки битумом более крупных зерен — песка и щебня. В связи с этим представляется рациональной такая последовательность смешения. Вначале в смеситель загружают песок и щебень, одновременно подают туда всю порцию битума. В данном случае обработка минеральных зерен материалов осуществляется в условиях некоторого избытка битума, что способствует более полному покрытию битумом поверхности зерен. Затем в смеситель вводится требуемое количество минерального порошка и продолжается перемешивание до получения однородной смеси.

Температура готовой асфальтобетонной смеси, укладываемой в горячем состоянии, при выпуске из смесителя должна быть в пределах 140—170° С. Температура смеси, содержащей поверхностно-активные вещества, должна быть в пределах 120—140° С. Транспортируют готовую асфальтобетонную смесь к месту укладки автомобилями-самосвалами. Перед нагрузкой смеси дно и стенки кузова автомобиля-самосвала должны быть очищены и смазаны тонким слоем нефти, масла или мыльного раствора. На каждый отправляемый автомобиль с асфальтобетонной смесью выдается соответствующий паспорт.

§ 38. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ГОРЯЧИХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

В городском дорожном строительстве в настоящее время из числа усовершенствованных покрытий наибольшее распространение получили асфальтобетонные, обладающие многими присущими им положительными свойствами. По сравнению с другими типами покрытий асфальтобетонные покрытия дают возможность полностью механизировать и автоматизировать не только процессы приготовления асфальтобетонной смеси, но и технологию производства работ при их устройстве; их легко ремонтировать. Движение транспорта по построенным или отремонтированным участкам с асфальтобетонным покрытием может быть открыто через не-

сколько часов после окончания работ, что особенно важно в условиях города.

Технологический процесс строительства дорожных асфальтобетонных покрытий включает следующие основные этапы: подготовку основания, укладку асфальтобетонной смеси, уплотнение уложенного слоя асфальтобетонной смеси. До начала работ по устройству покрытия проверяют качество основания, его соответствие техническим требованиям. Если основание имеет дефекты (просадки, неровности, сдвиги, выбоины и др.), перед укладкой покрытия их устраняют. Отдельные неровности глубиной 3—5 см исправляют асфальтобетонной смесью с тщательным уплотнением катками или трамбовками. Исправление же глубоких выбоин основания асфальтобетонной смесью не допускается. Основание из каменных материалов, имеющее значительные выбоины и отремонтированное асфальтобетонной смесью, ведет себя как неравнопрочное основание, сделанное из материалов, резко различающихся по своим свойствам. В этом случае основание исправляют теми же материалами, из которых оно построено.

При исправлении выбоин и больших неровностей щебеночного основания площадь, подлежащую ремонту, очищают от пыли и грязи, затем вскирковывают. Полученный щебень прогрохоткой отделяют от грязи и снова засыпают в выбоину. Затем добавляют свежий щебень, который засыпают несколько выше кромок и уплотняют катком, а при небольших объемах работ — трамбовкой.

Ремонт щебеночных оснований и старых щебеночных покрытий, используемых в качестве оснований, может также производиться с применением холодного или горячего черного щебня, обработанного жидким или вязким битумом. Применение черного щебня позволяет ускорить процесс уплотнения основания на ремонтируемом участке. В отдельных случаях выравнивание основания производится за счет укладки выравнивающего слоя асфальтобетонной смеси. Крупные выбоины должны быть исправлены до устройства выравнивающего слоя. Исправление поперечного профиля старых каменных покрытий, используемых в качестве основания, производится также путем укладки выравнивающего слоя. Однако такой способ выравнивания приводит к перерасходу асфальтобетонной смеси и не всегда экономически оправдан.

Основание, подготовленное к укладке асфальтобетонной смеси, должно иметь требуемые ширину, продольный и поперечный уклоны, необходимую ровность. Наибольший размер неровностей оснований при проверке трехметровой рейкой не должен превышать 6—8 мм.

Основание перед укладкой асфальтобетонной смеси тщательно очищают от пыли и грязи для того, чтобы асфальтобетонное покрытие имело с ним прочное сцепление. Для этой цели применяют поливомоечные машины, механические щетки, передвижные компрессоры.

Обработка битумом или битумными материалами не достигает цели, если она производится по запыленной или загрязненной по-

верхности основания. Надлежащее сцепление покрытия с основанием, а также между слоями покрытия обеспечивается за счет обработки поверхности основания или нижнего слоя покрытия битумом или битумными эмульсиями. Для обработки оснований применяют вязкие битумы (БНД-90/130, БНД-60/90) или жидкие класса СГ. Расход вязкого или жидкого битума составляет 0,4—0,6 л/м², расход битумной эмульсии (содержащей 50% битума)—0,4—0,9 л/м². Обработку оснований битумом или битумной эмульсией осуществляют с помощью механических распылителей, смонтированных на автогудронаторе или тракторе Т-28 со специальным навесным оборудованием. Битумные материалы наносят на поверхность основания тонким равномерным слоем за 2—3 ч до укладки асфальтобетонной смеси.

Хорошие результаты дает обработка оснований или нижнего слоя покрытия глинобитумной или известковобитумной пастами, которые представляют собой вязкопластичный материал, состоящий из вязкого битума (не менее 50% по массе), глины или гашеной извести (для известковобитумной пасты) и воды. Обработку осуществляют суспензией, получаемой в результате разжижения пасты водой непосредственно перед ее применением, в соотношении 1 : 3—1 : 4. Суспензия легко распределяется тонким слоем по обрабатываемой поверхности при помощи специально приспособленных покрасочных аппаратов. Расход пасты ориентировочно составляет 0,2 кг/м².

После испарения воды на обработанной поверхности остается тонкий слой вяжущего вещества. Укладку асфальтобетонной смеси можно производить лишь после полного просыхания поверхности основания (или нижнего слоя покрытия). Летом на это требуется 1—2 ч. Укладываемая горячая асфальтобетонная смесь расплавляет тонкий слой пасты, которым и приклеивается к нижележащему слою.

При использовании в качестве основания старого деформированного асфальтобетонного покрытия кроме обычных подготовительных работ (исправление деформаций, обработка поверхности битумом или битумными материалами) нужно тщательно обработать все имеющиеся в старом покрытии трещины.

Покрытия из горячей асфальтобетонной смеси устраивают в сухую погоду: весной и летом, когда температура воздуха не ниже +5° С, а осенью не ниже +10° С; из теплой асфальтобетонной смеси в сухую погоду при температуре воздуха до —10° С. При укладке асфальтобетонной смеси в дождливую погоду невозможно достигнуть надлежащего сцепления укладываемого слоя с основанием или с нижним слоем, что значительно ухудшает условия работы покрытия. Поверхность покрытия, уложенного в дождливую погоду, получается обычно с большим количеством раковин, снижающих эксплуатационные качества. Кроме этого, асфальтобетонная смесь при укладке в сырую погоду впитывает в себя много воды, в том числе и в парообразном состоянии, что впоследствии снижает коррозионную устойчивость покрытия.

Перед укладкой асфальтобетонной смеси производят необходимые разбивочные работы и смазывают битумом все выступающие части в пределах толщины устраиваемого покрытия — люки колодцев, трамвайные рельсы, борты и т. д. Для точного соблюдения заданного профиля и отметок проезжей части перед укладкой асфальтобетонной смеси выставляют контрольные маяки, верх которых соответствует отметке укладываемого слоя в рыхлом состоянии. При укладке смеси в лотковой части проектные отметки покрытия наносят с помощью шнура, обработанного мелом, на лицевую поверхность бортового камня. Особенно важна разбивка при устройстве асфальтобетонного покрытия на широких магистралях или площадях. Обычно маяки делают из асфальтобетонной смеси, слегка уплотненной трамбовкой. Участок, подготовленный для укладки асфальтобетонной смеси, до начала работ ограждают необходимыми заградительными приспособлениями и соответствующими предупредительными знаками согласно правилам охраны труда.

Асфальтобетонные смеси доставляют к месту укладки автомобилями-самосвалами грузоподъемностью 5—7—10 т. Доставленная к месту укладки асфальтобетонная смесь (укладываемая в горячем состоянии) должна иметь температуру в пределах 140—170° С. Для смесей, содержащих активированные минеральные порошки или поверхностно-активные добавки, температура должна быть в пределах 130—150° С. Асфальтобетонная смесь, имеющая температуру выше или ниже указанного интервала, должна быть забракована и возвращена на завод.

Для получения асфальтобетонного покрытия высокого качества и обеспечения высокопроизводительной работы нужно организовать непрерывное и равномерное поступление асфальтобетонной смеси. Значительные перерывы в поступлении смеси приводят к образованию рабочих швов в покрытии, ухудшают возможность исправления различных дефектов свежей, горячей асфальтобетонной смесью, а также вызывают простои рабочих и машин. Все это отрицательно сказывается на качестве работ. Укладывают асфальтобетонную смесь самоходным асфальтоукладчиком типа ДС-1 (Д-150Б).

Техническая характеристика асфальтоукладчика ДС-1 (Д-150Б)

Ширина укладываемой полосы, мм	3000—3630
Толщина укладываемого слоя, мм	30—150
Мощность двигателя, л. с. (кВт)	40 (29,5)
Скорость передвижения вперед, м/мин:	
наибольшая	34
наименьшая	1,6
Скорости передвижения назад, м/мин:	
наибольшая	34
наименьшая	4,5
Скорость цепного питателя, м/мин	2,5—11,8
Число ударов трамбующего бруса в минуту	1400
Ширина рабочей кромки бруса, мм	6,5
Колея гусеничного хода, мм	2180

Ширина гусениц, мм	280
Габариты, мм:	
длина	5060
ширина	3200
высота	2600
Масса, кг	12000
Масса асфальтобетонной смеси в бункере, т	4,5
Производительность, т/ч	80—100

Асфальтоукладчик ДС-1 может плавно изменять толщину слоя (от 3 до 15 см) и обеспечивать укладку смеси заданного поперечного профиля на ширину 3,03 м. Для увеличения ширины укладываемой полосы в комплект укладчика входят уширители основных рабочих частей — шнека, трамбующего бруса, выглаживающей плиты. Уширители длиной по 30 см каждый могут быть установлены с одной или двух сторон, что позволяет довести ширину укладываемой полосы до 3,63 м.

Асфальтоукладчик ДС-1 состоит из следующих основных частей: приемного бункера с перемещающимися по дну питателями; шнека, распределяющего асфальтобетонную смесь по всей ширине укладываемой полосы; трамбующего бруса; выглаживающей плиты; ходовой части; двигателя. Бункер асфальтоукладчика разделен на две продольные секции, по дну каждой из которых движется цепной питатель, перемещающий асфальтобетонную смесь к шнеку. Скорость вращения шнека координируется со скоростью движения питателей, а следовательно, всего асфальтоукладчика. Трамбующий брус служит для предварительного уплотнения укладываемого слоя. При движении асфальтоукладчика брус совершает ударные колебательные движения в вертикальной плоскости. Число ударов составляет 1400 в минуту. Каждый последующий удар трамбующего бруса перекрывает часть следа предыдущего.

Выглаживающая плита предназначена для окончательного выравнивания поверхности укладываемого слоя. Кроме того, выглаживающая плита придает и определенный профиль покрытию. Подобно шнеку и трамбующему брусу выглаживающая плита состоит из двух половин, шарнирно соединенных между собой. Такая конструкция дает возможность получать требуемый поперечный профиль покрытия: односкатный, двускатный и горизонтальный. Кроме того, выглаживающая плита благодаря способности поворачиваться относительно продольной оси служит для регулирования толщины укладываемого слоя. Для улучшения условий работы при пониженной температуре воздуха выглаживающая плита оборудована кожухом, обогреваемым форсункой. Нагрев плиты особенно важен в начале работы. Впоследствии при хорошем поступлении смеси, когда плита достаточно нагревается от укладываемой горячей смеси, надобность в дополнительном нагреве плиты форсункой отпадает.

На рис. 103 представлена технологическая схема устройства двухслойного асфальтобетонного покрытия асфальтоукладчиком ДС-1.

Рис. 103. Технологическая схема устройства двухслойного асфальтобетонного покрытия

Для устройства асфальтобетонных покрытий городских улиц и дорог Николаевский завод «Дормашина» выпускает асфальтоукладчик ДС-48 (Д-699), который является самоходной автоматизированной машиной на пневматическом ходу.

Техническая характеристика асфальтоукладчика ДС-48 (Д-699)

Производительность, т/ч	200
Ширина укладываемой полосы, мм	3030; 3405; 3780
Толщина укладываемого слоя, мм	30—150
Вместимость бункера, т	10
Скорость передвижения, м/мин:	
рабочая вперед	1,91; 2,47; 5,56
» назад	7,36; 9,54; 15,15
транспортная вперед	58,4; 75,9; 139,3
» назад	1,96; 7,56; 15,55, 59,9
Дорожный просвет, мм	125
Гип двигателя	АМ-41
Мощность двигателя, л. с. (кВт)	75 (55,2)
Габаритные размеры, мм:	
длина	7100
ширина	3140
высота	3450
Масса, т	16,65

Загрузка асфальтоукладчика ДС-48 асфальтобетонной смесью осуществляется большегрузными автомобилями-самосвалами грузоподъемностью до 10 т без остановки асфальтоукладчика, что обеспечивает его производительность до 200 т/ч.

Работы по устройству асфальтобетонных покрытий ведут, как правило, в две смены (в дневное время рекомендуется укладывать верхний слой).

Важное значение для получения хорошего покрытия имеет длина хода укладчика. Пройдя одну полосу, он разворачивается или возвращается в исходное положение задним ходом и укладывает следующую смежную полосу. Хорошее покрытие получится лишь в том случае, если каждая последующая полоса будет примыкать к еще неостывшей смеси предыдущей полосы. В этом случае в месте сопряжения полос не получится заметного шва, покрытие будет сплошным, бесшовным. Если до укладки следующей полосы смесь предыдущей остынет, то требуется специальная обработка — обрубка или обрезка кромки, смазка ее битумом. Кроме этого, приходится искусственно отогревать остывшую кромку валиком горячей асфальтобетонной смеси. Естественно, что чем длиннее ход укладчика, тем будет ниже температура асфальтобетонной смеси к моменту укладки следующей полосы.

Целесообразная длина полосы укладки горячей асфальтобетонной смеси одним укладчиком, при которой создается хорошее сопряжение обеих полос, зависит от температуры воздуха (табл. 66). Если теплую асфальтобетонную смесь укладывают при температуре воздуха 10—20° С, длина полосы может быть от 70 до 250 м; если температура выше +20° С — не более 500 м. Ширину полосы укладки целесообразно назначать кратной ширине покрытия с учетом использования уширителей асфальтоукладчика.

Поперечные сопряжения покрытия должны быть перпендикулярны оси дороги. Края ранее уложенной полосы (поперечные и продольные) обрубают вертикально по шнуру и смазывают разжиженным или жидким битумом, битумной эмульсией. Обрубать или обрезать края целесообразно сразу после уплотнения покрытия. Это особенно важно, если используют горячие и теплые асфальтобетонные смеси. Для обрубки пригодны пневмоломы или перфораторы, свободно вращающиеся диски (из стали высокой прочности), устанавливаемые на одном из катков, или другие средства.

Таблица 66

Температура воздуха при отсутствии ветра, °С	Длина укладываемой полосы, м	
	защищенные от ветра застроенные и лесные участки и глубокие выемки	открытые участки
5—10	30—60	25—30
10—15	60—100	30—50
15—25	100—150	50—80
25	150—200	80—100

Устройству продольных и поперечных сопряжений необходимо уделять особое внимание, так как эти места чаще подвержены разрушающему действию воды. При неправильной укладке и уплотнении покрытие в местах сопряжений, особенно продольных, может оказаться недоуплотненным. Чтобы этого избежать, слой смеси около кромки уже уплотненной полосы должен быть на 1—2 см толще, чем по всей ширине укладываемой полосы. Продольные и поперечные сопряжения следует уплотнять особенно тщательно, добиваясь в этих местах необходимой плотности и полной однородности фактуры покрытия. При правильном выполнении сопряжения незаметны, а плотность асфальтобетона такая же, как и на остальных участках покрытия. При укладке горячей или теплой смеси для лучшего сопряжения край ранее устроенного покрытия целесообразно разогреть (на ранее уплотненный слой уложить валик горячей смеси на ширину 15—20 см и перед устройством смежной полосы его следует убрать).

При больших объемах укладки, требующих одновременной работы двух укладчиков, технологический процесс должен быть построен таким образом, чтобы оба укладчика укладывали смежные полосы один за другим. В этом случае полоса, укладываемая вторым укладчиком, примыкает к полосе еще не остывшей асфальтобетонной смеси, уложенной первым укладчиком. Сопряжения полос получаются плотными, без видимых продольных швов, ослабляющих покрытие. Толщина слоя, укладываемого асфальтоукладчиком, должна быть на 15—20% больше проектной толщины покрытия с учетом последующего уплотнения катками. При укладке нижнего слоя асфальтобетонного покрытия укладчик должен проходить через выступающие люки колодцев с приподнятой рабочей частью. Укладка нижнего слоя в этих местах производится вручную.

Для укладки асфальтобетонных смесей на тротуарах, внутризаводских дорогах, а также при небольших объемах работ на го-

родских дорогах может быть использован самоходный асфальтоукладчик на гусеничном ходу облегченного типа Д-464. Рабочая часть этой машины состоит из двух направляющих салазок (опирающихся непосредственно на дорожное основание), уплотняющего вибрационного бруса и выглаживающего утюга.

Асфальтобетонная смесь загружается автомобилями-самосвалами в приемный бункер асфальтоукладчика (без остановки движения), а затем через отверстие в дне бункера попадает непосредственно на основание устраиваемой полосы. Толщина укладываемого слоя регулируется тремя шиберными заслонками. Распределение смеси по всей ширине полосы, а также ее предварительное уплотнение осуществляются вибрационным брусом. Выравнивание поверхности уложенного слоя производится выглаживающим утюгом. При укладке асфальтобетонной смеси должен осуществляться систематический контроль как за качеством поступающей смеси, так и за правильностью ведения работ.

В процессе укладки смеси производитель работ должен вести журнал работ, в который за каждую смену заносят следующие данные: начало и конец уложенного участка; погодные условия (температура воздуха, осадки); характер обработки поверхности основания или нижнего слоя; вид смеси, ее температура при укладке; наименование завода-отправителя и номера паспортов на уложенные замесы. Кроме того, асфальтобетонную смесь оценивают по внешним признакам: однородности цвета, равномерности распределения битума, удобообрабатываемости при выгрузке, укладке и уплотнении. В этот же журнал заносятся и все заслуживающие внимания сведения о процессе укладки и выявленных дефектах. Ведение такого журнала способствует повышению качества, облегчает приемку выполненных работ и помогает выявить дефекты покрытия, появляющиеся в процессе эксплуатации.

Одно из важнейших требований, предъявляемых к современным асфальтобетонным покрытиям, — надлежащее сцепление с автомобильными шинами. Практически это свойство в настоящее время обеспечивается путем придания поверхности покрытия требуемой шероховатости. Последняя создается одним из следующих способов: 1) применением асфальтобетонов, содержащих повышенное количество щебня (содержание фракций 5—15 или 5—20 мм 50—60%); 2) применением асфальтобетонов, содержащих оптимальное количество щебня (35—50%) и дробленый песок (взамен природного); 3) применением песчаных асфальтобетонов, приготовленных на основе дробленого песка; 4) втапливанием черного щебня в поверхностный слой покрытия, устраиваемого из малощебенистых или песчаных асфальтобетонов, содержащих естественные пески; 5) поверхностной обработкой покрытия. Для приготовления асфальтобетонных смесей, упомянутых в пп. 1—3, применяют щебень или песок, полученный дроблением прочных изверженных труднополирующихся горных пород. Такой же щебень применяют для втапливания в асфальтобетонное покрытие и для поверхностной обработки.

§ 39. УПЛОТНЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ ГОРЯЧЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Асфальтобетон, являясь одним из наиболее сложных строительных материалов, приобретает необходимые физико-механические свойства лишь после надлежащего уплотнения. При уплотнении горячей асфальтобетонной смеси происходит перегруппировка минеральных частиц, их взаимное сближение; частичное вытеснение защемленного воздуха и перераспределение в смеси битума, заполняющего образовавшиеся межзерновые пустоты. Сближенные частицы остаются затем взаимозаключенными и связанными между собой битумными слоями. В результате уплотнения асфальтобетонной смеси значительно повышается ее объемная масса, покрытие приобретает необходимую плотность, прочность и водоустойчивость. Эти показатели оказывают существенное влияние на эксплуатационные свойства асфальтобетонных покрытий.

Эффективность уплотнения асфальтобетонного покрытия зависит от типа катков и режима их работы, температуры и других особенностей смеси, толщины уплотняемого слоя. Асфальтобетонные покрытия уплотняют гладковальцовыми моторными катками, преимущественно двухосными двухвальцовыми массой до 8 т (легкого типа); двухосными двух- и трехвальцовыми и трехосными трехвальцовыми массой 10, 15 и 18 т (тяжелого типа); самоходными катками на пневматических шинах массой 16 и 30 т или виброкатками массой 4 и 8 т. Уплотняющее действие вибрационных катков и катков на пневматических шинах значительно выше обычных катков статического действия. Уплотнение уложенного слоя горячей асфальтобетонной смеси осуществляется с соблюдением следующих основных положений.

Уплотнение начинают проходами катка от краев к середине с таким расчетом, чтобы при каждом последующем проходе перекрывался след предыдущего не менее чем на 25—30 см по ширине. При наличии продольного сопряжения со старым покрытием рекомендуется первый проход катка (задним вальцом вперед) сделать по сопряжению, что необходимо для хорошей обработки и уплотнения смеси у сопряжения.

Уплотнение начинают легкими или средними катками (первые 5—10 проходов). После этого продолжают укатку тяжелыми катками (15—20 проходов по одному следу), обеспечивающими окончательное уплотнение покрытия. Укатка асфальтобетонных покрытий только легкими или средними катками не дает требуемого уплотнения. Имеющийся опыт показывает, что даже при большом количестве проходов таких катков трудно, а порой и невозможно достигнуть хорошего уплотнения асфальтобетонной смеси.

При определении требуемого количества проходов катков следует учесть, что жесткие смеси, содержащие повышенное количество щебня, трудней поддаются уплотнению. При прочих равных условиях (толщина уплотняемого слоя, температура смеси) такие смеси требуют большего количества проходов катков. Особенно

это относится к тяжелым каткам. Обычно для уплотнения покрытия организуют звено катков, состоящее из одного-двух катков легкого или среднего типа и двух-трех катков тяжелого типа.

Катки вибрационного действия рекомендуются взамен вальцовых катков статического действия для уплотнения верхнего и нижнего слоев асфальтобетонных покрытий. При этом первые два-три прохода по одному следу виброкаток делает с выключенным вибратором, затем три-четыре с включенным. После виброкатков необходимо дополнительное уплотнение тяжелым моторным катком (6—10 проходов по одному следу).

Самоходными катками на пневматических шинах рекомендуется уплотнять покрытия из смесей всех типов. Важнейшими преимуществами этих катков являются: большая глубина уплотнения, возможность регулирования контактного давления и большая производительность. При устройстве покрытий с шероховатой поверхностью они обеспечивают более четкое проявление шероховатости и снижение дробимости щебня. Порядок уплотнения катками на пневматических шинах следующий: а) предварительное уплотнение легким катком с гладкими вальцами (2—3 прохода), затем катком на пневматических шинах (8—10 проходов) и тяжелым вальцовым катком (2—4 прохода); б) окончательное уплотнение катком на пневматических шинах (10—12 проходов) и тяжелым вальцовым катком (преимущественно при применении щебенистых смесей).

Используемые металлические самоходные катки должны иметь гладкие, хорошо отшлифованные вальцы. Это важно для получения хорошей шероховатости покрытия. На рабочей поверхности вальца не должно быть шероховатостей, углублений и других изъянов. Систематическая смазка рабочей поверхности вальцов жидкостью, препятствующей прилипанию смеси, является обязательным условием получения хорошей поверхности покрытия и нормальной работы катка. В качестве смазки обычно применяют чистую воду или смесь воды и керосина. Не рекомендуется применять для смазки вальцов соляровое масло, так как оно растворяет битум.

Укатку следует начинать сразу же после укладки смеси. Разложенная и неуплотненная асфальтобетонная смесь быстро охлаждается. Снижение температуры смеси, уложенной вручную, но неуплотненной, составляет в летнее время ориентировочное 1—5° С в минуту. В прохладное осеннее время неуплотненная смесь охлаждается быстрее, теряя 5—7° С в минуту. Особенно быстро теряют тепло асфальтобетонные смеси, содержащие большое количество щебня.

После начала укатки, когда смесь приобретает некоторую плотность, охлаждение существенно замедляется и составляет ориентировочно 0,5° С в минуту. По этой же причине слой асфальтобетонной смеси, уложенной асфальтоукладчиком (который сообщает смеси начальную плотность), охлаждается медленней, чем при ручной укладке. При этом следует иметь в виду, что наиболее эффек-

тивное уплотнение многих видов асфальтобетонных смесей обычными катками, как это установлено практикой, происходит в интервале температур от 130 до 80° С. Уплотнение асфальтобетонных смесей, содержащих повышенное количество щебня (50—65%), следует начинать при температуре 150—160° С.

Уплотнение смесей при температуре ниже 70—80° С, как правило, не приводит к успеху. При такой температуре уложенный слой не поддается уплотнению и под действием тяжелых катков. Исключение составляют лишь асфальтобетонные смеси, содержащие поверхностно-активные вещества или активированные минеральные порошки. Такие смеси можно эффективно уплотнять при температуре 60—70° С. Уплотнение обычными катками слишком горячей смеси может привести к образованию трещин и наплывов. В этом случае укатку необходимо приостановить с целью охлаждения смеси до требуемой температуры.

При устройстве двухслойного покрытия в одну смену работу организуют так, чтобы верхний слой укладывать на свежеуложенный нижний слой до его остывания (с сохранением температуры нижнего слоя в пределах 20—40° С).

При укатке асфальтобетонной смеси катки должны передвигаться по покрытию с определенной скоростью. В начале уплотнения рекомендуется скорость катков в пределах 1,5—2 км/ч, а после пяти-шести проходов по одному следу ее можно увеличить: для моторных катков с гладкими вальцами — до 3—5, для виброкатков — 2—3, для катков на пневматических шинах — 5—8 км/ч. Верхний предел скорости применим при укатке асфальтобетонов с повышенным содержанием щебня. При укатке песчаного асфальтобетона, особенно при первых проходах, скорость катков должна приближаться к нижнему пределу.

Во избежание образования неровностей не следует останавливать катки на горячей асфальтобетонной смеси. Переключение направления их движения не должно производиться на одной поперечной линии. Наиболее эффективно уплотнение при движении катка ведущими вальцами вперед. В этом случае смесь прижимается вальцом. Если же каток передвигается по рыхлому слою ведомым вальцом вперед, смесь может им сдвигаться.

Все недоступные для укатки места должны быть уплотнены трамбовками. Уплотнение производится таким образом, чтобы при каждом ударе трамбовки перекрывалась часть следа предыдущего удара. Уплотнение ведется до полного исчезновения следов ударов трамбовки. В процессе уплотнения необходимо систематически проверять ровность покрытия. Обнаруженные неровности должны исправляться после первых же проходов катка. Одновременно должны устраняться и другие появляющиеся дефекты (раковины, трещины, наплывы и др.).

Особое внимание следует уделять качеству укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси в лотковой части дороги. Лотки проезжей части служат для отвода поверхностной воды в продольном направлении. При минимальных продольных уклонах улицы или

дороги малейшие неровности покрытия, полученные в процессе неудовлетворительной укатки, задерживают сток поверхностной воды и способствуют ее прониканию вдоль бортового камня в нижние слои дорожной одежды.

Ровность покрытия проверяют при помощи трехметровой рейки. Зазор между нижней плоскостью рейки и поверхностью покрытия не должен превышать 3—5 мм. Уклоны в лотковой части контролируют с помощью уровня, устанавливаемого на рейку, или проливом лотков водой. Наряду с ровностью в построенном покрытии проверяют коэффициент уплотнения и толщины слоев; прочность сцепления слоев между собой и с основанием; соответствие показателей свойств асфальтобетона техническим требованиям; параметры шероховатости покрытия; коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием.

Для контроля качества асфальтобетона из покрытия отбирают керны или вырубки и испытывают их в переформованном и непереформованном состояниях, чтобы установить соответствие свойств асфальтобетона требованиям ГОСТ 9128—76. Степень уплотнения асфальтобетонных покрытий обычно характеризуется величиной остаточной пористости (или объемной массы и водонасыщения) готового покрытия, а точнее отношением этих величин к соответвующим показателям переформованных лабораторных образцов, полученных из того же покрытия. Уплотнение покрытия считается достаточным, если объемная масса образца-вырубки, взятого из покрытия, составляет не менее 0,97—0,99 объемной массы переформованных стандартных лабораторных образцов, приготовленных из того же образца-вырубки. При этом остаточная пористость образца-вырубки должна быть не более 5%.

Имеются способы определения прочности построенного асфальтобетонного покрытия без взятия вырубок, т. е. без разрушения покрытия. Асфальтобетонное покрытие испытывают методом ультраакустики, определяя модуль упругости асфальтобетона по скорости распространения ультразвуковых колебаний. При этом исходят из того, что скорость прохождения продольных упругих волн в твердом теле зависит от двух основных его параметров: модуля упругости E и плотности ρ, которые находятся в следующей зависимости:

$$v = \sqrt{E/\rho}.$$

Зная v и ρ, можно определить модуль упругости асфальтобетона. Для испытания этим методом применяют специальные ультразвуковые приборы типа ПИК. Плотность (объемную массу) асфальтобетона в покрытии можно определить методом рассеянного γ-излучения от изотопа кобальта или цезия, прибором, разработанным в МАДИ. Сущность его состоит в том, что при установке прибора на покрытие от источника к счетчику проходят γ-излучения; чем плотнее асфальтобетон, тем меньшая величина излучения достигает счетчика, что и отражается на пульте прибора.

§ 40. ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Асфальтобетонные смеси, укладываемые в холодном состоянии, благодаря применению в них жидких битумов и существенному снижению количества вяжущего материала в сравнении с горячими и теплыми смесями способны длительное время оставаться рыхлыми. Это дает возможность заготавливать их заранее и длительно хранить в штабелях (он может храниться до 6 месяцев). Покрытия из холодных асфальтобетонных смесей можно строить на значительных расстояниях от асфальтобетонного завода. Хранение холодных асфальтобетонных смесей в штабелях в летний период допускается на открытых площадках без устройства специальных навесов. Отсыпку холодных смесей в штабель производят при температуре 90—130° С. При погрузке в транспортные средства смесь должна быть рыхлой и иметь температуру не выше 25° зимой и 30° С летом.

Холодный асфальтобетон применяют на улицах и дорогах, требующих по характеру движения устройства усовершенствованных покрытий облегченного типа. Его используют главным образом в тех случаях, когда невозможно или затруднительно применение горячих асфальтобетонных смесей, а также при устройстве тонкослойных покрытий. Особенности этого материала позволяют в необходимых случаях существенно снижать толщину устраиваемого покрытия (до 1,5 см). Такие тонкослойные покрытия могут, в частности, устраиваться при необходимости усиления старых изношенных покрытий (включая и асфальтобетонные). Особенно удобен этот материал при мелком ремонте асфальтобетонных покрытий.

Основным недостатком холодных смесей является длительный период формирования их в покрытии. Холодный асфальтобетон уплотняется обычно под воздействием движущегося по нему транспорта, катками же дают только первоначальное уплотнение.

В последнее время проведены исследования с целью улучшения эксплуатационных свойств холодного асфальтобетона за счет применения при его изготовлении активированных минеральных порошков. Опыт укладки холодного асфальтобетона, содержащего активированный порошок, показал возможность уплотнения его до расчетной степени плотности обычными катками. Технология устройства покрытий из холодных асфальтобетонных смесей состоит из следующих операций: подготовки основания, транспортирования, укладки и уплотнения смеси.

Покрытие из холодного асфальтобетона можно устраивать на любом прочном и монолитном основании. Подготавливают основания так же, как и при устройстве покрытий из горячей смеси. Основание должно быть тщательно очищено от пыли и грязи, все имеющиеся на нем неровности заранее исправлены.

Основания однослойных покрытий из холодного асфальтобетона можно устраивать из щебня, обработанного вязким битумом, по

способу пропитки (на глубину 6—8 см) или из черного щебня, укладываемого в горячем или холодном состоянии. Холодный черный щебень по своим особенностям ближе подходит к условиям применения холодного асфальтобетона и является перспективным материалом для устройства основания или нижнего слоя покрытия.

При использовании в качестве оснований старых щебеночных или гравийных покрытий последние перед укладкой асфальтобетонной смеси должны быть отремонтированы и выровнены. При большом количестве неровностей производится сплошная кирковка верхней части покрытия и добавляется необходимое количество свежего материала. После выравнивания рыхлого слоя производят его укатку. Затем, если это предусмотрено конструкцией одежды, обрабатывают верхний щебеночный или гравийный слой вяжущим материалом по методу пропитки или полупропитки.

Процесс формирования покрытия из холодной асфальтобетонной смеси в значительной мере зависит от степени сцепления покрытия с основанием. Для обеспечения сцепления покрытия с поверхностью основания производят розлив жидкого битума СГ-70/130, СГ-130/200, МГ-70/130, МГ-130/200 или битумной эмульсии. Применение битумов класса СГ или битумных эмульсий дает лучшие результаты. Расход битума составляет 0,3—0,8 л/м² в зависимости от характера основания. Расход эмульсии примерно на 15—20% меньше в пересчете на битум. Распределение вяжущих материалов осуществляется при помощи автогудронаторов или ручных гудронаторов.

При устройстве тонкослойного покрытия по старому, изношенному асфальтобетонному покрытию вначале делают необходимый ремонт покрытия (исправляют все неровности, заделывают имеющиеся в покрытии трещины), после чего производят сплошную обработку покрытия вяжущим материалом. Если покрытие устраивают по новому основанию, построенному с применением органических вяжущих материалов (например, по слою поверхностной обработки или по основанию из черного щебня, щебня, обработанного по способу пропитки, или из асфальтобетонной смеси, уложенной в горячем состоянии), дополнительная обработка поверхности основания битумом или битумной эмульсией может не производиться.

Холодные асфальтобетонные смеси следует укладывать весной при температуре воздуха не ниже +5° и осенью не ниже +10° С, но с учетом времени, необходимого для нормального формирования покрытия до начала осенних дождей в районе строительного объекта.

Доставляют холодную смесь к месту укладки автомобилями-самосвалами, распределяют асфальтоукладчиками или вручную (при небольших объемах работ), причем смесь распределяется сразу же после обработки основания битумом. Если для обработки основания используется битумная эмульсия, распределение смеси производят после распада эмульсии и испарения воды. Уплотняемость холодной асфальтобетонной смеси значительно выше уплот-

няемости горячей смеси. Коэффициент уплотнения составляет 1,65—1,75 при ручной укладке и 1,45—1,55 при использовании асфальтоукладчика.

В процессе укладки холодные асфальтобетонные смеси рекомендуется уплотнять самоходными катками на пневматических шинах (6—10 проходов по одному следу). При их отсутствии применяют обычные моторные легкие катки (от 4 до 6 проходов по одному следу). Если холодный асфальтобетон уплотняют виброкатками, по одному следу делают 3—5 проходов с выключенным вибратором и 6—8 с включенным.

Для уплотнения холодной асфальтобетонной смеси с активированным минеральным порошком допускаются тяжелые катки, но при появлении трещин необходимо прекращать уплотнение или тяжелые катки заменять легкими. Окончательное уплотнение покрытия происходит под влиянием проходящих автомобилей. Поэтому одним из непременных условий формирования такого покрытия является наличие достаточно интенсивного автомобильного движения по дороге именно в начальный период. Период уплотнения длится 1—1,5 месяцев при достаточно интенсивном движении (не менее 400—500 грузовых автомобилей в сутки). Формирование покрытия из холодного асфальтобетона, содержащего активированный порошок, длится до 10—15 дней.

С целью более равномерного уплотнения движение автомобилей нужно соответствующим образом регулировать, особенно в первый период уплотнения. Для более эффективного уплотнения не следует допускать в начальный период движение автомобилей со скоростью, превышающей 40 км/ч.

Необходимо отметить, что прочность покрытий из холодного асфальтобетона, получивших надлежащее уплотнение под влиянием движения, не уступает прочности покрытий, сделанных из горячих смесей. Для того чтобы покрытие приобрело надлежащую плотность до наступления дождливой погоды, работы по укладке холодной асфальтобетонной смеси должны заканчиваться примерно за месяц до наступления этого периода.

Покрытия, устраиваемые в конце строительного сезона, следует подвергать поверхностной обработке, чтобы предохранить недостаточно сформированное покрытие от разрушения в период осенних дождей. Для этого по поверхности покрытия разливают битум в количестве 0,3—0,4 л/м² (могут применяться марки битумов, которые используются для обработки основания), затем по слою битума сразу же рассыпают тонкий слой холодной асфальтобетонной смеси (примерно 5—6 кг/м²). После прикатки несколькими проходами легких катков открывают движение.

§ 41. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ЦЕМЕНТНО-БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Для строительства на городских магистралях монолитных цементно-бетонных и железобетонных покрытий применяют бетонные смеси, приготовленные на цементно-бетонных заводах. В крупных

городах, как правило, для круглогодичного обеспечения бетонной смесью дорожно-строительных объектов на длительные сроки строят стационарные бетонные заводы. Стационарные заводы могут быть самостоятельными или входить в состав завода железобетонных изделий. Располагают заводы в пригородной зоне вблизи от железнодорожных магистралей или водных путей.

В состав стационарного бетонного завода с законченным технологическим циклом входят: 1) склады заполнителей, погрузо-разгрузочные устройства, оборудование для подачи заполнителей на бетоносмесительную установку и устройства для подогрева заполнителей в зимнее время; 2) склады цемента, оборудование для выгрузки цемента из вагонов и подачи в силосы и от них в бетоносмесительную установку; 3) бетоносмесительные установки, расходные бункера для заполнителей и цемента с подъемно-транспортным оборудованием для подачи заполнителей и цемента в расходные бункера, резервуары для воды, дозаторы, бетоносмесители и устройства выдачи бетонной смеси; 4) энергетическое и тепловое хозяйство; 5) вспомогательные цехи — ремонтно-механический и ремонтно-столярный.

В ряде случаев схема бетонных заводов предусматривает возможность приготовления и ввода в бетонные смеси пластификаторов, ускорителей схватывания бетона и тонкомолотых добавок.

По типу основного оборудования бетонные заводы подразделяют на заводы цикличного и непрерывного действия. Заводы цикличного (периодического) действия оборудованы смесительными машинами с периодической загрузкой, перемешиванием и выгрузкой материалов, а заводы непрерывного действия — смесительными машинами, в которых загрузка материалов, их перемешивание и выгрузка готовой смеси производятся непрерывно.

В зависимости от компоновки оборудования бетонные заводы делят на башенные, или одноступенчатые, и партерные, или многоступенчатые. В заводах башенного типа все оборудование расположено в одной башне. Материалы, один раз поднятые в расходные бункера, перемещаются затем сверху вниз под действием собственной массы. Недостатком башенных заводов является их большая высота (20—30 м). Оборудование многоступенчатых заводов расположено в горизонтальной плоскости, поэтому высота их небольшая. Недостатком этих заводов является то, что в процессе приготовления бетонной смеси материалы приходится дважды поднимать различными подъемно-транспортными механизмами, на что затрачивается значительное количество дополнительной энергии.

Приготовление цементно-бетонных смесей заключается в дозировании и перемешивании составляющих бетон компонентов. Дозирование компонентов (цемента, песка, щебня, воды и др.) осуществляют дозаторы, перемешивание их — бетоносмесительные установки.

Технологические схемы приготовления бетонной смеси на стационарных заводах должны предусматривать комплексную механизацию всех погрузо-разгрузочных и транспортных работ на скла-

дах, подачу материалов в расходные бункера, дозирование, приготовление и выдачу бетонной смеси при согласованности работы всех производственных и вспомогательных цехов. Себестоимость приготовления бетонной смеси должна быть минимальной, что обеспечивается повышением коэффициента использования механизмов и оборудования, сокращением обслуживающего персонала за счет централизации и частичной или полной автоматизации управления всеми производственными операциями. Основным технологическим оборудованием бетонных заводов, выпускающих бетонные смеси, являются дозировочное оборудование и смесительные машины.

К современным бетоносмесительным установкам предъявляется ряд требований, влияющих на технологический процесс, на набор оборудования и аппаратуры, а также и на состав цехов. Смесительные установки должны бесперебойно обеспечивать смеси с неизменными качественными показателями, для чего качество и соотношение компонентов, поступающих в смесители, и режим перемешивания должны быть неизменными. Перемешивание должно обеспечивать постоянство и однородность состава и консистенции смеси в соответствии с действующими ГОСТами и техническими условиями. Заданная продолжительность перемешивания компонентов должна быть постоянной для всех рабочих циклов или отрезков времени работы смесительной установки при приготовлении данной марки бетона.

Постоянство и однородность состава и консистенции бетонной смеси и раствора в значительной степени зависят от стабильности сырья, точности дозирования и продолжительности перемешивания. Переход с одной марки бетона на другую в соответствии с нуждами потребителей должен осуществляться легко и быстро, без сложной переналадки. Операции управления и контроля приготовления бетонной смеси должны быть по возможности максимально централизованы.

Бетоносмесительные установки оборудуют расходными бункерами заполнителей и цемента. Количество отсеков в бункерах связано с сортностью материалов, а соотношение емкостей отсеков разных фракций щебня должно соответствовать соотношению фракций щебня, принимаемых при дозировании.

Для обеспечения круглогодичной работы бетоносмесительной установки бетонные заводы оборудуют специальными установками подогрева заполнителей. Установки подогрева не являются составной частью смесительной установки, что позволяет в теплое время года транспортировать заполнители со склада, минуя бункера подогрева. В строительстве применяют бетоносмесительные установки со свободным (гравитационным) и принудительным перемешиванием с объемом готового замеса от 165 до 2000 л. Смесители с принудительным перемешиванием могут быть как непрерывного, так и цикличного (периодического) действия. Бетоносмесители периодического действия со свободным перемешиванием материалов изготовляют по различным схемам. На практике применяют смеси-

тели с ненаклоняющимися смесительными барабанами цилиндрической формы, со смесительными опрокидными барабанами грушевидной формы и с наклоняющимися двухконусными барабанами. Бетоносмесители непрерывного действия выполняют со свободным и принудительным перемешиванием составляющих.

Смесители непрерывного действия (рис. 104) по сравнению с цикличными отличаются большей простотой и повышенной надежностью; лучшим качеством смеси; меньшими затратами металла и электроэнергии; более простой системой автоматизации; меньшей потребной производственной площадью.

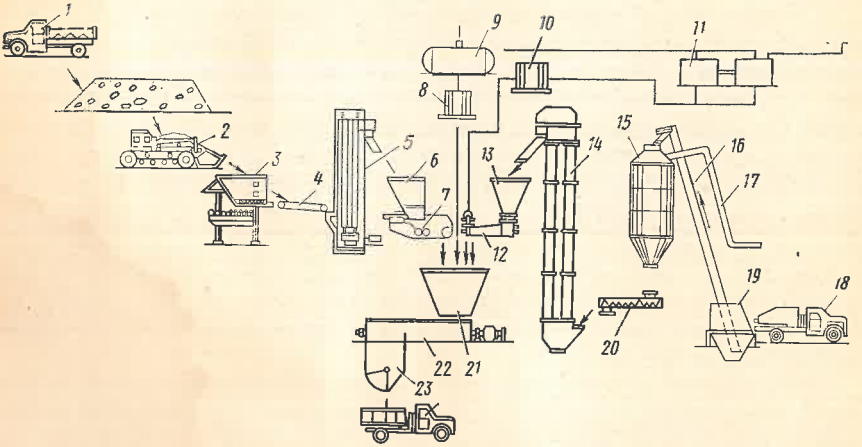


Рис. 104. Схема бетоносмесительного отделения непрерывного действия:

1 — доставка заполнителей; *2* — подача заполнителей; *3* — питатель; *4* — вибротранспортер; *5* — ковшовый элеватор; *6* — бункер для заполнителей; *7* — дозатор для заполнителей; *8* — дозатор воды; *9* — бойлер; *10* — дозатор добавок; *11* — установка для подготовки добавок; *12* — дозатор цемента; *13* — бункер для цемента; *14* — ковшовый элеватор; *15* — силосная банка для цемента; *16* — винтовой конвейер; *17* — пневматическая подача цемента; *18* — автоцементовоз; *19* — приемный бункер; *20* — шнековый разгрузчик; *21* — сборная воронка; *22* — смеситель непрерывного действия; *23* — бункер выдачи смеси

Для дозирования материалов, составляющих бетонную или растворную смесь, смесительные установки оборудуют дозаторами с различными способами дозирования: объемным, весовым и комбинированным — объемно-весовым. Объемное дозирование в силу малой точности и большой трудоемкости применяется лишь в небольших смесительных установках, при невысоких требованиях к качеству бетонной смеси. Наиболее прогрессивным является весовой способ дозирования материалов, который отличается от объемного высокой точностью и быстротой. При комбинированном способе минеральные материалы и воду берут по объему с периодической проверкой их массы, а цемент взвешивают.

По назначению дозаторы различают: для дозирования воды и для дозирования минеральных материалов — песка и щебня или гравия. Управление дозаторами может быть ручное, полуавтоматическое и автоматическое. Наибольшее применение находят дозато-

ры с автоматическим и дистанционным управлением, которые обеспечивают большую точность дозирования, быстроту взвешивания и легкость управления. Автоматические весовые дозаторы по технологическому признаку делятся на три группы: АВДИ, АВДЦ и АВДЖ.

Автоматический весовой дозатор (АВДИ) предназначен для дозирования инертных материалов — песка, щебня (гравия) различных фракций. Весовой дозатор (АВДЦ) предназначен для дозирования цемента. Весовой дозатор (АВДЖ) используют для дозирования воды и неагрессивных поверхностно-активных веществ. Каждый дозатор состоит из весового бункера с рычажной весовой системой и циферблатным указателем, выпускного и впускных затворов. Открытие и закрытие затворов выполняется с помощью пневмоцилиндров. Дозаторы цемента имеют шнековые питатели, а дозаторы жидкостей — сливную воронку. В качестве весовых датчиков в циферблатном указателе используются вакуумные ртутные выключатели и постоянные магниты.

В автоматических весовых дозаторах аппаратуру на требуемую массу устанавливают с центрального пульта. После достижения заданной массы загрузка автоматически прекращается. Выгрузка материалов в смесительные барабаны производится также автоматически.

Долговечность и высокие эксплуатационные качества цементно-бетонных покрытий зависят от основных свойств бетона — прочности, морозостойкости и удобоукладываемости бетонной смеси. Основным показателем механических свойств бетонов является их сопротивление сжатию, характеризуемое маркой бетона, которая определяется пределом прочности при сжатии бетонных кубов размером 20×20×20 см, обычно в возрасте 28 сут при твердении в нормальных условиях (температура 18—20° и относительная влажность окружающей среды 90—100%).

Для конструкций цементно-бетонных покрытий важным показателем является предел прочности на растяжение при изгибе. В соответствии с ГОСТ 8424—72 для устройства дорожных покрытий рекомендуется применять бетоны следующих марок (табл. 67).

Морозостойкость бетона оценивается числом циклов попеременного замораживания и оттаивания образцов в насыщенном водой состоянии, которое выдерживают бетонные образцы в возрасте 28 или 7 суток (после тепловой обработки) без снижения прочности на сжатие более 25% и без потери в массе — более 5%. Для покрытий и оснований жесткого типа применяют бетоны с морозостойкостью Мрз 50, 100, 150, 200.

Строение и свойства затвердевшего бетона зависят от удобоукладываемости бетонной смеси. Удобоукладываемость — свойство бетонной смеси плотно заполнять форму при данном способе уплотнения; характеризуется подвижностью и жесткостью бетонной смеси. Подвижность определяется величиной осадки (см) конуса, отформованного из бетонной смеси в стандартной форме-конусе. Жесткость определяется временем работы вибраторов (с), которое

Таблица 67

Марка бетона по пределу прочности, кгс/см²		Назначение бетона
на растяжение при изгибе	на сжатие	
45, 50, 55	300, 350, 400, 500	Для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий
35, 40, 45	250, 300, 350	Для нижнего слоя двухслойных покрытий
20, 25, 30, 35	100, 150, 200, 250	Для оснований усовершенствованных дорог

необходимо для опускания штанги стандартного технического вискозиметра, заполненного испытываемой бетонной смесью.

В табл. 68 приведена рекомендуемая степень подвижности и жесткости бетонной смеси для монолитных покрытий в зависимости от метода уплотнения.

Таблица 68

Метод уплотнения бетонной смеси	Осадка конуса, см	Жесткость, с
Уплотнение и отделка покрытия бетоноукладочными машинами	1—2	10—20
Уплотнение вибраторами и виброрейками	2—3	5—10

В качестве вяжущих для строительства жестких покрытий применяют портландцемент и его разновидности. У нас в стране выпускается дорожный портландцемент, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10178—76. Этот цемент должен иметь марку не ниже 400. В цемент при его помоле вводят пластифицирующие и гидрофобно-пластифицирующие добавки для повышения морозостойкости, выносливости и улучшения некоторых других свойств бетона.

В дорожном строительстве могут быть использованы следующие разновидности портландцемента: пластифицированный, гидрофобный, быстротвердеющий, сульфатостойкий.

Пластифицированный портландцемент отличается от обычного способностью придавать бетонным смесям повышенную подвижность и удобоукладываемость, а затвердевшим бетонам — повышенную морозостойкость. Изготовляют его введением в обычный портландцемент при его помоле пластифицирующей поверхностно-активной добавки.

Гидрофобный портландцемент отличается от обычного пониженной гигроскопичностью при хранении и перевозках в неблагоприятных условиях, а также способностью придавать бетонным смесям повышенную подвижность и удобоукладываемость, а затвердевшим бетонам повышенную морозостойкость. Его получают

введением в обычный портландцемент при его помоле гидрофобизирующей добавки.

Быстротвердеющий портландцемент обладает более интенсивным, чем обычный, нарастанием прочности в начальный период твердения, что достигается в результате более тонкого помола цемента и регулирования его химического и минералогического состава.

Таблица 69

Цемент	Предел прочности, кгс/см² ($\times 10^{-1}$ МПа)							
	при изгибе для марок цемента				при сжатии для марок цемента			
	300	400	500	600	300	400	500	600
Портландцемент, пластифицированный и гидрофобный портландцементы	45	55	60	65	300	400	500	600
Сульфатостойкий портландцемент	45	55	—	—	300	400	—	—

Сульфатостойкий портландцемент обладает по сравнению с обычным повышенной сульфатостойкостью и пониженной экзотермией при замедленной интенсивности твердения в начальные сроки. Этот цемент получают из клинкера нормированного минералогического состава.

В соответствии с требованиями ГОСТ 310.4—76 механические свойства цемента характеризуются величинами предела прочности при испытании на изгиб образцов цементных балочек размером 4×4×16 см и при испытании на сжатие половинок этих балочек. Балочки изготовляют из 1 ч. цемента и 3 ч. стандартного вольского песка (по массе) при нормальной густоте раствора и испытывают по истечении 28 сут. По результатам испытаний цемент можно отнести к одной из марок по показателям, приведенным в табл. 69.

Для приготовления бетонной смеси применяют мелкие и крупные заполнители. В качестве мелких заполнителей применяют пески, состоящие из зерен минералов размером от 0,14 до 5 мм с объемной насыпной массой песка в сухом состоянии не менее 1500 кг/м³.

Качество песка, применяемого для изготовления бетона, определяют минералогическим составом, зерновым составом и содержанием примесей. Зерновой состав песка имеет важное значение для получения бетона заданной марки и долговечности при минимальном расходе цемента. Наименьший расход цемента будет в том случае, если применяют заполнители с минимальным объемом пустот и ограниченным количеством мелких зерен, имеющих большую суммарную поверхность.

Для дорожного бетона применяют кварцевые природные пески или пески, полученные дроблением горных пород с прочностью не ниже 400 кгс/см² (40 МПа). В качестве крупного заполнителя для приготовления бетона жестких покрытий применяют гравий или щебень, которые состоят из отдельных зерен размером от 5 до 40 мм. Качество крупного заполнителя определяется свойствами исходной породы (ее прочностью и морозостойкостью), зерновым составом и содержанием примесей. Прочность исходной породы при сжатии в насыщенном водой состоянии должна превышать не менее чем в 1,5—2 раза марку бетона, при этом прочность изверженных пород должна быть во всех случаях не ниже 1200 кгс/см² (120 МПа).

Наибольшая допустимая крупность щебня для одно- и двухслойных покрытий составляет $^1/_4$—$^1/_5$ толщины покрытия и не должна превышать 40 мм. Щебень (гравий) должен обязательно разделяться на фракции 5—10; 10—20; 20—40 мм, гравий фракций крупнее 40 мм допускается в количестве не более 10%. Для затворения бетонной смеси применяют питьевую воду.

В процессе приготовления бетонной смеси контролируют качество как исходных материалов, так и готовой смеси. В лаборатории завода проверяют правильность дозирования материалов, последовательность загрузки их в бетоносмеситель, продолжительность перемешивания, подвижность и удобоукладываемость бетонной смеси и корректируют выданный рабочий состав бетона в зависимости от изменения влажности песка и каменных материалов. Подвижность и удобоукладываемость бетонной смеси проверяют не реже 2—3 раз в смену, а в случае отклонений от заданных величин изменяют ее состав. Прочность бетона проверяют испытанием в установленные сроки изготовленных образцов на сжатие и растяжение при изгибе. Бетон соответствует требованиям, если ни одна из испытанных в возрасте 28 сут партий по прочности на изгиб не будет ниже 95% и по прочности на сжатие ниже 90% проектной марки. Прочность бетона проверяют на заводе и непосредственно на месте укладки. Каждую серию контрольных образцов отбирают посменно; если же в смену выпускают более 200 м³ смеси — два раза в смену.

Готовую цементно-бетонную смесь к месту укладки доставляют автомобилями-самосвалами ЗИЛ-ММЗ-555, МАЗ-503Б и др. При большой дальности возки бетонной смеси, когда может произойти схватывание бетона, целесообразно на цементно-бетонных заводах готовить сухие смеси с использованием для перевозки и окончательного приготовления смеси автобетоносмесителей. Автобетоносмесители загружают на заводе отдозированными сухими составляющими и водой и приготовляют бетонную смесь в пути следования машины к месту укладки. Во время движения включают барабан автобетоносмесителя, который вращается с небольшой частотой вращения (5—6 об/мин), непрерывно перемешивая бетонную смесь, благодаря чему не происходит ее расслаивания. Автобетоносмесители можно использовать также и для перевозки

готовой бетонной смеси, приготовленной на бетоносмесительной установке.

§ 42. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МОНОЛИТНЫХ ЦЕМЕНТНО-БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

При строительстве монолитных цементно-бетонных покрытий применяют комплект машин, позволяющий механизировать все производственные процессы и организовать строительство дороги поточным методом. При организации строительства цементно-бетонных покрытий поточным способом фронт работ разбивают на отдельные участки, исходя из удобства работы машин, входящих в комплект. Размеры участков (захваток) зависят от характера взаимной увязки машин между собой в работе, что определяет в целом всю систему организации постройки покрытия.

Как указывалось ранее (§ 2), монолитные цементно-бетонные покрытия могут быть одно- и двухслойными. На городских магистралях и скоростных дорогах такие покрытия укладывают на основания из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, а также на гравийные и щебеночные основания. На улицах с небольшой интенсивностью движения, внутриквартальных проездах допускается устраивать цементно-бетонные покрытия на песчаных основаниях. В случае применения песчаных оснований, а также морозозащитных и дренирующих слоев из песка работу производят в такой последовательности. Песок завозят автомобилями-самосвалами и бульдозером или автогрейдером распределяют до необходимой вертикальной отметки. После разравнивания песок уплотняют катками на пневматических шинах.

Предварительную планировку песчаного слоя производят автогрейдером, а окончательную планировку и уплотнение — профилировщиком основания после установки рельс-форм. Основание или подстилающий слой следует уплотнять при оптимальной влажности песка, поэтому при необходимости перед проходом профилировочных механизмов песок увлажняют поливомоечной машиной.

Технологический процесс устройства щебеночных и гравийных оснований состоит из вывозки материалов автомобилями-самосвалами, разравнивания бульдозерами или автогрейдерами и уплотнения укаткой. Целесообразно применять в этом случае щебнеукладочные машины. При устройстве оснований из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, производственный процесс может осуществляться по методу смешения в установках или по методу смешения на дороге. Технологическая последовательность операций определяется в этом случае в соответствии с действующими «Указаниями по применению в дорожном и аэродромном строительстве грунтов, укрепленных вяжущими материалами».

Технологический процесс устройства цементно-бетонного покрытия по готовому основанию комплектом бетоноукладочных машин включает следующие операции: подготовку основания под рельс-

формы и установку рельс-форм; окончательную планировку и уплотнение основания; обработку поверхности основания (если оно выполнено из цементно-песчаной смеси) битумной эмульсией; установку прокладок, штырей деформационных швов, блоков для водоприемных колодцев; распределение бетонной смеси; при устройстве двухслойных покрытий после распределения нижнего слоя покрытия укладывают арматурную сетку, а затем распределяют бетонную смесь верхнего слоя; уплотнение бетонной смеси и отделку поверхности покрытия; устройство деформационных швов; снятие рельс-форм; уход за бетоном; заливку деформационных швов.

На рис. 105 представлена технологическая схема потока по устройству монолитных цементно-бетонных покрытий городских

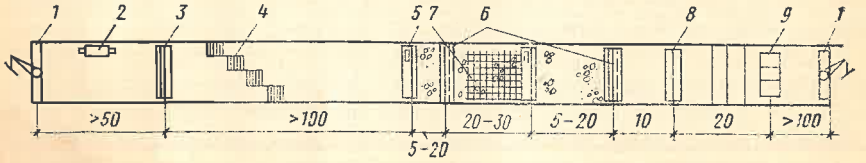


Рис. 105. Технологическая схема потока по устройству двухслойных монолитных бетонных покрытий (размеры даны в м):

1 — рельсоукладчики; *2* — подбойщик рельс-форм; *3* — профилировщик ДС-502; *4* — укладка стабилизированного цементом слоя песка, нанесение битумной эмульсии и установка конструкции температурных швов и блоков дождеприемных колодцев; *5* — бетонораспределительная машина ДС-503; *6* — бетоноотделочная машина ДС-504; *7* — арматурная сетка; *8* — мостик для нарезки швов; *9* — тент

дорог комплектом бетоноукладочных машин, передвигающимся по рельс-формам. Рельс-формы могут быть установлены на уширенные основания дорожной одежды. Если такое основание не обеспечивает беспросадочного положения рельс-форм под нагрузкой от машин бетоноукладочного комплекта, то под рельс-формами должно быть устроено усиленное основание. Рельс-формы должны обладать прочностью и жесткостью, обеспечивающей пропуск по ним машин, применяемых для устройства покрытия без деформаций.

Перед установкой проверяют состояние рельс-форм и правильность геометрических размеров. Искривления рельс-форм в вертикальной плоскости не должны превышать 2 мм, в горизонтальной плоскости 5 мм. Разность высоты звеньев рельс-форм на стыках не должны превышать 2 мм. Рельс-формы должны быть очищены от старого бетона. Деформированные и неисправные рельс-формы отбраковываются и не допускаются для использования.

К месту укладки рельс-формы транспортируют на автомобилях или тракторных тележках. В проектное положение рельс-формы устанавливают автокранами с расчетом на двухсменную работу бетоноукладочной машины. Разбивку линии установки рельс-форм в плане производят по одной стороне покрытия при помощи теодолита, по другой стороне — по шаблону. Установку рельс-форм по высоте производят по проектным отметкам при помощи нивелира.

Правильность установки рельс-форм проверяют геодезическими инструментами, а параллельность — шаблоном. Звенья рельс-форм соединяют болтами, крепят к основанию металлическими штырями.

До начала укладки бетонной смеси рельс-формы необходимо обкатать, для чего по ним пропускают не менее двух раз бетонораспределитель с бункером, заполненным песком. Все обнаруженные просадки устраняют. Разница в отметках высоты двух смежных рельс-форм не должна превышать 2 мм.

Механизация процессов по окончательному уплотнению песчаных оснований, морозозащитных, дренирующих и выравнивающих слоев осуществляется профилировщиками ДС-502А (Б). Профилировщик ДС-502А изготовляют в четырех модификациях: для устройства плоского профиля шириной 3,5; 5 и 7 мм и для устройства двускатного профиля шириной 7 м. Машина ДС-502Б рассчитана на ширину полосы плоского профиля 7,5 и 3,75 м, двускатного профиля 7,5 м. Техническая характеристика профилировщиков основания приведена в табл. 70.

При движении профилировщика отвал машины срезает неровности основания и накапливает перед собой призму материала, засыпая впадины и придавая поверхности ровность и необходимые поперечные уклоны. Уплотнение основания осуществляется с помощью вибробруса, выполненного в виде балки коробчатого сечения, на верхней панели которого смонтированы вибраторы с круговыми колебаниями.

Таблица 70

Наименование показателей	ДС-502А	ДС-502Б
Ширина обрабатываемой полосы, м	7,0; 5,0; 3,5	7,5; 3,75
Габариты, м:		
длина	5244	3244
ширина	8606, 6606, 5106	9106, 5356
высота	2941	2941
База машины, мм	2600	2600
Масса, кг	7390	7500
Скорость передвижения машины, м/мин:		
вперед	0,81; 0,62	0,81; 7,62
назад	1,82; 17,0	1,82; 17,0
Профилирующий отвал, мм:		
длина	9960, 4960, 3460	7460; 3710
высота	500	500
Наибольшее заглубление отвала от уровня головок рельс-форм, мм	300	300
Уплотняющий вибробрус:		
длина, мм	6960, 4960, 3460	7460, 3710
ширина рабочей подошвы, мм	500	500
число вибраторов	6, 4, 3	6, 3
угловая скорость вала вибраторов, об/мин	2575	2575
амплитуда колебаний, мм	0,4	0,4
Расчетная производительность, м³/ч	48	48

Для снижения коэффициента трения покрытия по основанию устраивают выравнивающий слой из песка, обработанного битумом или цементом. Работу по профилированию и уплотнению этого слоя также ведут машиной ДС-502А(Б).

После выполнения работ по окончательной отделке основания устанавливают прокладки со штырями для швов расширения и элементы конструкции швов сжатия. Нормальная работа швов между плитами зависит не только от конструкции штыревых соединений, но и от тщательности выполнения работ в процессе строительства. Если швы устроены с соблюдением всех технических правил, то в течение многих лет эксплуатации дороги не будет возникать никаких затруднений и потребуется только текущий уход за швами. Неправильное ведение работ может привести к быстрому появлению деформаций, исправление которых потребует больших затрат.

В практике строительства магистральных дорог с цементно-бетонными покрытиями в нашей стране для крепления прокладок и штырей применяют поддерживающие каркасы-корзинки из арматурной стали диаметром не менее 6 мм. В этом случае паз над деревянной прокладкой можно создавать как в свежеуложенном, так и в затвердевшем бетоне.

Кроме указанных методов при установке дощатых прокладок в швах бетонных покрытий применяют способ закрепления прокладок штырями, забиваемыми в основание по обеим сторонам доски. После бетонирования штыри необходимо удалять, поскольку оставленные штыри заанкеривают бетонное покрытие на основании и вследствие этого возникают добавочные напряжения в бетоне.

Одновременно с установкой элементов швов на покрытии проезжей части в местах, предусмотренных проектом, устанавливают конструкции блоков люков водоприемных колодцев. Блоки колодцев устанавливают автокранами.

При строительстве железобетонных покрытий дополнительной операцией является раскладка арматурных сеток или каркаса. Арматуру заготовляют централизованно на производственных предприятиях городского дорожного строительства. Арматурные сетки и каркасы доставляют к месту укладки на автомобилях и устанавливают в проектное положение краном на автомобильном ходу.

Перед началом укладки бетонной смеси проверяют: а) правильность установки рельс-форм (правильность их положения в плане и продольном профиле, надежность крепления стыковых соединений отдельных звеньев), тщательность смазки боковых стенок форм; б) надежность крепления прокладок и штырей в швах расширения; в) достаточность увлажнения выравнивающего слоя из необработанного песка или песчаного основания.

Бетонную смесь транспортируют к месту укладки в автомобилях-самосвалах со специальными кузовами (с боковой выгрузкой), обеспечивающими удобную и быструю разгрузку смеси в распределитель. Кузова автомобилей-самосвалов должны быть водонепроницаемыми, иметь исправные затворы и гладкую поверхность,

приспособления для укрытия смеси от высыхания или увлажнения. После каждого рейса кузова автомобилей-самосвалов должны промываться водой.

Длительность перевозки бетонной смеси на портландцементе с началом схватывания не менее 2 ч не должна превышать: 30 мин при температуре воздуха во время укладки бетона от +20° до +30° С; 60 мин — при температуре воздуха ниже +20°. При температуре воздуха от +30 до +35° С, относительной влажности воздуха менее 50% и температуре бетонной смеси не более 30° С продолжительность перевозки бетонной смеси не должна превышать 30 мин. Подвижность (жесткость) бетонной смеси должна назначаться с учетом времени ее транспортирования к месту укладки и температуры воздуха. Для максимального использования комплекта бетоноукладочных машин и получения бетона однородного состава бетонная смесь должна поступать равномерно и непрерывно в течение рабочей смены.

В СССР выпущена серия автобетоновозов ЗИЛ-ММЗ-553, предназначенных для перевозки бетонной смеси в условиях жаркого климата. Эта машина, изготовленная на базе автомобиля ЗИЛ-164А, отличается от автосамосвала устройством кузова, имеющим форму гондолы с круто наклоненной задней стенкой. Угол наклона днища к горизонту достигает 80°, а задней стенки — 48°. Днище овальной формы и боковые стенки кузова имеют воздушные прослойки толщиной 80 мм. Кузов имеет защитную крышку, которая в момент загрузки открывается.

. Прием бетонной смеси из транспортных средств (автомобилей-самосвалов) и ее распределение по основанию покрытия производятся бункером распределителя бетонной смеси ДС-503А(Б). Техническая характеристика бункерных распределителей бетонной смеси с боковой загрузкой ДС-503А и ДС-503Б, предназначенных для бетонирования полос шириной соответственно 7 и 7,5 м, приведена в табл. 71.

Таблица 71

Наименование показателей	ДС-503А	ДС-503Б
Ширина полосы укладки, м	7,0; 5,0; 3,5	7,5; 3,75
База машины, мм	4906	4906
Габариты, мм:		
длина	7005	7005
ширина (наибольшая)	8000	8500
высота	2587	2587
Масса (вес), кг	9084	9222
Скорость передвижения:		
машины, м/мин	24	24
бункера, м/с	0,48	0,48
Вместимость бункера, м³	1,8	1,8
Наибольший ход бункера по высоте, мм	240	240
Производительность машины, м³/ч	55	55

Бетонную смесь из автомобилей-самосвалов выгружают в распределительный бункер, который распределяет ее по основанию, перемещаясь поперек проезжей части. Регулируя высоту бункера под основанием, можно изменять толщину укладываемого слоя бетонной смеси. Необходимое увеличение толщины неуплотненного слоя бетонной смеси против проектной толщины покрытия определяют опытным путем в зависимости от скорости и пластичности смеси. При осадке конуса 1—2 см это увеличение составляет 2—3 см.

Более эффективное распределение бетонной смеси достигается применением шнековых распределителей бетонной смеси. Созданный в СССР шнековый распределитель ДС-507 предназначен для распределения и предварительного уплотнения бетонной смеси по полосе шириной 7,0—7,5 м. Основной рабочий орган машины ДС-507 — реверсивный шнек состоит из двух половин, каждая из которых имеет независимый привод. Перед шнеком расположены два отвала, срезающие излишки смеси и способствующие ее равномерному распределению. Как шнек, так и отвалы можно устанавливать на требуемой высоте с помощью гидроцилиндров механизма подъема. Вторым рабочим органом бетонораспределителя ДС-507 является виброброс, производящий предварительное уплотнение распределенной бетонной смеси. Виброброс выполнен в виде сварной балки, на которой установлены шесть механических вибраторов.

При устройстве двухслойного покрытия вначале укладывают бетон нижнего слоя толщиной $^2/_3$ общей толщины покрытия, затем укладывают арматурную сварную рулонную сетку заводского изготовления и второй слой бетона. В этом случае рекомендуется использовать два распределителя для раздельной укладки бетонной смеси в нижний и верхний слои покрытия.

Организация работ по постройке двухслойного покрытия должна обеспечивать ритмичную укладку смеси с расчетом получения однородного монолитного и плотного бетона по всей толщине покрытия. В связи с этим разрыв во времени между укладкой нижнего и верхнего слоев при температуре воздуха от 5 до 20° С должен быть не более 1 ч; при температуре 20—25° С — не более 40 мин и при температуре 25—30° С — не более 30 мин. Заканчивать работы по постройке участка двухслойного покрытия нужно с расчетом укладки верхнего и нижнего слоев одновременно.

После прохода бетоноукладочных машин разравнивание, уплотнение и отделку покрытия выполняют бетоноотделочной машиной ДС-504А(Б). Техническая характеристика бетоноотделочных машин ДС-504А и ДС-504Б приведена в табл. 72.

В последнее время создана новая бетоноотделочная рельсовая машина ДС-508, которая в комплекте с распределителем бетонной смеси ДС-507 предназначена для укладки дорожного бетона в покрытие шириной 7 и 7,5 м преимущественно на основаниях из стабилизированных грунтов.

Таблица 72

Наименование показателей	ДС-504А	ДС-504Б
Ширина обрабатываемой полосы, м	7,0; 5,0; 3,5	7,5; 3,75
Наибольшая толщина укладываемого слоя, мм	300	300
Габариты, мм:		
длина	4100	4100
ширина	8600, 6600, 5100	9100, 5350
высота	3120	3120
База машины, мм	1850	1850
Масса (вес), кг	9600	10000
Скорости передвижения, м/мин:		
рабочая	0,81	0,81
транспортная:		
вперед	7,62	7,62
назад 1-я	1,82	1,82
назад 2-я	17,00	17,00
Распределительный лопастной вал:		
длина, мм	6960, 4960, 3460	7460, 3710
диаметр (по кромке лопастей), мм	600	600
частота вращения, об/мин	27,5	27,5
Уплотняющий вибробрус:		
длина, мм	6960, 4960, 3460	7560, 3710
ширина рабочей части подошвы, мм	500	500
Выглаживающий брус:		
длина рабочей подошвы, мм	6900, 4900, 3400	7400, 3650
ширина рабочей подошвы, мм	216	216
Производительность (расчетная) при толщине покрытия 20 см, м³, уплотненного бетона в ч	33—72	

Бетоноотделочная машина ДС-504А(Б) движется по рельсформам за распределителем и выполняет работу тремя рабочими органами — уплотняющим лопастным валом, вибробрусом и выглаживающим брусом.

Лопастной вал расположен в передней части (по ходу движения) бетоноотделочной машины. При вращении вала лопасти равномерно распределяют бетонную смесь по ширине укладываемой полосы и частично его уплотняют. За валом расположен вибробрус, который, совершая качательные движения, окончательно уплотняет уложенную бетонную смесь.

Выглаживающий брус машины состоит из двух брусьев — переднего вибрационного и заднего выглаживающего. Оба бруса совершают качательные движения поперек полотна дороги, скользя по поверхности уложенного бетона. Благодаря качательным движениям бруса поверхность бетона окончательно выравнивается и выглаживается. Покрытие отделывают за 1—2 прохода по одному месту при движении машины вперед. На обратном ходу машина поднимается в транспортное положение, опираясь на ходовые колеса. Для хорошего уплотнения и отделки поверхности уложенного

бетона большое значение имеет правильная установка рабочих органов машины. Самоходную бетоноотделочную машину обслуживает один машинист.

При строительстве монолитных покрытий комплектом колесных машин рельс-формы снимают краном не ранее чем через 24 ч после укладки бетона после того, как бетон наберет требуемую прочность, что устанавливают опытным путем. Снятые рельс-формы перевозят в начало потока, где их устанавливают на новом участке таким же краном.

Наиболее эффективными машинами для укладки дорожного бетона являются безрельсовые машины, перемещающиеся вдоль полотна строящейся дороги на гусеничном ходу. Точного соблюдения проектного расположения бетонного покрытия в плане и профиле достигают в этом случае с помощью автоматических следящих систем. Безрельсовый укладчик отличается от рельсовых машин также и тем, что он однопроходный и снабжен рабочими органами для распределения, уплотнения и отделки бетона.

Главное преимущество безрельсовых укладчиков или, как их называют, укладчиков со скользящими формами состоит в их высокой производительности, достигаемой за счет однопроходности, а также в том, что при их использовании исключаются чрезвычайно трудоемкие, малопроизводительные работы по установке и демонтажу рельс-форм.

Скользящие формы смонтированы между гусеницами укладчика. Распределение бетона, выгружаемого в передней части машины автомобилями-самосвалами, производится шнековым или лопастным рабочим органом. Рама с лопастями может опускаться и подниматься гидроцилиндром, передвигаться на каретке поперечной трубы и таким образом равномерно распределять смесь по всей ширине между скользящими формами.

Для профилирования покрытия служит поперечной брус — плита с поддоном шириной около 2 м. Перед этой плитой бетонная смесь уплотняется стержневыми электровибраторами, погруженными в бетон до половины толщины покрытия. Верхний слой бетона дополнительно уплотняется вибротрубой, смонтированной непосредственно перед профилирующим брусом. Поверхность покрытия выравнивается поперечной плитой с шириной поддона 0,7 м. Окончательно поверхность покрытия выглаживает плавающий поперечный брус с шириной поддона 0,4 м.

Бетоноукладчик может иметь механизм для устройства продольного шва путем закладки в свежеуложенный бетон эластичной прокладки. Управление бетоноукладчиком автоматизировано. Для выдерживания заданного направления движения машины и ровности поверхности покрытия используют следящую систему. Одна из конструкций этой системы состоит из двух базовых проволок, натянутых на металлических стойках с регулируемыми по высоте держателями. Проволочная база устанавливается с обеих сторон проезжей части с опережением бетонирования покрытия не менее чем на 100 м. Установку проверяют нивелированием с точностью

±2 мм. На раме укладчика смонтированы четыре электронных датчика для поддержания заданного уровня поверхности покрытия и один датчик направления движения машины. У каждого датчика имеется прорезь, через которую проходит базовая проволока. По обеим сторонам прорези находятся микровыключатели.

При отклонении движения машины от заданного направления или при отклонении от заданного уровня положения рабочих органов происходит нажатие проволоки на один из микропереключателей, вследствие чего срабатывает релейная система включения электродвигателя реверсивного механизма для корректировки направления движения или уровня положения рамы с рабочими органами машины.

Датчик для выдерживания заданного направления движения машины подвешен на переднем углу рамы машины. Корректировку производят по разности скоростей движения гусениц машины, имеющих независимый привод. Положение рамы с рабочими органами корректируют четыре датчика, подвешенные на кронштейнах впереди и сзади машины.

При надежной несущей способности основания эта система обеспечивает ровность поверхности покрытия с зазором под трехметровой рейкой не более 3 мм.

Следует отметить, что бетоноукладчик со скользящими формами комплексно выполняет операции по укладке, уплотнению и отделке покрытия и исключает использование специальных бетоноотделочных машин. Одним из освоенных нашей промышленностью бетоноукладчиков на гусеничном ходу со скользящими формами является укладчик ДС-513. В настоящее время нашей промышленностью освоен выпуск комплекта машин ДС-100 со скользящими формами для скоростного строительства автомагистралей (рис. 106). Такие машины могут быть использованы для строительства городских автомагистралей большой протяженности, подходов к крупным городам, кольцевых (вокруг города) автомобильных дорог.

В комплект ДС-100 входит девять основных наименований машин и оборудования: профилировщик земляного полотна и оснований ДС-97; конвейер-перегружатель ДС-98 навесной к профилировщику; распределитель бетонной смеси ДС-99; бетоноукладчик ДС-101; тележка ДС-103 для перевозки арматурной сетки прицепная к распределителю бетона; вибропогружатель ДС-102 арматурной сетки прицепной к бетоноукладчику; бетоноотделочная машина — трубчатый финишер ДС-104; машина ДС-105 для нанесения пленкообразующих материалов; асфальтоукладочное оборудование ДС-106.

Кроме основных в комплект включены вспомогательные машины: нарезчик поперечных швов ДС-112; нарезчик продольных швов ДС-115; заливщик швов ДС-67; трейлер ДС-107 с тягачом МАЗ-537 для перевозки машин и оборудования комплекта.

В комплект также входит автоматизированный бетонный завод непрерывного действия СБ-109 производительностью 120 м³/ч. Для

нормальной работы комплекта машин с темпом не менее 1 км дороги в день необходимо иметь два таких завода.

Профилировщик ДС-97 служит для рыхления, распределения и профилирования верхнего слоя земляного полотна, а также профилирования различных привезенных материалов (песка, шлака, гравия, гравийно-песчаных смесей, грунтов, укрепленных вяжущими материалами, и др.) при устройстве морозозащитных, дрениру-

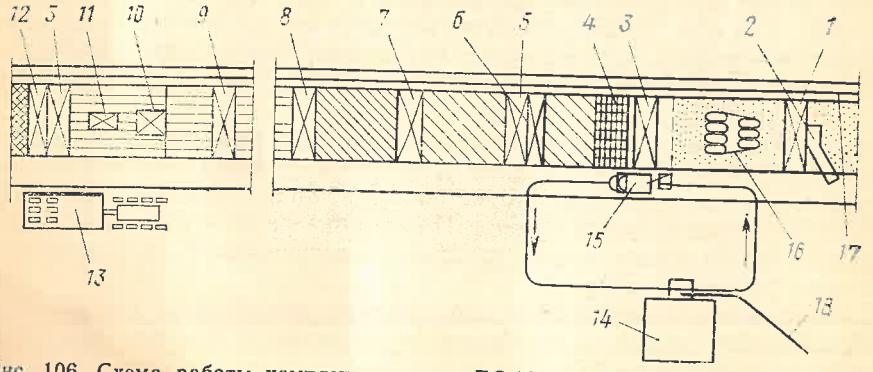


Рис. 106. Схема работы комплекта машин ДС-100 для скоростного строительства автомагистралей:

1 — профилировщик земляного полотна и основания ДС-97; *2* — конвейер-перегружатель ДС-98; *3* — распределитель бетона ДС-99; *4* — тележка ДС-103 для перевозки арматурной сетки; *5* — бетоноукладчик ДС-101; *6* — вибропогружатель арматурной сетки ДС-102; *7* — бетоноотделочная машина (трубчатый финишер) ДС-104; *8* — машина ДС-105 для придания шероховатости поверхности и нанесения пленкообразующих материалов; *9* — нарезчик поперечных швов ДС-112; *10* — нарезчик продольных швов ДС-115; *11* — заливщик швов ДС-67; *12* — асфальтоукладочное оборудование ДС-106; *13* — трейлер ДС-107 с тягачом МАЗ-537; *14* — бетонный завод (из двух установок СБ-109); *15* — большегрузный самосвал; *16* — пневмоколесный каток; *17* — копирный шнур; *18* — водопровод

ющих и подстилающих слоев и различных оснований под цементно-бетонные покрытия. Рабочими органами профилировщика являются шнек-фреза, передний отвал, распределительный шнек и задний отвал. На профилировщик дополнительно может монтироваться вибробрус для уплотнения конструктивных слоев. Скорость перемещения профилировщика при предварительном профилировании (киркovании фрезой) 1—2 м/мин, при чистовом профилировании 6—7 м/мин, при распределении материалов 3—5 м/мин, при устройстве стабилизированного основания (смешением на месте) 8—12 м/мин и при распределении укрепленного грунта с одновременным уплотнением 1—2,5 м/мин. Ширина обрабатываемой полосы 8,5 м, а с уширителями отвалов — 9,5 м. Указателями уровня и направления движения в плане профилировщика и других машин являются копирные шнуры (струны).

Навесной конвейер-перегружатель ДС-98, состоящий из ленточного транспорта веерного типа, предназначен для перегрузки излишков материала на обочину или в транспортные средства.

Распределитель бетона ДС-99 служит для приема бетонной смеси и других материалов из транспортных средств (обычно автомобилей-самосвалов) и равномерного их распределения на ширину

до 7,5 м и толщиной до 50 см. Рабочими органами распределителя бетона являются укладочное оборудование, включающее раму, приемный бункер с ленточным конвейером и механизм перемещения бункера; распределительное оборудование, включающее шнек-фрезу и дозирующую заслонку. Скорость движения машины ДС-99 при распределении бетонной смеси 2—4 м/мин. При сооружении армированного цементно-бетонного покрытия к распределителю прицепляют тележку ДС-103 для перевозки арматурной сетки (шириной до 7,35 м).

Дополнительным сменным оборудованием к распределителю бетона или профилировщику является асфальтоукладчик ДС-106, который используют также и для укладки стабилизированных и других смесей. В этом случае на распределителе бетона, как и на профилировщике, может монтироваться вибробрус для уплотнения укладываемых смесей.

Асфальтоукладчик ДС-106 состоит из полуприцепного бункера на пневматическом ходу и вибробруса, навешиваемого впереди на распределитель бетона или профилировщик. Бункер выполняет роль не только приемного, но и распределительного и дозирующего устройства с регулируемой по высоте задней стенкой.

Бетоноукладчик ДС-101 выполняет операции по окончательному распределению бетонной смеси, полуавтоматической закладке арматурных стержней по оси машины и с боков покрытия для соединения бетонируемых полос, устройству продольного шва в свежеуложенном бетоне с заполнением его изоловой лентой и предварительной отделки покрытия. Рабочими органами бетоноукладчика являются распределительный шнек, первая дозирующая заслонка, пакет глубинных вибраторов, вторая дозирующая заслонка с электромагнитными вибраторами, два качающихся формующих бруса, выглаживающая плита и боковые скользящие формы. Рабочие органы и скользящие формы смонтированы на вспомогательной раме, которая крепится при помощи специальных пальцев к основной раме бетоноукладчика. Скорость перемещения укладчика до 3,2 м/мин.

При устройстве покрытий, армированных сеткой, бетоноукладчик комплектуют вибропогружателем арматурной сетки ДС-102. Вибропогружатель смонтирован на полуприцепной двухопорной пневмоколесной раме и крепится к бетоноукладчику при помощи специальных тяг. К раме при помощи регулируемой амортизационной подвески прикреплены две секции вибропогружателей; вибрация каждой секции осуществляется двумя механическими вибраторами. Глубина погружения сетки регулируется двумя гидроцилиндрами.

Бетоноукладчик снабжен дополнительным оборудованием: устройством для формования кромок покрытия; вибрационным нарезчиком продольного шва в свежеуложенном бетоне; устройством для укладки арматурных штырей.

Бетоноотделочная машина — трубчатый финишер ДС-104 предназначена для окончательной отделки поверхности цементно-бе-

тонного покрытия. Основным рабочим органом машины является выглаживающая тонкостенная труба, состоящая из двух секций и расположенная диагонально по отношению к направлению движения машины. Выглаживающая труба оборудована системой водяного орошения для смачивания поверхности покрытия при его отделке. Отделка покрытия осуществляется челночными проходами за 3—4 раза.

Машина ДС-105 для нанесения на поверхность бетона пленкообразующих материалов оборудована баком с мешалкой, насосом для перекачки жидкости и распылительным устройством. Машина перемещается со скоростью до 10 м/мин, нанося тонким слоем на поверхность покрытия влагозащитную пленку или раскладывая рулонную синтетическую пленку на ширину от 3,65 до 7,92 м.

Нарезчик поперечных швов ДС-112 смонтирован на самоходной пневмоколесной тележке. В качестве рабочих органов нарезчик имеет две каретки (с двумя режущими дисками каждая), которые перемещаются одновременно вдоль рамы, нарезая поперечные швы в затвердевшем бетоне.

Нарезчик швов ДС-115 представляет собой четырехколесную тележку с установленным на ней рабочим органом — трехдисковым нарезчиком для нарезки продольных швов в затвердевшем бетоне.

Транспортировку всего комплекта ДС-100 и вспомогательных машин и оборудования осуществляют двумя трейлерами ДС-107 с тягачом МАЗ-537.

Комплект машин ДС-100 для скоростного строительства автомобильных дорог с цементно-бетонным покрытием рассчитан на годовую выработку 50—75 км, поэтому эффективное использование машин может быть достигнуто только при условии заблаговременной подготовки земляного полотна, обеспечения транспортными средствами (большегрузными автомобилями-самосвалами типа КрАЗ-256Б) и бесперебойного снабжения инертными материалами и цементом заводов, приготавливающих цементно-бетонные смеси.

§ 43. УСТРОЙСТВО ШВОВ, УХОД ЗА БЕТОНОМ И ОТДЕЛКА ПОКРЫТИЯ

После предварительной обработки поверхности цементно-бетонного покрытия бетоноотделочными машинами приступают к устройству деформационных швов — нарезке, отделке и заполнению их мастиками. Устройство деформационных швов может осуществляться в свежеуложенном бетоне, в затвердевшем бетоне или комбинированным методом.

При устройстве швов в свежеуложенном бетоне паз устраивают путем прорезания (продавливания) вибрационным рабочим органом еще не затвердевшей, но уплотненной бетонной смеси сразу же после заключительного прохода бетоноотделочной машины. При сравнительной простоте и низкой стоимости швы, устраиваемые в свежеуложенном бетоне, имеют существенные недостатки,

связанные с тем, что структура бетона в зоне шва при воздействии виброоргана на несформировавшийся бетон нарушается, а вытесненная им из паза бетонная смесь является источником образования неровностей на покрытии. Эти неровности снижают эксплуатационные качества бетонного покрытия, что является основным недостатком этого способа устройства швов. Кроме того, восстановление нарушенной при устройстве паза структуры свежеуложенного бетона в зоне шва производится вручную (выглаживанием и трамбованием), что далеко не всегда достигает цели и связано с существенным увеличением трудозатрат.

Машина Д-377 для нарезки швов в незатвердевшем бетоне представляет собой плоскую сварную раму, движущуюся по рельс-формам на четырех ведущих колесах. При обработке промежуточной полосы бетона машина движется по смежным полосам на безребордных колесах. Рабочими органами машины являются виброрейка, прорезающая поперечные швы, и диск, служащий для прорезания продольных швов. Заливщик швов является вспомогательным оборудованием. Диск для продольных швов установлен только на машинах при ширине укладываемой полосы 7 м.

При работе машины, пользуясь метками на рельс-формах в месте фактического расположения прокладки в шве расширения, устанавливают над швом рабочий мостик так, чтобы вибронож проходил над прокладкой. Опыт эксплуатации бетонных покрытий в городах СССР показывает, что в свежеуложенном бетоне целесообразно нарезать лишь продольный шов, так как нарезка поперечных швов машиной Д-377 не обеспечивает необходимой ровности покрытия. Поэтому все поперечные швы рекомендуется нарезать в отвердевшем бетоне на глубину 4—6 см машиной, рабочим органом которой является металлический диск с алмазным или карборундовым ободом.

Устройство ложных швов в свежеуложенном бетоне с применением эластичных прокладок производится нарезчиком ДНШС-60, который используют для устройства продольного и поперечных швов оснований, продольных, а также поперечных швов покрытий, устраиваемых комбинированным способом.

Машина ДНШС-60 имеет два рабочих органа: подвижный — для нарезки поперечных швов и неподвижный, закрепленный в центре рамы машины, — для устройства продольного шва. Нарезчик ДНШС-60 работает в комплекте бетоноукладочных машин и движется в потоке вслед за бетоноотделочной машиной на расстоянии 5—10 м от нее. Нарезчик рассчитан на односкатный и двускатный профили дорожной одежды при ширине ее 3,5—7,5 м.

Одновременно с нарезкой машиной ДНШС-60 заделывают пазы швов эластичной прокладкой. В качестве эластичной прокладки получил распространение резино-битумный материал — рулонный изол, который на специальном станке разрезают на ленты и скатывают в бухты. Для поперечных швов длина ленты равна ширине полосы бетонирования, для продольных — 15—25 м, но не менее расстояния между поперечными швами. Ширина ленты должна

быть примерно на 10 мм больше проектной глубины паза шва. Глубина паза, т. е. глубина заложения эластичной (изоловой) прокладки, должна быть не меньше $^1/_4$ толщины бетонной плиты для поперечных швов и не менее $^1/_3$ — для продольных.

Наиболее высокое качество деформационных швов получают путем их нарезки в затвердевшем бетоне (через несколько часов после ее уплотнения) специальными нарезчиками, снабженными абразивными режущими дисками, вращающимися с высокой скоростью.

Основными достоинствами этого метода устройства швов являются долговечность конструкции шва, так как распилка затвердевшего бетона не вызывает его разрушений в зоне шва: геометрически правильные и минимальные размеры паза шва придают покрытию хороший внешний вид и высокие эксплуатационные качества; значительно упрощается процесс отделки поверхности покрытия и сокращается количество ручного труда.

Недостатком этого метода следует считать сравнительно высокую стоимость нарезки, связанную главным образом с расходом алмазных или карборундовых режущих дисков. В настоящее время нашей промышленностью для нарезки швов в затвердевшем бетоне выпускается однодисковый нарезчик ДС-506, снабженный карборундовыми режущими дисками.

Техническая характеристика нарезчика швов ДС-506

Габариты (в рабочем положении), мм:	
длина	2755
ширина	998
высота	1355
Режущий диск, мм:	
диаметр	310
толщина	8
наибольшая глубина резания	60
Электродвигатель:	
тип	А71-4
мощность, кВт	20
напряжение, В	220/380
частота вращения, об/мин	1450
Производительность, м, нарезанного шва в ч	13—15

С 1970 г. для нарезки швов в затвердевшем бетоне применяют также более производительный самоходный двухдисковый нарезчик ДС-510, снабженный в отличие от машины ДС-506 не электромотором, а дизельным двигателем. Для этой машины пригодны как карборундовые, так и алмазные диски, выпускаемые промышленностью. В основу конструкции самоходного нарезчика ДС-510 положена схема нарезки двумя дисками шва сжатия ступенчатой формы. Диски расположены в одной плоскости друг за другом. Передний диск, имеющий большую толщину, нарезает шов на половину заданной глубины, задний тонкий диск — оставшуюся часть. В отличие от нарезчика ДС-506 нарезчик ДС-510 перемещается своим ходом по поверхности бетона и не требует направляющих устройств в виде рельса.

Для заполнения швов в цементно-бетонных покрытиях рекомендуется применять мастики и тиоколовые пасты. Наиболее распространенными в городском дорожном строительстве являются мастики типа «Изол», состав которых приведен в табл. 73.

Таблица 73

Типы мастик	Состав, %	Температура размягчения, °С
Изол 1		
Резиновая крошка	14,2	
Битум БНД-60/90	50	
» БНД-40—60	14,3	70—120
Кумароновая смола	3,5	
Канифоль	3,5	
Асбест	14,5	
Изол 2		
Резиновая крошка	24	
Битум БНД-60/90	33	70—120
» БНД-40—60	36	
Кумароновая смола	7	
Изол 3		
Резиновая крошка	19,4	
Битум БНД-60/80	34	
» БНД-40/60	19,4	70—120
Кумароновая смола	4,9	
Полиизобутилен	2,9	
Асбест	19,4	

Для заливки швов мастикой служит вспомогательное оборудование к основному комплекту машин. Оборудование заливщика швов ДС-501 (Д-344) смонтировано на трубчатой раме, передвигающейся на трех колесах — двух задних и переднем рояльном колесе, облегчающем повороты и маневрирование машины в работе. Основным оборудованием заливщика является битумный котел цилиндрической формы, снабженный теплоизоляцией и термометром для замера температуры битума. В нижней части котла помещено опускное сопло с запорным клапаном. Через сопло при открытом клапане битум заливается в швы, прорезанные в покрытии.

Перед заполнением швов мастикой их тщательно очищают от пыли, грязи, комков затвердевшей бетонной смеси. Для очистки пазов швов применяют передвижные электрические щетки ДС-505 (Д-378). Электрощетка смонтирована на трехколесной тележке, передвигаемой вручную. В комплект электрощетки входят два сменных рабочих органа: цилиндрическая и дисковая щетки. Привод рабочего органа осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу. Производительность электрощетки ДС-505 при расчистке швов 180—200 м/ч, при очистке поверхности покрытия 350 м²/ч.

Для тиоколовых герметиков (паст) разработан специальный комплект оборудования, состоящий из двух заливщиков швов (рис. 107) и смесительного агрегата. Потребность в таком оборудовании продиктована высокой вязкостью тиоколовых паст и необходимостью их вулканизации непосредственно на месте работ.

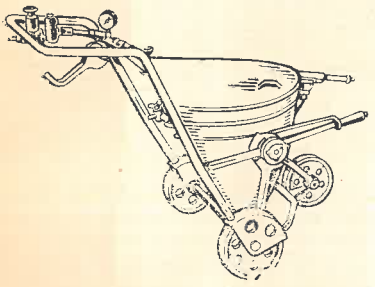


Рис. 107. Общий вид заливщика тиоколовых мастик

Для приготовления тиоколового герметика машинист смесительного агрегата опускает в заливщик швов шнековый смеситель, загружает герметизирующую тиоколовую и отверждающую (вулканизирующую) пасту в соотношении 1 : 5. После перемешивания паст в течение 4—6 мин шнековый смеситель переставляют в другой заливщик, а готовый герметик сразу же используют по назначению.

Несмотря на высокую стоимость тиоколового герметика, его применение в тяжелых эксплуатационных условиях вполне оправдывается его высокими показателями долговечности, деформативности и сцепления с бетоном в широком интервале отрицательных и положительных температур.

Кроме мастик и паст для изоляции деформационных швов могут применяться готовые прокладки. В частности, для заполнения швов, нарезанных в затвердевшем бетоне, используют в опытном порядке неопреновые прокладки специального профиля, изготовляемые заводами химической промышленности. Применение таких прокладок при устройстве швов существенно упрощает и ускоряет работы по их заполнению, которое производится путем запрессовки прокладки в паз шва с помощью специального приспособления (рис. 108).

При окончательной отделке уложенной бетонной смеси бетоноотделочными машинами поверхность покрытия, как правило, остается гладкой, нешероховатой. Такие покрытия в процессе эксплуатации значительно снижают сцепление колес автомобиля с поверхностью дорожной одежды, особенно в дождливый период времени.

В настоящее время существует множество способов повышения шероховатости покрытий из цементобетона. Многие способы находят применение за рубежом. Большинство из существующих и разрабатываемых методов относятся к обработке деформированием поверхности покрытия без применения вибраторов. Обработка деформирова-

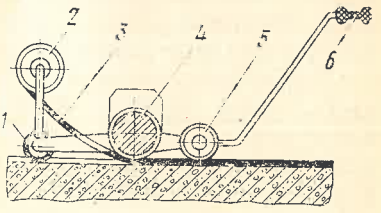


Рис. 108. Схема запрессовщика прокладок:

1 — направляющее колесо; *2* — бобина; *3* — неопреновая прокладка; *4* — рабочий орган (с пневмо- или электроударным молотком); *5* — ходовые колеса; *6* — рукоятка

нием заключается в создании канавок в поверхностном слоем с помощью полотна, щетки или роликов. Во Франции (с 1967 г.) и некоторых других странах предпочитают производить поперечное рифление покрытий. Долговечность рифления зависит от интенсивности и скорости движения, процента автомобилей, оборудованных шинами с шипами. Поперечное рифление достаточно долговечно даже в условиях интенсивного движения (до 12 лет и более).

По другой технологии шероховатость покрытия можно повысить, удаляя с поверхности бетона раствор щетками и обнажая скелетную часть бетона. В Бельгии впервые применили этот способ при ручном производстве работ на экспериментальных участках дороги Лувен — Малин. Многочисленные измерения коэффициентов сцепления на этой дороге показали, что большое влияние на результаты оказывает шлифуемость щебня и в меньшей степени песка. В 1974 г. в Центре дорожных исследований Бельгии был испытан опытный образец машины, предназначенный для механизации работ по обнажению скелетной части цементобетона.

Втапливание щебня в незатвердевший бетон вручную практикуют в Бельгии с 1950 г. По цементобетону вручную распределяют обработанный цементом щебень фракции 5—20 мм и после прохода выглаживающего бруса втапливают его в бетон кратковременным воздействием вибробруса. Обработанные участки и сейчас сохраняют высокий уровень шероховатости.

Высокие строительные и эксплуатационные качества бетона в покрытии, предопределяемые применяемыми материалами, составом и технологией приготовления и укладки бетонной смеси, достигаются только лишь в строгом соблюдении правил ухода за свежеуложенным бетоном. Уход за свежеуложенным бетоном может быть осуществлен нанесением на поверхность защитной водопаронепроницаемой пленки, укрытием рулонной полиэтиленовой или другой пластмассовой пленкой, а также засыпкой поверхности бетона слоем песка с поливкой водой. Пленкообразующие материалы наносят в два слоя после отделки покрытия и удаления с его поверхности цементного молока. В табл. 74 приведены нормы розлива пленкообразующих материалов для ухода за свежеуложенным бетоном.

В жаркую ветреную погоду во избежание образования на бетоне усадочных трещин сразу после отделки поверхность покрытия необходимо предварительно укрыть влажной мешковиной или рулонными материалами, установить тенты, а пленкообразующие материалы нанести примерно через 1 ч после укладки бетона. Такие же мероприятия следует проводить в случае дождя, начавшегося до нанесения пленкообразующего материала.

При уходе за свежеуложенным бетоном можно также использовать тонкие полиэтиленовые, поливинилхлоридные, полиамидные и полиэфирные пленки. К месту производства работ пленку доставляют в рулонах. В том случае, когда для ухода за бетоном используют влажный песок, поверхность покрытия сразу же после отделки укрывают влажной мешковиной или водонепроницаемой

Таблица 74

Материал	Нормы розлива, г/м²		Промежуток времени, мин, между первым и вторым розливом в зависимости от температуры воздуха, °С	
	первого	второго	15—20	20—30
Лак этиноль	300	200	25	20
Быстро распадающаяся битумная эмульсия	400	300	30	40
Медленно распадающаяся битумная эмульсия	400	300	40	50
Разжиженный битум	400	200	70—60	60—50

бумагой. Через 12—20 ч в зависимости от температуры воздуха влажную мешковину снимают, а поверхность бетона засыпают слоем песка толщиной 5—6 см. Слой засыпки увлажняют в течение 20 сут. Для контроля поливки бетона, укрытия его песком или пленкообразующими материалами лаборатория ведет на каждом строящемся участке журнал ухода за свежеуложенным бетоном.

Качество нанесения пленкообразующих материалов на свежеуложенный бетон проверяют на участке площадью 20×20 см. Поверхность участка тщательно промывают водой от загрязнения, вытирают чистой ветошью, после чего быстро разливают равномерным слоем 10%-ный раствор соляной кислоты или 1%-ный раствор фенолфталеина для фиксирования точек, в которых наблюдается вспенивание вследствие карбонизации или покраснения фенолфталеина в местах, не покрытых пленкой. Количество точек, на которых наблюдается вспенивание или покраснение, должно быть не более двух на 100 см² поверхности.

Контроль прочности бетона готового покрытия осуществляют в лаборатории путем испытания контрольных образцов (кубов и балочек), изготовленных на месте укладки бетона и хранившихся на трассе в одинаковых условиях с покрытием. Наряду с этим в лабораториях прочность бетона может быть определена путем испытания кернов (бетонных цилиндров), высверленных из готового покрытия специальными буровыми станками при помощи алмазных и победитовых коронок.

В настоящее время разработаны методы испытания цементно-бетонных покрытий специальными приборами без нарушения его целостности. Эти методы имеют и то преимущество, что дают возможность определять прочность и плотность бетона в любой точке покрытия и, следовательно, проводить непрерывный контроль его качества. К неразрушающим методам контроля относятся: радиометрический, импульсный ультразвуковой, резонансный, ударный методы.

Радиометрический метод контроля плотности и прочности бетона основан на использовании радиоактивных изотопов кобальта

или цезия. Плотность покрытия определяют специальными радиометрическими приборами путем просвечения γ-лучами или методом их рассеивания.

Импульсный ультразвуковой метод основан на измерении скорости распространения ультразвуковых волн — многократных колебаний с частотой более 20 000 Гц. По скорости распространения волн определяют прочность, однородность и плотность бетона. При этом чем выше скорость прохождения ультразвука, тем прочнее цементобетон.

Резонансный метод основан на измерении частоты колебаний цементобетона под воздействием ультразвуковых импульсов. Определяющей является частота ультразвука, совпадающая с собственной частотой колебаний образца цементобетона.

Ударный метод испытаний основан на посылке только одного импульса вместо многократного повторения ультразвуковых импульсов.

После постройки готовое покрытие принимают в эксплуатацию.

Цементно-бетонное покрытие принимают не раньше чем по истечении 28 дней с момента устройства и при наличии результатов испытаний. При этом должно быть проверено: соответствие утвержденному проекту конструкции основания, подстилающего слоя, дренажных устройств и водостока — по актам на скрытые работы, журналам производства работ и лабораторным данным, а при необходимости путем производства дополнительных вырубок дорожной одежды; соответствие уложенной цементно-бетонной смеси требованиям ГОСТа — по данным лабораторным испытаний и результатам текущего технического контроля; структура и прочность бетона — по данным результатов лабораторных испытаний образцов бетонной смеси в возрасте 28 дней, контрольных бетонных образцов, хранившихся на трассе в одинаковых условиях с бетонным покрытием, кернов, высверленных в процессе производства работ и при приемке покрытий (на 3000 м² отбирают не менее 3 проб бетона — кернов — диаметром 15 см); качество ухода за бетоном по данным журналов и справок лабораторий строительных организаций.

При замерах просвет под трехметровой рейкой должен быть не более 3 мм; разница в уровне поверхности в швах не должна превышать 2 мм; снижение предела прочности бетона отдельных серий контрольных образцов через 28 дней на 10% их общего количества не должно превышать при испытании на изгиб — 3%, на сжатие — 6%.

§ 44. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Основной особенностью в технологии строительства предварительно напряженных дорожных покрытий из монолитного цементобетона и железобетона является создание предварительного на-

пряжения в конструкции. Предварительное напряжение в покрытии, как указано в гл. 1, может быть осуществлено с помощью натяжения арматуры, располагаемой в сечении плиты, и внешним обжатием бетона после его затвердения специальными обжимными устройствами (винтовыми или гидравлическими домкратами, бетонными клиньями, пневматическими системами и др.).

В практике городского дорожного строительства имеется опыт возведения предварительно напряженных железобетонных покрытий с созданием напряжения с помощью высокопрочной арматурной проволоки (струнобетонные покрытия) и цементно-бетонных покрытий с внешним обжатием гидравлическими домкратами. Технологической особенностью струнобетонных покрытий является осуществление строительства захватками большой протяженности (500—1000 м) с механизированной раскладкой продольной арматуры, натяжением ее до бетонирования и удержанием в натянутом состоянии во время бетонирования и твердения бетона. Для закрепления в процессе напряжения струн и удержания их в натянутом положении устраивают специальные неподвижные анкерные упоры.

Струнобетонные покрытия сооружают поточным методом с применением комплекта бетоноукладочных машин. На захватках последовательно выполняют следующие процессы: установку анкеров, рельс-форм и подготовку основания; установку прокладок швов и раскладку поперечной арматуры; установку технологического оборудования, раскладку и натяжение продольной арматуры (высокопрочной проволоки); подъем поперечной арматуры на подкладки, бетонирование покрытия, устройство поперечных швов; разрезку струн в поперечных швах; демонтаж оборудования, бетонирование технологических разрывов.

При наличии достаточного количества рельс-форм подготовку захваток ведут темпом, обеспечивающим непрерывную работу комплекта бетоноукладочных машин. Работы, связанные с устройством анкеров, раскладкой и натяжением струн, выполняют звенья, состоящие из 4—5 рабочих, за три смены. В первую смену устанавливают бетонные призмы и анкерные тяги в выкопанные по концам захватки траншеи, следят за правильной засыпкой и уплотнением этих траншей. Во вторую смену звено в начале захватки устанавливает бухтодержатели, ставит на них мотки высокопрочной проволоки, готовит концы проволоки для раскладки. Эти работы ведут одновременно с установкой рельс-форм и подготовкой основания. В третью смену звено при полностью подготовленном на захватке основании раскладывает и натягивают продольную проволочную арматуру с помощью арматурно-раскладочной машины.

Арматурно-раскладочная машина представляет собой передвигающийся по рельс-формам со скоростью 2—4,5 км/ч самоходный агрегат. Для подвески катушек с арматурной проволокой машина снабжена кронштейнами, а для распределения проволоки равномерно по ширине покрытия — системой направляющих барабанов с распределительными гребенками. Поступающую с завода арма-

турную проволоку перематывают с заводских бухт на катушки арматурно-раскладочной машины. При этом перед намоткой бухты группируются по массе, чтобы обеспечить в каждой группе бухт примерно одинаковую длину проволоки. Катушки с намотанной арматурой устанавливают на машину и закрепляют специальными фрикционными устройствами так, чтобы все струны сматывались с катушек с одинаковым усилием и в плане имели вид прямых линий. Кроме катушек на машину устанавливают поперечные анкерные брусья, служащие для закрепления струн в конце участка. На стаканы поперечных брусьев, обращенных к машине, навертывают специальные направляющие для струн муфты.

После установки катушек на машине концы проволок с каждой бухты пропускают через направляющие муфты и конусные стаканы, установленные на первой опорной траверсе упорного анкера, и закрепляют конусными пробками. В каждый стакан помещается количество струн, предусмотренное проектом. При движении раскладочной машины необходимое натяжение проволок при раскладке обеспечивается вращением катушек, оборудованных фрикционными тормозами. Силу натяжения проволок устанавливают заранее в зависимости от диаметра применяемой арматурной проволоки.

После того как раскладочная машина достигнет конца участка, поперечные брусья с машины снимают и струны крепят анкерными стаканами с пробками к захваткам, пропущенным сквозь вторую опорную траверсу. Затем струны заклинивают конусными пробками, а концы их отрубают. Струны в момент этой операции не должны ослабляться. При строительстве струнобетонных покрытий этого типа струны обычно натягивают трактором С-80 или приводной лебедкой с системой блоков по три-четыре струны одновременно. При натяжении конусные пробки, вставленные в стаканы поперечных брусьев, заклиниваются.

Струны натягивают в такой последовательности: а) крепят к захвату натяжного механизма пакеты струн, при этом следят за тем, чтобы ось движения захвата при натяжении совпадала с осью направления натягиваемых струн; б) струны каждого пакета фиксируют относительно образующих конусных отверстий в стакане с помощью бобышек, закладываемых между струн; в) зафиксированные струны окончательно закрепляют в отверстии стакана конусной пробкой легкими ударами по ней молотком; г) натягивают натяжным механизмом струны; за величиной натяжения следят по динамометру; арматуру в натянутом состоянии закрепляют на упор, расположенный в конце участка; концы струн у захвата перерезают автогеном или отрубают ручными инструментами на специальной наковальне.

Пакеты проволок натягивают с таким расчетом, чтобы напряжения струн не превышали 70% их предела прочности на разрыв. При таком напряжении пакеты струн выдерживают в течение 5 мин. Затем натяжение ослабляют, пока напряжение в струнах не снизится до 60% предела прочности на разрыв. Если после этого

в течение 5 мин напряжение не падает, то пакеты можно натягивать до 65% предела прочности и в этом положении закреплять.

Струны следующего участка натягивают таким же способом, как и на первом участке, но до раскладки крепят за опорную траверсу, расположенную на конце первого участка. При натяжении струн второго участка около опорной траверсы должен находиться рабочий-контролер, следящий за смещением траверсы. Для этого рядом с брусьями в грунт забивают металлические штыри. Струны первого участка поддерживают на проектной высоте арматурой поперечных пучков, поставленных на бетонные кубики.

Продольную проволочную арматуру по способу контрольного удлинения натягивают балками-блоками в монтажных и рабочих тягах через систему с 6—8-кратных переносных полиспастов. Проволоку натягивают перемещением балок-блоков на заданное расстояние трактором. Расстояние, на которое необходимо переместить балку-блок, определяют по заданному проектом натяжению проволоки с учетом дополнительного удлинения и длины захватки. Дополнительное удлинение получают за счет выпрямления проволоки при начальном натяжении и изменении радиуса изгиба проволок на балках-блоках. После достижения начального положения монтажные тяги удаляют, а на их место ставят рабочие тяги, которыми натяжение доводят до необходимого, а балки-блоки перемещают до заданного расстояния. Величину натяжения отдельных проволок проверяют динамометром. Неравномерность натяжения струн в пакете должна находиться в пределах 10% расчетной величины натяжения.

После натяжения продольной проволочной арматуры участок окончательно подготовляют для бетонирования. Устанавливают в проектное положение струны нижней зоны, для чего под поперечную арматуру подкладывают бетонные подкладки. Проектное положение проволок верхней зоны при бетонировании обеспечивается подвижной гребенкой с роликовыми подвесками, шарнирно закрепленными в передней части рамы бетоноукладочной машины. В покрытиях без поперечного обжатия ненапряженную поперечную арматуру устанавливают на необходимую проектную высоту в процессе бетонирования по ходу движения вперед. При бетонировании покрытий с поперечным обжатием для пропуска пучков арматуры устанавливают каналообразователи.

Каналообразователи представляют собой стальные трубы с надетыми на них резиновыми шлангами. В проектном положении их удерживают бетонные подкладки в виде кубов и боковая деревянная опалубка. Извлекают каналообразователи из бетона через 20 ч после бетонирования, причем вначале извлекают стальные трубы, а затем — резиновые шланги. При установке каналообразователей в покрытиях шириной более 7 м необходимо следить за тем, чтобы не было смещения каналов двух соседних полос.

Поперечные швы расширения выполняют посредством двух досок, одну из которых помещают под струнами, а вторую — над струнами. Прокладки в швах применяют из досок толщиной 2,5—

3 см. Место установки поперечных швов отмечают на обочине колышками. В верхней прокладке через 30 см высверливают отверстия, в которые вставляют штыри длиной 45 см и диаметром 20 мм.

Для обеспечения устойчивого и отвесного положения прокладок, а также параллельности штырей их собирают в общую конструкцию сварным каркасом из арматуры диаметром 6 мм. Каркас располагают на бетонных подкладках сечением 60×40×12 см, укладываемых на расстоянии 1 м друг от друга. На часть прокладок, непосредственно примыкающих к краю покрытия, прибивают отрезки досок с целью увеличения ширины шва в этом месте. Цементный раствор над доской убирают и шов разделывают вручную.

Бетонную смесь при устройстве покрытия распределяют и уплотняют обычным способом, т. е. распределителем бетонной смеси ДС-503 с бетоноотделочной машиной ДС-504, входящими в состав бетоноукладочного комплекта. На участках вблизи концевых анкеров (на расстоянии 5—8 м до анкера) бетонную смесь не выгружают из бункера распределителя непосредственно на проволоку, а бетоноукладочной машиной надвигают с расчетом образования под проволоками достаточного слоя бетонной смеси. При раскладывании бетонной смеси предусматривают припуск в толщине укладываемой смеси в соответствии с толщиной покрытия. При распределении бетонной смеси тщательно проверяют правильность положения арматуры. Все замеченные отклонения должны быть исправлены до начала укладки бетона. Одним из важнейших условий получения долговечного бетона в предварительно напряженных монолитных покрытиях является своевременный и правильный уход за свежеуложенным бетоном.

Сравнительно большая протяженность плит и их незначительная толщина при суточных колебаниях температуры наружного воздуха приводят к изменениям длины плит. В результате этого, в случае непринятия своевременных мер по регулированию температурных колебаний, в процессе твердения бетона усилия в натянутой проволочной арматуре до ее разрезки в швах расширения существенно изменяются. Это отрицательно сказывается на качестве анкеровки проволок и в конечном счете может привести к проскальзыванию проволок после разрезки их в швах расширения, а следовательно, и к потере предварительного напряжения в бетоне. Кроме того, под влиянием высокой температуры (в летний период) и ветра при большой поверхности бетонной плиты и ее незначительной толщине потеря влаги происходит быстрее, чем в ненапряженных покрытиях в соответствующих климатических условиях.

Процесс увлажнения песка должен продолжаться вплоть до момента разрезки продольной проволочной арматуры в местах швов расширения и на концевых упорах. Кроме влажного песка при уходе за бетоном применяют различные пленкообразующие материалы. Но в практике строительства струнобетонных покрытий эти защитные пленки широкого распространения не получили,

так как не предохраняют бетон от значительных температурных колебаний.

Струны отпускают по достижении бетоном прочности 70% проектной марки. Прочность бетона определяют на основании контрольных образцов бетона, хранившихся в одинаковых условиях с покрытием. Дополнительный контроль осуществляют пробным отпуском двух струн. Разрешается отпускать струны, если проскальзывание их не будет превышать 2,5 мм. Струны в швах расширения разрезают электросварочным аппаратом. После отпуска струн разбирают концевые анкерные устройства. Окна в местах анкерных устройств заделывают бетоном с выполнением покрытия обычного типа.

При отсутствии арматурно-раскладочной машины раскладку проволочной арматуры осуществляют с помощью бульдозера (рис. 109). Для этого бульдозер оборудуют специальной раскладочной траверсой, закрепляемой к одной из боковых сторон бульдозера перпендикулярно оси его движения. При этом раскладка арматуры ведется при движении бульдозера по обочине.

При поперечном обжатии покрытия арматурой, пропущенной через каналы, выполняют следующие технологические операции: а) с помощью лебедки извлекают из тела плиты каналообразователи; б) через каналы протягивают стержневую или пучковую арматуру; для протяжки арматуры используют эту же лебедку; в) с помощью анкерных устройств концы арматуры закрепляют на торцевых гранях плит; окончательно закрепляют арматуру только с одной стороны, с другой стороны осуществляют ее натяжение; г) домкратами двойного действия осуществляют натяжение арматурных пучков или стержней и закрепление их концов в анкерных колодках.

Анкерные колодки можно устанавливать непосредственно на бетон или на металлические распределительные листы либо заделывать в бетон конструкции при ее бетонировании. Во всех случаях анкерные устройства должны быть расположены на торце плит таким образом, чтобы полностью совпадали оси анкера и канала, в котором размещен арматурный элемент. У облицованных каналов трубка должна быть соединена с анкерной обоймой патрубком, причем место стыка должно быть герметично заделано, чтобы не проникло цементное молоко. При установке анкерных обойм или каналообразователей в опалубку их необходимо надежно фиксировать к стенке опалубки.

В зависимости от конструкции арматурного элемента применяют круглые или прямоугольные облицовочные трубки жесткой или гибкой конструкции. Применение гибких трубок из стальной ленты дает возможность удобно транспортировать арматурные элементы с надетыми трубками, свертывая их в бухты относительно небольшого (1,5—2,5 м) диаметра. Это позволяет организовать на заводе заготовку арматурных элементов и трубок. Однако такие витые трубки провисают между опорами, поэтому трудно получить в плите прямолинейный канал, в результате чего повышаются по-

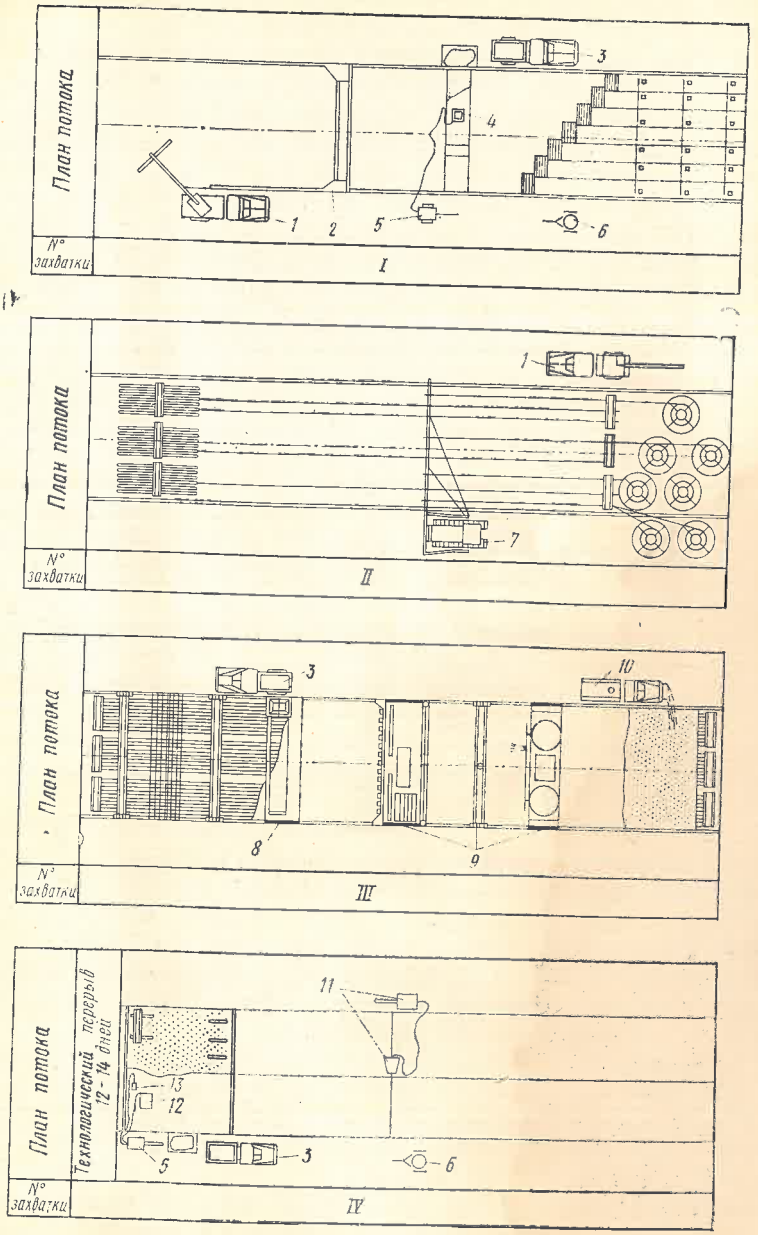


Рис. 109. Технологическая схема устройства струнобетонного покрытия:

1 — кран; *2* — профилировщик; *3* — автосамосвал; *4* — вибратор; *5* — электростанция; *6* — тележка; *7* — раскладчик струн; *8* — бетоноукладчик; *9* — бетоноотделочные машины; *10* — поливо-моечная машина; *11* — агрегат для заливки швов; *12* — виброплощадка; *13* — электросварочный аппарат

тери от трения при натяжении арматурных элементов. Общим недостатком металлических трубок является их относительно высокая стоимость (в особенности витых гибких трубок).

Для того чтобы завести напрягаемый арматурный элемент (стержень или пучок), имеющий большую массу и длину свыше 10 м, прежде всего в канал проталкивают «лидер». Последний представляет собой тщательно выпрямленную проволоку или стержень, на конец которой надет направляющий колпачок, не дающий проволоке упереться в неровности на внутренних бетонных стенках канала. Этой проволокой через канал проталкивают тонкий металлический трос, а затем тросом и лебедкой протягивают арматурный элемент. В случае, если протягиваемый стержень или анкер пучка снабжен на конце нарезкой, на нее предварительно навертывают защитный наконечник, к которому крепят конец троса.

При применении пучков проволок, предназначенных для закрепления в сборном анкере, используют инвентарный наконечник, в котором зажимают концы проволок. Иногда концы проволок временно сваривают между собой и к ним приваривают проушину для крепления троса. При продевании пучков в поперечные каналы применять трос нет необходимости. Пучок без затруднения проходит через прямолинейный канал длиной 7 м. Для закрепления концов арматуры на торцах плиты обычно используют конические клиновые зажимы.

Для натяжения пучков с коническими клиновыми анкерами используют домкраты двойного действия. Эти домкраты снабжены захватами для присоединения к проволокам пучка и дополнительным приспособлениям, которым по окончании натяжения запирают анкер. Это приспособление представляет собой вспомогательный домкрат, вмонтированный в упорную конструкцию основного домкрата.

В процессе натяжения домкрат подвешивают к кронштейну тележки, на которой смонтирована насосная установка. Подвешенный на трос домкрат устанавливают в торце конструкции с коническим клиновым анкером, в который заранее введена и слегка забита пробка. Торчащие из анкера концы проволок пропускают в радиальные направляющие прорези упорной части домкрата. Проволоки попарно заводят в открытые пазы захватного кольца и закрепляют клиньями, которые забивают молотком.

Подавая масло в полость натяжного цилиндра, натягивают пучок, при этом контролируют величину натяжения по манометру и удлинению. По окончании натяжения ударами молотка по клиньям захвата отсоединяют домкрат от проволоки пучка и переставляют его на следующее рабочее место.

Последней операцией по завершению предварительного напряжения покрытия в поперечном направлении является инъецирование раствора в пространство между стенкой канала и арматурой. Инъецирование каналов выполняют нагнетанием в каналы через отверстия цементного раствора, который предназначен для плотного заполнения всех имеющихся в канале и пучке пустот, защиты

арматуры от коррозии и обеспечения надежного сцепления между арматурой и бетоном конструкции. Цементный раствор для инъецирования приготовляют в механических растворосмесителях.

Не менее чем за сутки до инъецирования проверяют проходимость каналов проливкой водой. Раствор в каналы нагнетают через отверстия в анкерном закреплении ручными поршневыми или диафрагмовыми насосами, смонтированными на одной раме с растворосмесителем. Для лучшего сцепления раствора со стенками канала без облицовки за 4—5 ч до подачи раствора стенки канала смачивают водой. В каждый канал раствор нагнетают до тех пор, пока из его противоположного конца не вытечет часть раствора той же консистенции, что и начальная.

Особенностью строительства безарматурно обжатых покрытий является создание предварительного напряжения домкратами, располагаемыми в активных швах.

Технологический процесс устройства безарматурно обжатых покрытий осуществляют в такой последовательности: устройство неподвижных упоров и подшовных плит; бетонирование плиты проезжей части с обязательной непрерывной укладкой бетона в течение смены между активными (силовыми) швами; установка домкратов в активных швах; обжатие плиты, выполняемое в три приема: предварительное обжатие для ликвидации усадочных трещин, рабочее обжатие для получения расчетных напряжений и окончательное обжатие после проявления ползучести бетона.

Последовательность работ при устройстве упоров следующая: геодезические работы по разбивке места расположения упоров и шпор; рытье траншей для шпор глубиной 10 см и шириной 30 см на всю ширину покрытия; раскладка арматурных стержней в шпоры и краевой продольной арматуры; установка опалубки на всю длину упора; бетонирование шпор и плиты упора толщиной 18 см с уплотнением глубинным вибратором и виброрейкой; установка доски шва расширения по окончании бетонирования упора; окончательная отделка бетонного покрытия; уход за бетоном обычными способами; снятие опалубки.

При устройстве подшовных плит выполняют следующие виды работ: разбивку в плане мест устройства подшовных плит; закрепление высотных отметок верха подшовных плит; устройство опалубки, включая заготовку досок, сборку ящика, обивку стенок ящика пергамином и подвоз опалубки к месту работ; рытье траншеи для подшовных плит; заготовку арматурной сетки; бетонирование нижнего слоя плиты с уплотнением глубинным вибратором; укладку арматурной сетки; бетонирование верхнего слоя плиты с уплотнением глубинным и площадочными вибраторами; разборку опалубки; подбивку грунта к подшовным плитам.

После выполнения работ по устройству неподвижных упоров и подшовных плит устанавливают рельс-формы и производят окончательную отделку основания.

Покрытие бетонируют комплектом бетоноукладочных машин. Одним из основных требований при устройстве такого вида покры-

тий является непрерывная укладка бетона между упорами и активными швами. Швов сжатия и расширения в этих покрытиях не устраивают. Около упоров и краев активных швов бетон необходимо дополнительно обработать глубинным вибратором, подключенным к генератору отделочной машины.

Предварительное напряжение покрытия создают гидравлическими домкратами типа ДГ-25 и насосной станцией НСП-400, приводимой в действие от передвижной электростанции. Первое обжатие осуществляют на другой день после укладки покрытия для снятия усадочных трещин. При создании напряжения в активных швах между домкратами устанавливают закладочные детали: швеллеры и металлические плоские прокладки, которые после снятия давления в домкратах удерживают раздвижку шва в заданных размерах. Давление, переданное на плиты, определяют по манометру насосной станции. Для более эффективного использования мощности домкратов и передачи давления на бóльшую часть длины плиты раздвижку шва нужно осуществлять в несколько приемов, чередуя загрузку шва. Это вызвано тем, что для срыва плиты с основания требуется гораздо большее усилие, чем при последующих ее перемещениях по плоскости среза.

По окончании напряжения активные швы закрывают сверху металлическими листами толщиной 5 мм, которые точечной сваркой приваривают к швеллерам, для обеспечения проезда автотранспорта. В городских условиях сплошные металлические листы, закрывающие активные швы, можно заменить водосточными решетками, а в подшовных плитах предусмотреть желоба, что обеспечит отвод воды с проезжей части. При этом домкраты защищают от коррозии гидроизолирующей пленкой или обертывают водонепроницаемым материалом.

Конструкция активного шва позволяет регулировать величину предварительного напряжения в бетоне покрытия, которая в значительной степени зависит от перепада температур воздуха и бетона в различные периоды времени года. Поэтому в городских условиях целесообразно создание автоматических устройств с дистанционным управлением насосных станций, регулирующих в зависимости от изменений температуры окружающей среды величину предварительного напряжения в бетоне покрытия. Такая система шва дает возможность регулировать напряжения в покрытии и в результате перепада температур в течение суток. В вечернее и ночное время, когда температура воздуха падает, в результате сжатия бетона снижается величина его предварительного обжатия, поэтому автоматическое включение в работу насосной станции при изменении температуры восстановит расчетное значение напряжения в покрытии.

Предварительное напряжение безарматурно обжатых покрытий на участках улиц большой протяженности можно осуществить поточным методом. На рис. 110 показана технологическая схема потока по строительству безарматурно обжатого цементно-бетонного покрытия.

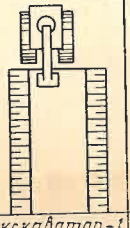
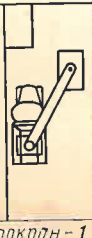
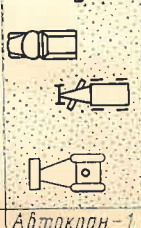
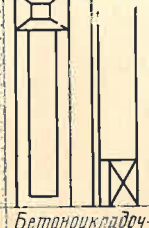
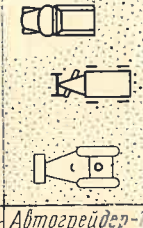
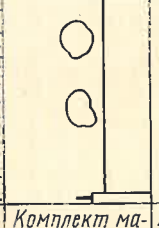
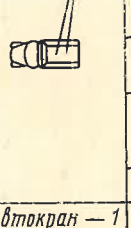
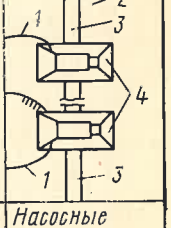
№ захватки	I	II	III	IV	IIIа	IVа	V	VI
Длина захватки, м	600/200	600/200	200	200	600	600	200	600/200
Описание рабочих процессов	Рытье траншей, установка арматурных каркасов, бетонирование упора и подшивных плит с обработкой поверхности бетона пленкообразующим материалом	Планировка и отделка основания около упора, установка сборных ж.б. плит, входящих в его конструкцию	Установка рельс-форм; подвозка материала выравнивающего слоя (черный песок), его планировка и уплотнение	Подвозка бетонной смеси и ее распределение; уплотнение и отделка; розлив пленкообразующих материалов	Подвозка материала выравнивающего слоя (черный щебень, битуминеральная смесь), его планировка и уплотнение	Подвозка бетонной смеси, ее распределение, уплотнение и отделка; розлив пленкообразующих материалов	Снятие рельс-форм	Обжатие бетона усилием гидравлических домкратов; установка закладных деталей, фиксирующих обжатие; повторное обжатие бетона и заделка окон после снятия домкратов
Схема рабочих процессов								
Оснащенность оборудованием бригады	Экскаватор — 1 Бульдозер — 1 Автокран — 1 Автосамосвалы (в зависимости от дальности возки)	Автокран — 1 Панелевоз — 1	Автокран — 1 Каток — 1 Автогрейдер-профилировщик основания — 1 Автосамосвалы	Бетоноукладочная машина — 1 Бетоноотделочная машина — 1 Машина для розлива — 1 Автосамосвалы	Автогрейдер — 1 Катки — 2-3 Асфальтоукладчики — 2	Комплект машин со скользящими формами — 1 Автосамосвалы	Автокран — 1 Бортовой автомобиль — 1	Насосные станции — 2 Домкраты гидравлические — 8-12 Автосамосвал — 1

Рис. 110. Технологическая схема строительства предварительно напряженного покрытия с внешним обжатием:

1 — трубопроводы от насосной станции к домкратам; *2* — смежные плиты покрытия; *3* — место установки закладных деталей (шов между обжимаемыми плитами); *4* — домкраты

§ 45. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛИТ И МОНТАЖ СБОРНЫХ ПОКРЫТИЙ

Основы технологии изготовления бетонных и железобетонных плит для дорожных покрытий. Процесс строительства сборных покрытий разделяется на три этапа: I — изготовление элементов (плит), II — транспортировка их к месту использования, III — монтаж сборных конструкций (сборного покрытия или основания). Увязка этих этапов между собой во времени может осуществляться по нескольким принципиально различным организационным схемам. Изготовление плит в большинстве случаев целесообразно выделять в самостоятельное производство.

В настоящее время сборные железобетонные конструкции изготовляют на высокомеханизированных заводах большой производительности. Такие заводы имеют технико-экономические преимущества по сравнению с мелкими предприятиями, достигаемые за счет более высокого технического уровня и специализации производства. Современный завод железобетонных изделий представляет собой предприятие, в состав которого входят склады заполнителей и цемента, бетоносмесительный цех, основное производство, склад готовой продукции, котельная, компрессорная, ремонтно-механический цех и другие подсобные хозяйства. Размещение цехов, складов и других сооружений зависит от места расположения завода, его производительности и способа доставки сырья и вывоза готовой продукции.

При изготовлении сборных плит для покрытий городских дорог и тротуаров возможны два принципиально отличных способа организации производства — поточный и стендовый.

Поточное изготовление изделий, предусматривающее выполнение всех операций на специализированных постах с ритмичным перемещением формы и изделий, можно организовать по конвейерному или поточно-агрегатному способу. Конвейерный способ характеризуется тем, что изделия и формы перемещаются от поста к посту по принципу пульсирующего конвейера с принудительным ритмом. Изготовляемые изделия перемещаются на поддонах-вагонетках от одного поста конвейера к другому.

Процесс изготовления сборных железобетонных и бетонных изделий конвейерно-поточным методом можно представить в следующей технологической последовательности: установка бортовой оснастки; очистка и смазка поддона и бортовой оснастки; навивка проволочной или установка стержневой арматуры на упоры; укладка и закрепление монтажной арматуры и закладных деталей; укладка в формы-вагонетки бетонной смеси; уплотнение бетонной смеси; контрольный осмотр изделия и передача в камеры пропаривания; тепловлажностная обработка изделий в камерах пропаривания; извлечение из камеры пропаривания и распалубливание изделий; передача готовых изделий на склад, а форм-вагонеток — на конвейер.

При изготовлении бетонных неармированных изделий общая последовательность технологического процесса сохраняется неизменной, но исключаются операции по заготовке и укладке в формы арматуры.

Поточно-агрегатный способ производства характеризуется тем, что форма с изделиями проходит от поста к посту с произвольным интервалом, зависящим от длительности операции на этом посту. После формования конструкции перемещаются в камеры пропаривания ямного типа, разделенные на секции соответственно размерам изготовляемых изделий. После термообработки изделия транспортируются на склад готовой продукции.

При поточно-агрегатном способе изготовления сборных железобетонных и цементно-бетонных плит выполняют следующие операции: очистку формы и оснастки от раствора, смазывание формы, установку в форму арматурных каркасов, подачу формы на вибростол, загружение формы смесью из бетоносмесителя и ее уплотнение, отделку поверхности бетонной плиты, подачу формы в камеру твердения, термовлажностную обработку изделий, извлечение формы из камеры и подачу к месту распалубки, распалубку изделия, осмотр готовой плиты и приемку ОТК, транспортирование плиты на склад готовой продукции.

При *стендовом* способе производства операции по формованию и твердению изделий совершаются на стационарных местах — стендах. Изделия в процессе изготовления и до приобретения необходимой прочности остаются на месте, в то время как технологическое оборудование для выполнения отдельных операций перемещается от одной формы на стенде к другой. Стендовый способ целесообразно применять при производстве сборных плит на полигонах летнего типа.

На современном заводе механизированы все главные технологические операции: выгрузка поступающих на склад материалов, складирование и подача сырья в бетоносмесительный цех, дозирование компонентов и приготовление смеси, доставка бетона в формовочный цех, укладка бетона в формы, уплотнение бетона, транспортирование форм и готовой продукции внутри завода и цеха.

Арматурные цехи оснащены комплектом автоматического и полуавтоматического оборудования и необходимыми приспособлениями для изготовления сварных сеток и каркасов. Подготовка арматуры включает следующие операции: резка арматуры по размерам; правка стержневой или вытяжка проволочной арматуры; гнутье арматурных стержней; сварка арматурных сеток и каркасов.

При изготовлении предварительно напряженных железобетонных дорожных плит можно применить различные способы натяжения арматуры. Широкое распространение при изготовлении предварительно напряженных железобетонных плит получили такие способы натяжения арматуры, как электротермическое натяжение стержневой арматуры, непрерывное натяжение проволочной арматуры с помощью арматурно-навивочных машин, электротермомеханическое натяжение проволочной арматуры.

Электротермический способ натяжения арматуры применяется преимущественно при изготовлении предварительно напряженных железобетонных конструкций, армированных стержнями горячекатаной низколегированной или высокоуглеродистой стали периодического профиля. В отличие от силового натяжения стержневой арматуры, при котором каждый стержень натягивается отдельно, электротермический метод позволяет натягивать все стержни арматуры одновременно и равномерно, что создает равномерное обжатие бетона в напрягаемом элементе.

При использовании в качестве рабочей арматуры высокопрочной проволоки применяют установку для непрерывного армирования, которая наматывает высокопрочную проволоку диаметром до 5 мм на упоры поддонов непрерывной нитью. Проволока в процессе навивки непрерывно подвергается механическому натяжению, составляющему 25—30% проектного натяжения, и одновременно на определенном участке нагревается электрическим током до температуры 250—350° С. После остывания намотанной на упоры поддона проволоки сила ее натяжения возрастает до заданной величины.

Наиболее перспективной конвейерной линией для изготовления крупноразмерных предварительно напряженных железобетонных плит для покрытий дорог можно считать двухъярусные вертикальные конвейеры. Такие конвейеры установлены на ряде заводов железобетонных изделий Москвы. Двухъярусный вертикальный конвейер имеет в верхнем ярусе рабочую линию, а в нижнем — линию возврата. На рабочей линии устанавливают непрерывный тележечный поезд, состоящий из отдельных поддонов-вагонеток. Для линии возврата используют свободное пространство нижнего яруса. На рабочей линии конвейера предусмотрены зоны установки предварительно напрягаемой арматуры и закладных деталей, бетонирования, уплотнения смеси и калибровки поверхности плит, выдерживания плит, распалубки, чистки и смазки форм. Тепловлажностная обработка производится в нижнем ярусе стана.

Изготовление дорожных плит на вертикальном конвейере ведут в следующей технологической последовательности. После распалубки изделий производят чистку и смазку форм-вагонеток. Очищают от налипшего раствора и бетона поддон формы, торцевые и боковые борта, пазы, фиксирующие закладные детали и подъемные петли, упоры, на которые натягивается напрягаемая арматура. Формы очищают механическими щетками и скребками, оборудованными шлангами для сжатого воздуха. Смазку на поверхность формы наносят с помощью удочки-распылителя равномерным слоем не более 1 мм.

Рабочие стержни для предварительного напряжения нагревают на электроконтактном устройстве до температуры не более 300° С. Перед их установкой укладывают нижнюю сетку и фиксируют ее по высоте с помощью специальных пластмассовых прокладок. Затем нагретые стержни закрепляют в упорах формы и устанавливают закладные детали и подъемные скобы. После окончательной

проверки правильности установки бортоснастки, арматуры и закладных деталей форма-вагонетка подается на пост формования.

Приготовленная в бетоносмесительном отделении смесь подается на пост формования ленточным транспортером. Стекая по поворотному желобу, смесь равномерно заполняет непрерывно движущуюся и вибрирующую форму. Скорость передвижения форм 15 м/мин. Излишки бетонной смеси с поверхности плит убираются с помощью поперечных затирочных лыж, расположенных по ходу движения форм под некоторым углом. Окончательная отделка и калибровка верхней поверхности плит производится с помощью быстроходного вала диаметром 240 мм при скорости вращения его 470 об/мин.

Отформованные изделия при $t=30°$ С проходят верхнюю зону выдержки длиной 30 м и с помощью снижателя в соответствии с циклом работы конвейера опускаются в нижнюю зону термообработки длиной 70 м. Пропаривание изделий производят при температуре пара 85° и влажности 100%. Расход пара на 1 м³ изделия 260—300 кг. Из камеры пропаривания изделия попадают на пост распалубки, где снимаются торцевые и боковые борта форм и осуществляется передача предварительного напряжения на бетон плит. Передача напряжения на бетон осуществляется путем перерезания арматурных стержней около упоров форм.

Готовые изделия осматривают работники ОТК завода, маркируют и отправляют на склад готовой продукции.

Разновидностью конвейерного производства является выпуск дорожных плит на прокатных станах. Силовой вибропрокатный стан с рабочим органом в виде вибрационных валков и междувалковых виброплит создает условия для всесторонней вибрации бетонной смеси с последовательно нарастающим давлением.

В Москве на заводе железобетонных изделий № 15 Главмоспромстройматериалов освоен выпуск железобетонных шестигранных дорожных плит ДСШ-3 для постоянных дорог и площадей. Плиты изготовляют из жестких бетонных смесей. Жесткий бетон и его хорошее уплотнение на стане в сочетании с мягким режимом тепловлажностной обработки при температуре 50—60° С в течение 5 ч и суточной выдержки в камере дозревания обусловливают высокие физико-механические свойства плит и их долговечность.

Технологический процесс изготовления плит начинается с очистки, сборки и смазки форм. Арматурный каркас укладывают в конце конвейера возврата форм. Затем форма с арматурным каркасом снимается траверсной тележкой и подается к подъемно-передающему механизму, который устанавливает ее на виброплощадку, где она крепится четырьмя электромагнитами. На форму опускается дозирующий щит, имеющий шестигранное отверстие, через которое бетонная смесь подается ленточным питателем передвижного бетоноукладчика. После предварительного уплотнения бетона на виброплощадке в течение 2 мин шибер разравнивает бетон в уровень с плоскостью дозирующего щита. Далее дозирующий щит поднимается, подъемно-передающий механизм снимает

форму с виброплощадки и устанавливает ее на прокатную тележку. На прокатной тележке форма направляется под вибропрокатные валки стана, которые окончательно уплотняют бетон до требуемой плотности. С прокатной тележки форма автоматически снимается рычажным подъемником и устанавливается на рольганг пропарочной камеры. После набора шести плит открывается входной шибер и стопа подается в камеру тепловлажностной обработки. Всего в камере одновременно устанавливается 8 стоп. Одновременно с подачей в камеру очередной стопы открывается выходной шибер, и первая стопа выходит из камеры. Каждая форма снимается кран-балкой и устанавливается на конвейер возврата в зоне кантователя, который, опрокидывая форму, передает изделие — дорожную шестигранную плиту — на цепной транспортер. Плита направляется к камере дозревания, а форма возвращается на конвейер, который перемещает ее к траверсной тележке, и весь процесс изготовления плит повторяется.

В камеру дозревания, где изделия выдерживают сутки при температуре 20° С и влажности 100 %, плиты доставляют на тележках. Перемещение тележек в камере осуществляется штанговым толкателем. По выходе из камеры изделия снимаются козловым краном и транспортируются на склад готовой продукции. Выпуск сборных железобетонных изделий можно также организовать на полигонах. Основной частью полигона являются открытые, оборудованные соответствующими технологическими и транспортными устройствами площадки или стенды, на которых производят формование и тепловую обработку сборных железобетонных конструкций и деталей.

Крупноразмерные плиты тротуаров изготовляют по той же технологии, что и дорожные плиты. Мелкоразмерные тротуарные плиты изготовляют вибрированием, прессованием, раздельным вибропрессованием, вибросиловым прокатом.

Устройство оснований и монтаж сборных покрытий. В качестве материалов для слоев оснований под сборные покрытия используют песок, гравийно-песчаные материалы, щебень, шлаки, укрепленные грунты и т. д. Требования к прочности, плотности и морозостойкости материалов, уложенных в слои основания под сборные покрытия, идентичны требованиям, предъявляемым к соответствующим слоям монолитных дорожных одежд.

Весьма важным условием для нормальной работы плит под нагрузкой является обеспечение по всей площади основания плотного контакта его с нижней поверхностью плит. От ровности и правильного очертания поверхности выравнивающего слоя зависит ровность и соблюдение поперечных и продольных уклонов на поверхности сборного покрытия. Поэтому на дорогах высших технических категорий и городских улицах для планировки и уплотнения выравнивающих слоев (а также и всего слоя основания, если оно выполняется из песка) применяют профилирующие и уплотняющие машины, перемещающиеся по рельсам. Рельсы устанавливают строго по отметкам, что позволяет получить высокую точность отделки поверхности основания.

Технологический процесс по устройству песчаных оснований или песчаных выравнивающих слоев состоит из следующих операций: вывозки песка, разгрузки его и грубой планировки автогрейдерами или бульдозерами; установки рельсов для перемещения по ним профилировочных машин; окончательной планировки и уплотнения песчаного слоя.

Для профилирования и одновременного уплотнения песчаного слоя можно использовать самоходные профилировочные машины, предназначенные для подготовки основания при устройстве монолитных бетонных покрытий. Снимают рельсы обычно после укладки плит. В процессе укладки их используют как контрольные высотные маяки для проверки положения плит и для дополнительного выравнивания поверхности песчаного слоя.

Наиболее устойчивыми и прочными являются основания из щебня, гравийного материала оптимального состава и грунтов, укрепленных цементом или битумом.

При устройстве искусственных оснований целесообразно применять щебнеукладочные машины. В качестве оснований для сборных покрытий можно использовать суглинистые пылеватые грунты, укрепленные цементом (примерно 10%). Добавки цемента обеспечивают модуль упругости суглинистых грунтов 1500—2500 кгс/см^2 (150—250 МПа), супесчаных 2000—4000 кгс/см^2 (200—400 МПа). Для более полного и равномерного соприкасания плит с такими основаниями непосредственно перед укладкой плит в покрытие устраивают выравнивающий слой. Выравнивающий слой состоит из песка толщиной 3—5 см, черного песка, сухой цементно-песчаной смеси или пластичного раствора толщиной 2—3 см. Сухую цементно-песчаную смесь, черный песок или пластичный раствор приготовляют на базах в установках. Предварительно его разравнивают автогрейдером, при помощи ножа профилировщика основания или металлическим шаблоном.

Выравнивающий слой можно устраивать также из цементно-песчаного раствора, которым покрывают основание непосредственно перед укладкой плит или инъецируют (через специальные отверстия в плитах) под плиты после их укладки. Выравнивающий слой из раствора существенно улучшает условия работы плит, обеспечивая плотный контакт их с основанием по всей нижней поверхности. Затвердевший раствор увеличивает общую толщину и прочность слоя основания. В то же время применение раствора усложняет технологию производства работ по устройству сборных покрытий и удорожает ее. Движение по покрытию нельзя открывать до набора раствором расчетной прочности. Разборка сборного покрытия, уложенного на цементно-песчаный раствор, затруднена.

Укладка плит на основание — ответственный этап монтажных работ на строительстве сборных покрытий. От качества укладки в значительной степени зависят качественные показатели готового сборного покрытия, в первую очередь его ровность и долговечность. Плиты, имеющие проектную прочность и хорошую геометрическую форму (точные проектные размеры), при небрежной укладке обра-

зуют сборное покрытие с неудовлетворительной ровностью, что приводит к преждевременному разрушению.

К технологии производства работ по укладке плит предъявляют следующие основные требования: в результате укладки должна быть получена поверхность покрытия с заданными поперечными уклонами и требуемой ровностью в продольном направлении; каждая плита сборного покрытия должна плотно опираться по всей своей нижней поверхности на основание, в процессе укладки должно быть обеспечено правильное положение стыковых устройств смежных плит и проектная ширина швов между ними.

Плиты с заводов-изготовителей или полигонов к месту укладки доставляют автомобилями-полуприцепами и большегрузными трайлерами (крупноразмерные предварительно напряженные плиты). Монтаж покрытия осуществляют стреловыми кранами соответствующей грузоподъемности. Наряду с автомобильными кранами для монтажа сборных покрытий применяют самоходные полноповоротные краны на пневматических шинах, обладающие большой маневренностью и достаточной грузоподъемностью. Техническая характеристика автомобильных кранов приведена в табл. 75.

Таблица 75

Тип крана	Максимальная грузоподъемность, т	Вылет стрелы, м	Высота подъема крана, м	Скорость движения крана, км/ч	Масса крана, кг
КС-1571	4	3,3—9,35	17	80	7 300
КС-1562А	5	3,2—6	10	75	7 600
КС-2571	6,3	3,3—9,8	13	85	9 500
КС-3571	10	4—13,2	14	75	15 500
КС-4571	16	3,8—20,3	22	70	24 700

Диапазоны вылета стрелы и грузоподъемность кранов позволяют укладывать плиты при ширине проезжей части 7,5 м с одной стоянки сразу на всю ширину. Для подъема плит у крана имеются траверсы с монтажными тросами или цепями со стальными крюками. При монтаже покрытий краны устанавливают на уложенной части покрытия и укладку плит ведут «от себя». Целесообразнее всего плиты укладывать непосредственно с колес. В этом случае автомобили подают плиты к месту их укладки по заранее разработанному и согласованному с заводом-поставщиком часовому графику. Отпадает необходимость в промежуточном складировании плит, а следовательно, и во временных подъездных путях, так как при монтаже «с колес» новые плиты можно подвозить по уже уложенным плитам.

Плиты в покрытие укладывают в такой последовательности. Плиту краном снимают с автомобиля и наводят на место укладки. Затем опускают ее вниз с таким расчетом, чтобы подошва плиты

оказалась на 3—5 см ниже поверхности уже уложенных смежных плит. Движением стрелы уменьшают до минимума зазор в поперечном шве между укладываемой и уложенной плитами. Наконец, плиту опускают на основание или выравнивающий слой с таким расчетом, чтобы она коснулась основания или выравнивающего слоя одновременно всей подошвой. Какие-либо перекосы плиты при этом недопустимы. Плита считается уложенной правильно, если продольные и поперечные швы совпадают, ширина швов между смежными плитами не превышает 20 мм, а уступ между плитами не более 5 мм. При нарушении этих требований плиту следует поднять в горизонтальное положение и после устранения причин, нарушающих ровность покрытия, уложить снова.

Для повышения качества укладки краны оснащают специальными захватными устройствами, с помощью которых обеспечивают горизонтальное положение плиты в момент опускания ее на основание. Для получения полного контакта нижней поверхности плит с основаниями производят их вибропосадку с помощью вибропосадочных машин АМ-66. Для осадки плит на песчаном основании вибропосадочную машину устанавливают поочередно на каждую плиту. Продолжительность вибрирования принимают в пределах 30—50 с, при которой достигается полный контакт подошвы плиты с основанием (выравнивающим слоем). Площадь контакта в необходимых случаях определяют визуально по отпечатку плиты после ее подъема. После окончания вибропосадки возвышение кромок плит не должно быть более 3 мм. Для окончательного выравнивания покрытия на песчаном основании и устранения неровностей между плитами необходимо произвести дополнительное вибрирование плит при установке вибропосадочной машины на продольные и поперечные швы.

После укладки определенного участка плит следует немедленно заделать стыки и швы. Способ заделки зависит от конструкций плит и стыковых соединений. При монтаже сборных покрытий из плит со стыковыми скобами сварку производят после вибропосадки плит и выравнивания покрытия. Предварительно «окна» стыковых соединений очищают стальными скребками и щетками со стальным ворсом от пыли, грязи и песка, а затем продувают сжатым воздухом. Стыковые скобы смежных плит соединяют электросваркой.

При монтаже сборных дорожных покрытий из шестиугольных плит, не имеющих между собой связей, швы заделывают после вибропосадки плит, выполняемой любой вибрационной машиной.

Швы заполняют на 2—3 высоты цементным раствором М400, затем верхнюю часть шва очищают сжатым воздухом, края плит промазывают битумной мастикой или шов заполняют мастикой «изол». Швы расширения заполняют мастикой изол на полную высоту.

На рис. 111 показаны технологические схемы устройства сборного покрытия из железобетонных плит.

В процессе строительства систематически контролируют качество материалов, применяемых для устройства искусственных ос-

нований и выравнивающих слоев, качество уплотнения и окончательной отделки корыта, устройства основания и выравнивающего слоя, степень контактирования плит с основанием (выравнивающим слоем), прямолинейность продольных и поперечных швов, ровность поверхности готового покрытия, качество электросварки стыковых скоб и заделки швов мастикой.

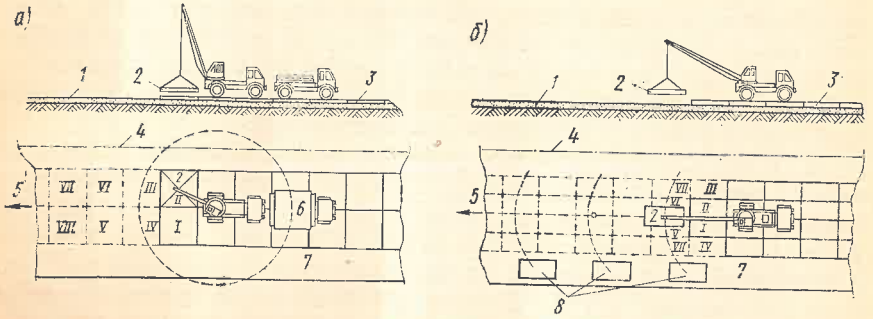


Рис. 111. Технологическая схема строительства сборного покрытия:

а — монтаж плит размером 350×350×16 см «с колес»; *б* — монтаж плит размером 175×350×20 см из штабелей; *1* — основание; *2* — укладка плиты; *3* — плиты, уложенные в покрытие; *4* — ось разделительной полосы; *5* — ось движения автокрана; *6* — подвозка плит автомобилями-платформами; *7* — обочина; *8* — штабеля плит; *I—VIII* — последовательность укладки плит

Соответствие отметок и уклонов поверхности основания (выравнивающего слоя) проектным отметкам контролируют нивелиром. Отклонение отметок поверхности основания от проектных не должно превышать ±2 см (на поперечниках через 40 м). Отклонение уклонов основания от проектных не должно превышать ±0,002. Ровность поверхности основания проверяют трехметровой рейкой. Зазоры между поверхностью основания и рейкой не должны превышать 5 мм. Ровность готового сборного покрытия проверяют пятиметровой рейкой. Просвет между рейкой и покрытием не должен превышать 3 мм.

§ 46. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ ОБЛЕГЧЕННОГО ТИПА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Методами строительства усовершенствованных покрытий облегченного типа с применением органических вяжущих материалов являются: поверхностная обработка — розлив вяжущих в один или несколько приемов на уплотненные покрытия с последующей россыпью мелкого минерального материала и уплотнением; пропитка — розлив вяжущего на предварительно подкатанный щебень с последующей россыпью клинца и каменной мелочи; смешение с жидким вяжущим с последующим разравниванием и уплотнением; смешение в установке предварительно подогретых минераль-

ных и органических материалов с последующим разравниванием смеси на дороге и ее уплотнение.

Независимо от методов строительства такие покрытия должны обладать следующими основными качествами: отсутствием выкрашивания и растрескивания, ровностью, шероховатостью, стойкостью к воздействию погодных факторов, достаточной плотностью или определенной пористостью, если это требуется из условия постоянной устойчивости основания или подстилающего грунта.

Основные требования, предъявляемые к органическим вяжущим материалам, сводятся к тому, что они должны обладать хорошим сцеплением с минеральными материалами, сопротивляться воздействию температуры и воды, сохранять свои свойства на протяжении многих лет, обеспечивать достаточную устойчивость обработанного минерального материала в жаркую погоду и снижение хрупкости в холодную погоду.

Для повышения сцепления битума или дегтя с минеральными материалами часто вводят добавки. В качестве добавок применяют известь или цемент для минеральных материалов и поверхностно-активные органические или кремнийорганические соединения для органических веществ. Практический опыт показал, что при горячей укладке целесообразно использовать вязкие битумы или дегти с учетом ограниченного применения дегтей в населенных местах. В смесях, укладываемых в холодном состоянии, можно применять только жидкие битумы или дегти соответствующей вязкости. При поверхностной обработке, а также пропитке мягких каменных материалов целесообразно предварительно обработать их поверхность более жидким материалом, а затем использовать вязкий битум.

В условиях холодного и влажного климата предпочтение следует отдавать вязким битумам, эмульсиям и жидким битумам, густеющим быстро или со средней скоростью. Хорошим сцеплением с вяжущими обладают известняки, шлаки, асбест, плохим — кремень, кварцевые пески, суглинки, супеси. Промежуточное место занимает гранит.

Выбор минеральных материалов должен зависеть от типа покрытия, интенсивности и характера движения городского транспорта, петрографического состава и механической прочности материала. Форма щебня для лучшего уплотнения должна приближаться к кубической, кроме того, щебень должен быть чистым для лучшего обволакивания его вяжущим материалом.

Для покрытий, обработанных органическими вяжущими, применяют главным образом дробленый щебень, в меньшей степени гравий, а также каменную муку. Для получения щебня можно применять горные породы, которые находят ограниченное применение для приготовления асфальтобетонных смесей, а именно — песчаники, кварциты, известняки.

Строительство покрытий облегченного типа с применением органических вяжущих материалов производят, главным образом, в летний период года и заканчивают до начала регулярного спада

температуры ниже 10° С, когда до дождливого периода остается не менее 10—20 дней, необходимых для формирования покрытия.

Поверхностная обработка усовершенствованных покрытий устраивается слоями толщиной 1—2,5 см, а неусовершенствованных покрытий — 2,5—4 см. Способом поверхностной обработки устраивают также тонкие (0,5—1 см) слои для кратковременной защиты покрытий от внешних воздействий, в частности недостаточно уплотненных асфальтобетонных покрытий, построенных в осенний период года. Работы по поверхностной обработке покрытий следует проводить только в сухую теплую погоду.

В зависимости от количества розливов вяжущего различают одиночную, двойную и тройную поверхностные обработки. Поверхностную обработку выполняют в такой последовательности: очистка основания от пыли и грязи при помощи механических щеток; розлив вяжущего автогудронатором; распределение минерального материала автомобилями-самосвалами с навесными распределителями; уплотнение самоходными катками на пневматических шинах; регулирование движения, а также уход за поверхностной обработкой в течение двух недель. Норма расхода вяжущего при предварительном розливе составляет 0,5—0,8 л/м², а после того, как вяжущее впитывается в покрытие, проводят основной розлив до 2 л/м² для создания на покрытии пленки вяжущего, достаточной для сцепления частиц минерального материала с поверхностью покрытия и между собой.

В качестве минеральных материалов для засыпки вяжущего и создания защитного слоя применяют щебень, полученный в результате дробления камня и прочных пород. В табл. 76 приведены ориентировочные нормы расхода органических вяжущих и минеральных материалов при поверхностной обработке покрытий.

Распределенный каменный материал уплотняют 3—5 проходами катка массой до 12 т по одному следу. Окончательно уплотняется защитный слой в процессе его эксплуатации под движением городского транспорта. Движение по покрытию открывают через 6—8 ч после окончания всех работ. В начальный период эксплуатации покрытия (до двух недель) организуют уход за ним, чтобы не допустить разрушения неокрепшего свежеуложенного слоя и обеспе-

Таблица 76

Вид поверхностной обработки	Толщина слоя обработки, см	Расход органических вяжущих, л/м²	Рекомендуемые фракции минерального материала, мм	Расход минерального материала, м³/100 м²
Одиночная	1,0	1,0—1,2	10—15	1,35—1,55
	2,0	1,8—2,0	10—20	2,6—3,0
Двойная	2,0	2,1—2,4	10—20; 5—10	2,8—3,1
	2,5	3,0—3,4	10—20; 5—10	3,75—4,5
	3,0	3,5—4,0	10—20; 5—10	4,5—5,0
Тройная	4,0	4,4—5,1	10—20; 5—10	5,9—6,6

чить его равномерное формирование по всей ширине проезжей части улицы.

Поверхностную обработку усовершенствованных покрытий можно осуществлять также путем укладки тонких до 2 см слоев из холодных, теплых или горячих асфальтобетонных смесей.

На рис. 112 представлена схема устройства одиночной поверхностной обработки.

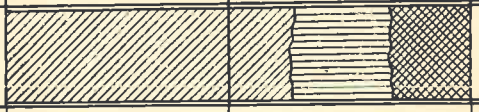
№ захватки	I	II	III
Длина захватки, м	300–500	300–500	—
План			
Наименование процессов	Очистка основания от пыли и грязи	Розлив вяжущего, распределения минерального материала, уплотнение	Регулирование движения переносными щитками, уход за поверхностной обработкой в течение 14 дней
Применяемые машины	Поливо-моечные машины	Автогудронатор, автомобиль-самосвал с навесным распределителем; каток на пневмошинах	—

Рис. 112. Схема устройства одиночной поверхностной обработки

Способом пропитки покрытия и основания строят в сухое время года при температуре воздуха не ниже 10° С. Пропитанный слой устраивают из уплотненного сортированного щебня, в котором часть пор заполнена органическим вяжущим материалом. Прочность и монолитность пропитанного слоя обеспечивается заклинкой частиц минерального материала и их сцеплением за счет вяжущих свойств битума. Вяжущие материалы заполняют поры внутри щебеночного слоя после розлива их на поверхность покрытия или основания. Для устройства покрытия способом пропитки применяют щебень, полученный дроблением горных пород. Различают два вида пропитки: глубокую, или нормальную, при толщине пропитываемого слоя 6,5—8 см и облегченную, или полупропитку, при толщине пропитываемого слоя 4—6 см.

Технологический процесс устройства щебеночных покрытий способом пропитки производят в такой последовательности: очистка основания от пыли и грязи; вывозка, разгрузка, разравнивание и уплотнение щебня для устройства основного слоя; первый розлив вяжущего; вторая россыпь щебня (мелкого) и его уплотнение; вто-

рой розлив вяжущего; третья россыпь щебня (клинец) и его уплотнение; третий розлив вяжущего; четвертая россыпь щебня (каменная мелочь) и его уплотнение; уход за построенным покрытием и дополнительная поверхностная обработка. При работах используют автомобили-самосвалы, автогудронаторы, щебнеукладчики и катки на пневматических шинах. Длину обрабатываемого участка назначают из расчета завершения всех работ в течение одного дня.

В табл. 77 приведены примерные нормы расхода материалов для устройства покрытий способом пропитки.

Таблица 77

Последовательность работ	Примерные нормы расхода материалов	
	при глубокой пропитке и использовании четырех фракций щебня	при облегченной пропитке и использовании трех фракций щебня
Россыпь щебня фракций 40—70 мм, м³/100 м²	5,0—6,0	—
Розлив вяжущего, л/м²	3,0—4,0	—
Россыпь щебня фракций 20—40 мм, м³/100 м²	3,0—4,0	3,0—4,5
Розлив вяжущего, л/м²	2,5—3,0	3,0—4,0
Россыпь щебня фракций 10—20 мм, м³/100 м²	1,0—1,1	2,0—3,0
Розлив вяжущего, л/м²	2,0—2,5	2,0—2,5
Россыпь щебня фракций 3—10 мм, м³/100 м²	0,9—1,1	0,9—1,1

Примечание. Колебание норм расхода материалов определяется изменением толщин пропитываемого слоя. Большие нормы соответствуют большей толщине слоя.

Все операции по распределению щебня и его уплотнению должны быть выполнены до остывания розлитого вяжущего. Укладку щебня фракций 40—70 и 20—40 мм производят самоходными распределителями. Размер щебня должен составлять не более 0,85—0,95 толщины слоя покрытия. Первый слой щебня уплотняется 2—5 проходами легких катков (5—6 т) по одному следу, затем 4—5 проходами тяжелых катков (до 15 т) с перекрытием смежных полос на 25—30 см. Второй слой щебня уплотняют 6—7 проходами тяжелого катка, если применен щебень прочных пород, менее прочный щебень уплотняют сначала легкими, потом тяжелыми катками. Третий слой уплотняется 5—6 проходами легкого катка, а каменную мелочь уплотняют 3—4 проходами. Более быстрое уплотнение щебня достигается катками на пневматических шинах.

В процессе уплотнения тщательно проверяют правильность поперечного профиля и ровность покрытия в продольном и поперечном направлениях. Максимальный просвет под 3-метровой рейкой

не должен быть более 7 мм для покрытия и 10 мм для основания. Особое внимание должно быть уделено точному расходованию (согласно норм) битума. Следует избегать избытка битума, особенно на стыках смежных полос.

Движение на покрытиях, устроенных способом пропитки, можно открывать на другой день после окончания всех работ, после чего необходимо на период формирования слоя организовать уход за ним на протяжении двух недель. Уход включает следующие операции: регулирование движения автомобилей по ширине проезжей части для обеспечения формирования и уплотнения покрытия; дополнительную подкатку, присыпку каменной мелочи на местах, где выступает органическое вяжущее.

Технологический процесс устройства покрытия способом смешения на дороге состоит из следующих операций: транспортирования органических материалов; приготовления смеси; устройства покрытия из готовой смеси; ухода за покрытием в начальный период эксплуатации.

Смешение щебеночного материала с вяжущим производят на месте его укладки с помощью автогрейдера. Битум вводят в смесь с помощью гудронатора. Более совершенным является метод смешения щебня с помощью грунтосмесительной машины ДС-16Б (Д-391Б). Грунтосмеситель является самоходной однопроходной многороторной машиной на пневмоколесном ходу, выполняющей за один проход предварительное рыхление щебеночного материала, дозировку и введение в материал вяжущего, перемешивание щебня с вяжущим, разравнивание и предварительное уплотнение щебня. Окончательное уплотнение щебня производят самоходными пневмоколесными катками, входящими в механизированный отряд по устройству щебеночных покрытий способом смешения на дороге. Следует отметить, что способ смешения каменных материалов с вяжущими непосредственно на дороге в городских условиях почти не применяется. При строительстве усовершенствованных покрытий облегченного типа на городских улицах наибольшее распространение получил способ смешения предварительно нагретых материалов в установке с последующей доставкой, распределением и уплотнением смеси на дороге. Технология смешения материалов и укладки их на дороге аналогична технологии, выполняемой при строительстве черных щебеночных оснований (см. § 35).

§ 47. СТРОИТЕЛЬСТВО УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ МОСТОВЫХ

Усовершенствованные мостовые на городских улицах и площадях устраивают из камней твердых пород прямоугольного (брусчатка) и квадратного (шашка) очертания в плане с обработанной лицевой (ездовой) поверхностью.

Первоначальные затраты на устройство мостовых из штучного камня велики по сравнению с затратами на устройство других типов дорожных покрытий, эксплуатационные же расходы незначи-

тельны. Применение мостовых из обработанного камня оправдано лишь при самом тяжелом движении транспорта.

Для изготовления брусчатки и шашки применяют такие твердые породы камня, как диабаз, мелкозернистый гранит, габбро, базальт, кварцит, диорит. Камень для брусчатки и шашки должен удовлетворять следующим требованиям: временное сопротивление сжатию должно быть не менее 1000 кгс/см^2 (100 МПа); водопоглощаемость не более 1%; сопротивление удару при испытании на лабораторном копре — не менее 12 ударов; износ в полочном барабане — не более 3%. Боковые грани обработанного камня должны на 5 мм суживаться книзу, это позволяет при мощении обеспечить минимальные размеры швов на поверхности мостовой с незначительным уменьшением площади постели. Боковые кромки лицевой поверхности должны быть обработаны так, чтобы зазор при прикладывании двух брусков не превышал 10 мм, а зазор между кромками — 15 мм. Размеры брусчатки (в мм) приведены в табл. 78, а каменной шашки — в табл. 79.

Таблица 78

Вид брусчатки	Высота	Длина	Ширина
Низкая	90—100	150—300	120—150
Средняя	110—130		
Высокая	140—160		

Таблица 79

Вид шашки	Высота	Длина стороны
Низкая	80—90	70—100
Высокая	90—100	90—100

Брусчатые мостовые из высокой брусчатки устраивают на песчаном основании, из низкой — на бетонном (рис. 113). Среднюю брусчатку применяют для замощения в путях трамвая на шпально-песчаном основании. В проезжей части среднюю брусчатку применяют редко. В этом случае в качестве основания используют цементно-бетонное или щебеночное основание.

Срок службы до капитального ремонта брусчатой мостовой на прочном бетонном основании определяется десятками лет, если в процессе ее эксплуатации не производили разрытий для прокладки подземных сетей, которые значительно сокращают межремонтные сроки.

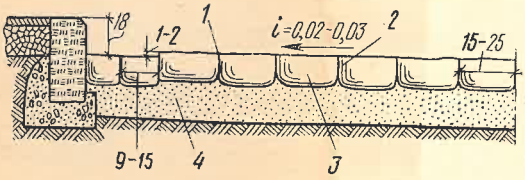


Рис. 113. Конструкция брусчатой мостовой:

1 — шов до 1 см; *2* — битумный состав глубиной 6—8 см; *3* — брусчатка (14—16 см); *4* — песок (5—25 см)

Брусчатые мостовые на песчаном основании целесообразно применять на тех улицах, где не все коммуникации проложены и по мере застройки улицы предстоит разрытие проезжей части, связанное с прокладкой новых подземных сетей, а также где по характеру

и размеру движения требуется устройство усовершенствованных дорожных покрытий. Брусчатую мостовую мостят рядами, перпендикулярными оси проезжей части. Мощение косыми рядами применяют на пересечениях улиц и на площадях. Поперечный уклон брусчатых мостовых принимается 20—30‰ в зависимости от величины продольного уклона.

При устройстве брусчатой мостовой из высокой брусчатки толщина песчаного основания определяется по расчету в зависимости от гидрогеологических, грунтовых, климатических условий, от размера и характера движения. После устройства песчаного основания и вертикальной разбивки поверхности мостовой приступают к мощению, которое начинают с лотков, для чего предварительно по нивелиру фиксируют точки переломов уклона лотков. Особенно тщательно производят разбивку лотков на улицах с небольшими продольными уклонами для обеспечения отвода поверхностного стока к водоприемным решеткам. Вдоль ранее установленного борта укладывают 2—3 лотковых продольных ряда брусчатки на 1—2 см ниже поверхности прилегающих поперечных рядов мостовой.

Одновременно с устройством лотков укладывают 3—4 продольных ряда брусчатки вдоль путей трамвая и подгоняют брусчатку вокруг крышек колодцев подземных сетей. При устройстве мостовой из брусчатки люки колодцев желательно применять квадратной формы, что облегчает сопряжение их с мостовой. Продольные ряды вдоль путей трамвая должны укладывать с соблюдением запроектированного поперечного уклона от головки рельса в сторону лотка.

После выполнения предварительных работ укладку поперечных рядов брусчатки ведут между крайними лотковыми рядами по всей ширине проезжей части; при наличии же путей трамвая — между лотком и крайним продольным рядом, уложенным вдоль рельса. Поперечные ряды брусчатки укладывают с перевязкой швов не менее чем на $^1/_3$ длины бруска.

Проверку параллельности укладки рядов брусчатки, соблюдения поперечного профиля, ровности поверхности мостовой, перевязки швов производят до осадки камней. Осадку брусков производят ручными или механическими трамбовками квадратного сечения. Трамбуют каждый камень, благодаря чему достигается наибольшая их осадка. Чрезмерно просевшие бруски вынимают, под них подсыпают песок, затем снова укладывают и трамбуют. Последующая укатка способствует выравниванию поверхности мостовой и окончательной ее осадке.

После укатки мостовой заполняют швы между брусками. Для этой цели применяют песчано-цементную смесь или цементный раствор, чистый битум или битум в смеси с минеральным порошком. При устройстве брусчатых мостовых на песчаном основании заполнять швы целесообразнее битумом или лучше битумными мастиками. Эластичность этого материала допускает небольшую осадку под движением соседних камней, неизбежную при песчаном основании.

При устройстве брусчатых мостовых на бетонном основании заполнение швов целесообразнее производить цементным раствором. В этом случае лицевые ребра камня лучше предохраняются от износа. При заливке швов брусчатой мостовой битумом следует применять битум марки БНД-40/60 с добавкой к нему 30—40% по массе минерального порошка. Такая смесь обеспечивает надлежащее сцепление с камнем и при жаркой погоде не вытекает из швов и хорошо заполняет их.

Перед розливом битумной смеси швы в мостовой продувают воздухом из компрессора или промывают водой. Битумную смесь нагревают до температуры 175—180° С и разливают из конусных леек. Расход материала для заполнения швов зависит от ширины швов, т. е. от качества подгонки и обработки брусчатки, от ее высоты и колеблется от 5 до 10 кг на 100 м² поверхности. Движение по брусчатой мостовой может быть открыто по окончании заливки швов битумной смесью.

Укладка брусчатки на бетонном и щебеночном основании несколько отличается от мощения на песчаном основании. Лотковые ряды брусчатки вдоль борта укладывают по бетонному основанию на растворе. Это придает им устойчивое положение и исключает просадку лотка. В случае устройства щебеночного основания бетонная подготовка под борт уширяется в сторону проезжей части на ширину лотка, что позволяет продольные ряды брусчатки уложить также на бетонное основание. Устройство лотка на бетонном основании особенно важно при минимальных продольных уклонах, где даже при небольшой просадке брусчаток вода будет задерживаться. При продольных уклонах свыше 50‰ возможны вынос песчаной прослойки (при стоке воды) и расстройство мощения в лотке, поэтому устройство лотка из брусчатки по бетонному основанию на растворе оправдано и при больших продольных уклонах.

Перед мощением основных рядов брусчатки по бетонному или щебеночному основанию укладывают цементно-песчаную (соотношение цемента и песка 1 : 5) прослойку толщиной 3 см, позволяющую получить ровную поверхность мостовой при различной высоте брусчатки и уменьшить жесткость покрытия. При замощении площадей выставляют маяки по нивелиру. После проверки правильности укладки брусчатки производят ее трамбование и укатку легкими катками. Затем промывают швы и заливают их цементным раствором состава 1 : 1 или 1 : 2. Раствор разливают по поверхности мостовой и, перемещая его резиновыми движками, заполняют швы. Движение по брусчатой мостовой открывается после затвердения цементного раствора в швах.

Из каменной шашки устраивают мозаиковые мостовые на жестком бетонном основании. Они имеют те же положительные качества, что и брусчатые мостовые на бетонном и щебеночном основаниях. При этом их стоимость ниже стоимости брусчатых. Наиболее распространен способ мощения мозаиковой шашкой по пологим сегментным круговым дугам с соблюдением перевязки швов соседних рядов. На улицах с уклоном менее 10‰ дуги располагают

выпуклостью по движению, а при больших продольных уклонах — в сторону подъема.

Укладывают мозаиковую шашку по шаблону, изготовленному в соответствии с размерами и количеством дуг, умещающихся по ширине проезжей части. Укладку начинают с шашек наименьших размеров в пятах с обеих сторон дуги. Затем кладут шашки с постепенно увеличивающимися размерами. Шашку с наибольшим допускаемым размером укладывают в ключе дуги. Камни в следующих дугах укладывают так, чтобы они перекрывали швы в предыдущих. Лотковые ряды мостят брусчаткой так же, как при устройстве брусчатой мостовой. После окончания мощения проверяют правильность устройства дорожного покрытия, осуществляют трамбование, укатку и заливку швов. Эти работы ведут так же, как и при укладке брусчатых мостовых на бетонном основании.

В процессе эксплуатации мозаиковых и брусчатых мостовых шероховатость лицевой поверхности камней под воздействием движения автомобильного транспорта снижается. Пневматические шины автомобилей шлифуют камни, благодаря чему брусчатая и мозаиковая мостовые становятся скользкими. Для восстановления шероховатости периодически производят насечку их поверхности.

§ 48. СТРОИТЕЛЬСТВО ТРОТУАРОВ И ПЕШЕХОДНЫХ ДОРОЖЕК

В качестве покрытий тротуаров и садово-парковых дорожек в городах чаще всего используют асфальтовый бетон. Асфальтобетонные покрытия на тротуарах и пешеходных дорожках устраивают на различных основаниях: из кирпичного и известнякового щебня; металлургического шлака; грунта, обработанного цементом; из обычного цементобетона и тощего бетона.

В табл. 80 приведены различные типы оснований для тротуаров с покрытиями из песчаного (толщиной 3—5 см) и литого (толщиной 2,5—3 см) асфальтобетона и их толщина.

Таблица 80

Основание			Песчаный слой
материал основания	толщина, см		
	для улиц и проездов местного значения	для магистральных	
Цементобетон М200	8	10	Толщина слоя принимается в зависимости от подстилающих грунтов по табл. 81
Известняковый щебень	10	12	
Кирпичный щебень	13	16	
Металлургический шлак	11	14	
Грунт, обработанный цементом	10	12	
Тощий бетон М100	10	12	

Толщину песчаного подстилающего слоя для тротуаров с асфальтобетонным покрытием принимают в зависимости от группы подстилающих грунтов в соответствии с табл. 81.

Таблица 81

Группа грунтов	Толщина песчаного слоя, см
А — супеси легкие и оптимальные смеси	Не устраивают
Б — пески пылеватые, супеси тяжелые	10—15
В — легкие и тяжелые суглинки, глины	10—20
Г — супеси пылеватые и тяжелые пылеватые; суглинки легкие пылеватые и тяжелые пылеватые	20—30

Примечание. Большие значения толщины песчаного слоя принимают на тротуарах и дорожках, на которые возможен заезд тротуароуборочных машин.

Технологический процесс устройства тротуаров и пешеходных дорожек включает следующие операции: планировку и укатку земляного полотна; завозку песка для устройства подстилающего слоя; распределение и уплотнение песка; завозку материалов для устройства основания; распределение материалов основания; уплотнение основания; завозку и укладку асфальтобетонной смеси в верхнем слое покрытия.

Планировку земляного полотна на тротуарах производят обычно автогрейдерами челночными проходами. Укатывают земляное полотно моторными катками с гладкими вальцами массой 6 т. В процессе планировки и укатки проверяют ровность земляного полотна с помощью деревянных реек, а необходимые уклоны — с помощью геодезических инструментов.

Песок и другие материалы завозят на готовое земляное полотно автомобилями-самосвалами. Песок и другие сыпучие материалы распределяют обычно также автогрейдерами, а в стесненных условиях иногда и вручную. Уплотняют песчаный подстилающий слой и основания из щебня, шлака и других сыпучих материалов легкими моторными катками с гладкими вальцами.

Цементно-бетонные основания на тротуарах и дорожках устраивают с применением малой техники. Разравнивают бетонную смесь специальным оборудованием, смонтированным на стреле трактора «Беларусь». Уплотняют бетонное основание специальными виброрейками или площадочными вибраторами. Уход за бетоном осуществляют по общим правилам ведения бетонных работ.

Укладку асфальтобетонного покрытия производят на широких тротуарах при помощи асфальтоукладчика ДС-1 (Д-150Б) или укладчика облегченного типа Д-464, а уплотнение выполняют катками массой 1,5—6 т. На узких тротуарах и дорожках, а также в стесненных условиях асфальтобетонное покрытие (преимущественно из литых смесей) устраивают с раскладкой смеси вручную и укаткой ее ручными катками.

Для покрытий тротуаров и пешеходных дорожек применяют также цветной пластбетон, который приготавливают в смесительных установках на асфальтобетонных заводах. Он состоит из щебня,

песка, минерального порошка, пигмента и вяжущего. Требования к качеству песка, щебня и минерального порошка такие же, как и для асфальтобетонных смесей. Пигменты применяют железоокисные, обладающие достаточной свето-, атмосферо- и термостойкостью. В качестве вяжущего используют кумароно-инденовые смолы с температурой размягчения 80—90° С. В табл. 82 приведен примерный состав цветного пластбетона.

Таблица 82

Материалы	Песок $M_{кр}=2,5$	Минеральный известняковый порошок	Вяжущее	Пигмент
Состав смеси, % по массе	69	22	7,5	1,5

Покрытие из цветного пластбетона устраивают толщиной 3 см на различных основаниях при помощи асфальтоукладчика ДС-1. Длина полосы укладки при устройстве покрытия из холодного пластбетона не ограничивается. Уплотнение смеси производят двумя моторными катками массой до 6 т каждый. При наличии продольных полос сопряжений укатку начинают по линии сопряжения таким образом, чтобы также укатывалась свежеуложенная полоса на ширину 15—20 см. Для уплотнения слоя из пластбетона число проходов катка по одному следу должно быть 20—25. Ровность покрытия проверяют трехметровой рейкой, просвет под которой не должен превышать 3 мм. В Москве тротуары из цветного пластбетона синего цвета построены у хореографического училища на 2-й Фрунзенской улице, красного — у памятника Карлу Марксу, в скверах на площади Свердлова и др.

Для устройства покрытий тротуаров и пешеходных дорожек может быть использован монолитный цементобетон, который незаменим при устройстве криволинейных площадок и дорожек свободного очертания, получивших широкое распространение за рубежом в садово-парковой архитектуре последних лет. Такие покрытия устраивают из бетона не ниже М300. Бетонную смесь приготовляют на цементно-бетонных заводах. В качестве вяжущего используют гидрофобный портландцемент не ниже М400 с добавкой гранулированного доменного шлака до 7%. При использовании негидрофобного цемента для улучшения основных свойств бетона в смесь вводят поверхностно-активные добавки: пластифицирующие — концентраты сульфитно-дрожжевой бражки и ее производные, гидрофобизирующие — различные технические мыла: абиетаты (винсоловые мыла), мылонафт и др.

Песок используют природный (горный, речной) в чистом виде или с добавками. В качестве добавок применяют искусственные пески, каменную мелочь и высевки. Модуль крупности песка дол-

жен быть не ниже 2. Щебень для бетонных покрытий применяют только чистый, полученный дроблением прочных морозостойких пород. Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии изверженных пород должен быть не ниже 1000 кгс/см² (100 МПа), осадочных горных пород — 800 кгс/см² (80 МПа). Потеря в массе при истирании в полочном барабане изверженных пород составляет 25%, осадочных — 30%. Щебень применяют двух фракций: 3—10 и 10—20 мм. Примерный состав бетонной смеси: цемент М400 — 430 кг, щебень — 1380; песок — 500 кг; вода — 160 л. Смесь доставляют на объект автосамосвалами ЗИЛ-555, МАЗ-503 или автобетоносмесителями.

Для строительства покрытий тротуаров и пешеходных дорожек все большее распространение находит цветной бетон. Его получают в результате применения в качестве вяжущего специального цветного цемента или введения красящих пигментов в сухую бетонную смесь в процессе приготовления бетонной смеси. Белые и цветные цементы должны быть гидрофобными и соответствовать ГОСТ 10178—62. Марка цементов должна быть не ниже 400 по показателям на сжатие при испытании в трамбованных растворах, прочность на растяжение — не ниже 55 кгс/см² (5,5 МПа). Начало схватывания — не ранее чем через 2 ч.

Пигменты, выпускаемые отечественной промышленностью, бывают двух видов: минеральные, в том числе синтетические и природные, получаемые тонким измельчением красковых руд, и органические. Пигменты представляют собой тонкодисперсные порошки, нерастворимые в воде, масле и других растворителях, способные придавать окраску материалам при смешении с ними. Красящая способность пигментов тем выше, чем выше их дисперсность.

Для изготовления цветных бетонов пригодны пигменты, которые обладают удельной массой, близкой к удельной массе цемента для обеспечения высокой гомогенности смеси; большой красящей способностью; стойкостью к действию щелочей; солнечного света и атмосферным влияниям; отсутствием растворимых в воде вредных примесей, которые при затворении цемента водой отрицательно влияют на сроки схватывания, процесс твердения и прочность цементного камня; отсутствием легкорастворимых солей, способных образовать выцветы; чистым, ярким цветом и невысокой стоимостью.

При устройстве покрытий тротуаров и пешеходных дорожек цветной бетон можно укладывать на всю толщину или в верхний слой покрытия толщиной 4—6 см. Устройство двухслойного покрытия с цветным бетоном в верхнем слое производят двумя способами: 1) устройство нижнего (из обычного бетона) и верхнего (декоративного) слоев покрытия ведут без разрыва во времени, что позволяет производить уплотнение двух слоев одновременно; 2) устройство нижнего и верхнего слоев производят раздельно и делят на два этапа — укладка бетона в нижний слой, уплотнение и уход за ним; укладка цветного бетона в верхний слой не раньше чем через 7 дней после устройства нижнего слоя.

Для обеспечения хорошего сцепления слоев поверхность бетона нижнего слоя обрабатывают 30%-ным раствором соляной кислоты с немедленной промывкой водой, а затем наносят слой толщиной 3—5 мм активированного цементно-песчаного раствора состава 1 : 1, после чего укладывают верхний слой бетона. Уход за цветным бетоном, как и за обычным, осуществляют путем укрытия полиэтиленовой пленкой, пергамином, крафт-бумагой и т. п. с последующей засыпкой песком, который периодически увлажняют.

Температурные швы устраивают по такому же типу и способу, как и для обычных цементно-бетонных покрытий. При укладке бетона в два слоя швы, устроенные в нижнем слое, обязательно должны быть и в верхнем.

К готовому бетонному покрытию при сдаче его в эксплуатацию предъявляют ряд требований. Покрытие должно быть выполнено в соответствии с проектом и действующими нормативно-техническими документами. При приемке следует проверять толщину основания по актам на скрытые работы, марку уложенного бетона по данным лабораторных испытаний, ровность поверхности покрытия двухметровой рейкой не менее чем через 20 м. Допускаемые отклонения от проекта по толщине — не более ±5 мм, по ровности — просвет под двухметровой рейкой должен быть не более 3 мм, на покрытии должны отсутствовать раковины, трещины; по ширине покрытия — не более 5 см; по поперечному уклону — не более 5‰; по разнице уровня швов — не более 3 мм; по прочности бетона в 28-дневном возрасте при испытании на изгиб — не более 5%, при сжатии — не более 10%.

Покрытия тротуаров и пешеходных дорожек устраивают также из мелкой каменной шашки (мозаики), клинкерных кирпичей, асфальтобетонных, силикатных, керамических, цементно-бетонных и каменных плит. Из каменной шашки устраивают покрытия самых разнообразных рисунков — поперечными и диагональными рядами, по дугам круга и др. Клинкерные кирпичи укладывают поперечными и диагональными рядами, а также в продольную и поперечную елку. Каменные плиты изготовляют главным образом квадратной формы с размером сторон до 75 см или прямоугольной формы с размером большей стороны до 1 м при соотношении сторон 1 : 1,5. Такие плиты укладывают без перевязки или с перевязкой швов. Асфальтобетонные плиты выполняют размером 20×20×3; 25×25×4; 30×30×4 см.

Одними из перспективных видов сборных покрытий тротуаров и пешеходных дорожек являются покрытия из бетонных мелкоразмерных плит. Изготовление плит индустриальным методом позволяет сделать этот вид покрытий более дешевым и массовым. В свою очередь массовость производства будет способствовать дальнейшему удешевлению и прогрессу в развитии сборных покрытий. При таком методе изготовления бетонные плиты более прочны и гигиеничны и могут заменить естественный камень. Лицевую поверхность плит, кроме ее окраски, можно обрабатывать различными специальными матрицами. Бетонные плиты чрезвычайно разнооб-

разны по форме: квадратные, прямоугольные, шестиугольные, круглые, и трапецеидальные, треугольные и всевозможной неправильной формы. Плиты сборных покрытий тротуаров и пешеходных дорожек укладывают на различные основания, толщина которых (в см) приведена ниже.

Каменистые и цементно-грунтовые	10—12
Битумогрунтовые смеси	7—8
Металлургические шлаки	12—14
Щебень из слабых каменных материалов и кирпича	13—15
Бетон М200	7—8
Тощий бетон М100	9—10
Цементно-песчаные смеси	9—10

В качестве подстилающего слоя используют песок, толщина слоя которого принимается до 25 см. Плиты в зависимости от принятой ширины тротуара, садовой или парковой дорожки укладывают с перевязкой или без перевязки швов, а также по диагонали.

Укладку плит следует производить способом «на себя». Для соблюдения уклона и ровности покрытия при укладке плит рекомендуется работы начинать с устройства верстового ряда, укладываемого вдоль бортового камня или кромки газона или поперек тротуара, укладку производить в одну или в обе стороны от верстового ряда и вести навстречу уклону.

Для устройства покрытий из плит размером 50×50 см применяют вакуум-захват круглой формы d=400 мм, массой 7 кг, которым можно поднять груз до 100 кг. Для обеспечения полного прилегания плит к основанию окончательная посадка плит до проектной отметки производится специальным вибратором массой 44 кг.

Ширина шва между плитами должна быть не менее 5 мм. Контроль за шириной швов осуществляют при помощи шаблонов. Превышение краев смежных плит не должно быть более 2 мм. Швы между плитами заполняют различными материалами согласно проекту. Ровность покрытия проверяют трехметровой рейкой не менее чем через 20 м; просвет под рейкой не должен превышать 3 мм.

Для механизации работ по укладке мелкоразмерных тротуарных плит можно рекомендовать сменное вакуум-захватное приспособление, смонтированное на автопогрузчике или экскаваторе Э-153. Траверса представляет собой раму, на которой крепятся вакуумные захваты в количестве 1—4. Расстояние между центрами вакуумных захватов на траверсе должно меняться в зависимости от размера применяемых плит. При помощи такого приспособления за смену можно уложить до 400 плит.

Укладку тротуарных плит с размером стороны более 75 см производят автомобильными кранами по технологии, применяемой при строительстве покрытий проезжей части улиц из сборных железобетонных плит.

В НИИмосстрое разработана машина для укладки тротуарных плит. Укладчик производит формирование основания заданного профиля, его уплотнение и одновременно укладку плит. Таким образом обеспечивается совмещение трех операций, что значительно

повышает производительность труда. На рис. 114 представлена схема машины для укладки тротуарных плит. Оборудование машины состоит из наклонной направляющей *6* с калибрующими ребрами *15* и опорной плитой *5* и из виброплиты *3*, соединенной с направляющей тягами *4*. В верхней части направляющей располагается приемное устройство *9*, служащее для размещения контейнера *10* с пакетом плит *11*. Подача плит из приемного устройства

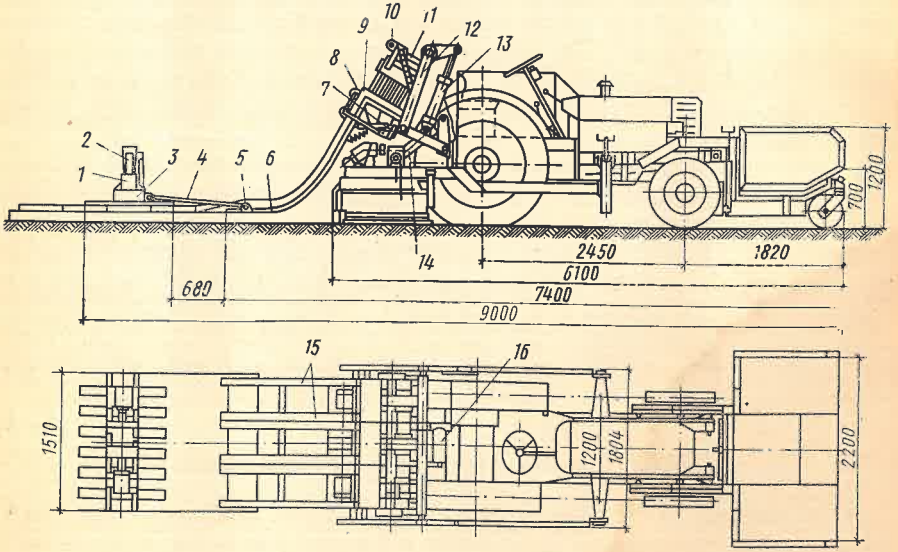


Рис. 114. Машина для укладки тротуарных плит

на направляющую осуществляется устройством, состоящим из толкачей *12* с гидроцилиндром *13*, управление которым осуществляется автоматически с помощью рычага с роликом *8* и гидрораспределителя *7*. На виброплите *3* устанавливают вибраторы *1* рабочего органа укладчика. Привод вибраторов осуществляется от гидродвигателя через клиноременную передачу *2*. На базовую машину оборудование устанавливается при помощи шарнирного сцепного устройства *16*, обеспечивающего приспосабливаемость опорной плиты к поверхности укладываемого основания за счет продольного и поперечного шарниров сцепного устройства. В транспортное положение направляющая устанавливается с помощью гидроцилиндра *14* и стяжек, соединяющих направляющую с выглаживающей плитой.

Транспортировка виброплиты осуществляется в прицепе к укладчику с помощью тележки. При этом рабочий орган укладчика через стенки подвешен к направляющей, которая в свою очередь опирается на виброплиту. Это снижает консольную нагрузку на ведущие колеса трактора. Контейнер представляет собой сварную конструкцию, состоящую из балки с ребрами и боковых щитков.

К ребрам прикреплены башмаки, обеспечивающие наклонное положение плит в контейнере. В центре балки приварены проушины для крюка грузоподъемного механизма, производящего подачу контейнера с плитами в приемное устройство.

Оборудование работает следующим образом. Перемещаясь, укладчик своим рабочим органом формирует основание из требуемого материала, например цементно-песчаной смеси. Одновременно на отформированное укладчиком основание с направляющей непрерывным потоком поступают плиты, которые двигаются под действием силы тяжести и массы вышележащих плит. Виброплита производит осадку плит. На направляющую плиты подают из приемного устройства толкателями, управляемыми автоматическим устройством. На это устройство воздействуют плиты, находящиеся на направляющей.

Оборудование обеспечивает укладку тротуарных плит размером 25×25—50×50 см, для чего калибрующие ребра имеют возможность перемещаться по направляющей с их фиксацией в заданном положении. Привод рабочих органов оборудования осуществляется из кабины машиниста базовой машины. Предложенные машины и приспособления позволяют уменьшить затраты труда при устройстве покрытий тротуаров. Однако для дальнейшего повышения производительности труда при устройстве сборных покрытий следует проводить работы по созданию легких быстроходных машин.

§ 49. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ

Устройство земляного полотна. Земляным полотном трамвайного пути называется выровненная в соответствии с продольным и поперечным профилем, а также с планом пути поверхность земли.

Размеры котлована трамвайного пути определяются конструкцией основания и шириной междупутья. Для двухпутной линии с шириной междупутья 1900 мм основные размеры котлована для подрельсовых оснований из сборного железобетона даны в табл. 83.

При устройстве путевого дренажа на оси междупутья поперечный уклон дна котлована устраивают от его краев к оси, при отсутствии дренажа дно котлована планируют с уклоном от оси междупутья к краям котлована.

Таблица 83

Размеры	Рамные и рамно-панельные шпалы	Гибкие рамные и одиночные шпалолежни	Совмещенные блоки и лежни	Блоки с бесшеечными рельсами
Ширина котлована на прямой, м	5,7	5,8	5,8—5,9	5,75
Глубина котлована на оси пути, м	0,56	0,51	0,57—0,59	0,46
Поперечный уклон дна котлована, ‰	30	30	30	30

Зимой земляные работы выполняют по особым правилам, причем насыпи можно делать только из талого песчаного грунта.

Трамвайный путь на сборных железобетонных основаниях необходимо укладывать при хорошо уплотненных грунтах насыпи. Качество уплотнения определяют соответствующими испытаниями.

Устройство основания и верхнего строения пути. Рамные шпалы в путь можно укладывать краном-укосиной, автокраном или специально оборудованным автопогрузчиком. В настоящее время освоен раздельный способ устройства трамвайного пути на рамных шпалах, так как для звеньевого способа необходимы более мощные путеукладочные машины грузоподъемностью не менее 6—7 т.

Капитальный ремонт пути с применением рамных шпал можно производить как при закрытом движении с временным отключением ремонтируемого пути и устройством однопутного участка или обходного пути, так и без закрытия движения, т. е. с выполнением основных работ ночью. В первом случае работы, как правило, организуют поточным способом, при котором рабочие выполняют одну или несколько объединенных операций, передвигаясь вдоль пути. По фронту работ рабочих распределяют таким образом, чтобы максимально использовать механизмы и обеспечить минимальные сроки выполнения работ. Во втором случае работы целесообразнее организовать комплексным способом, при котором рабочие на отведенном участке выполняют все операции по ремонту или устройству пути. Длину участков пути, подлежащих ремонту с заменой основания, целесообразно назначить кратной длине рельсового звена (50, 100 м и т. д.) в зависимости от объема работ, наличия рабочей силы и средств механизации. Можно рекомендовать следующую примерную технологическую последовательность операций по устройству или ремонту пути с применением подрельсового основания из рамных шпал:

тщательно готовят земляное полотно с полной планировкой и уплотнением;

на подготовленное полотно отсыпают балласт на проектную толщину поездами-самосвалами (с противоположного пути) или автосамосвалами. Балласт можно уплотнять либо предварительно с послойной отсыпкой, либо после укладки рамных шпал;

рамные шпалы и скрепления доставляют на объект работ и складывают вблизи участка, подлежащего ремонту или устройству;

проверяют закладные детали анкерно-хомутного скрепления, погнутые хомуты исправляют;

рамные шпалы краном-укосиной, автопогрузчиком или автокраном укладывают на подготовленный балластный слой;

в процессе укладки шпалы выправляют в плане, на верхнюю постель шпалы, предварительно очищенную от песка или мусора, укладывают подрельсовую упругую прокладку из полимерного материала;

на выровненные рамные шпалы укладывают рельсы, ставят тяги и устанавливают ширину колеи регулированием тяг, затем при-

крепляют рельсы к шпалам съемными деталями анкерного скрепления — прижимными лапками и болтами с гайками и пружинными шайбами;

выправляют путь в плане и профиле чистой рихтовкой и окончательной подъемкой с подбивкой балласта под лежневые части рамных шпал;

уплотняют балласт под рамными шпалами подбивкой индивидуальными электрошпалоподбойками или шпалоподбивочной машиной с продольным расположением рабочих лопаток. Плотную равномерную подбивку выполняют только под продольными лежневыми частями шпалы, поперечины подбивают слабее, а места примыкания к лежневым частям, середину поперечин не подбивают, чтобы не создавать подбора балласта, способствующего перегрузке поперечины и ее повреждению.

После выполнения перечисленных выше работ путь обкатывают пассажирскими или грузовыми поездами. При обкатке выявляют неплотно подбитые шпалы и ослабевшие скрепления. После окончательной выверки и подбивки пути устраивают дорожное покрытие. Опыт показал, что в отличие от цельнобрусковых шпал стабилизация пути на рамных шпалах после обкатки происходит быстрее, в связи с чем сокращается время производства работ.

Подрельсовые основания из рамно-панельных шпал имеют много общего с основанием из рамных шпал в части технологии устройства или капитального ремонта пути. Отличие состоит в большей сложности укладочных работ ввиду значительной длины и массы рамно-панельных шпал. Кроме того, рамно-панельные шпалы можно укладывать только на прямых участках пути, а на кривых их необходимо чередовать с подрельсовым основанием других типов — рамными или цельнобрусковыми шпалами. Планировка балластного слоя при рамно-панельных шпалах должна быть особенно тщательной, чтобы снизить высоту возможного подъема рамно-панельных шпал при их выправке, так как ввиду значительной длины шпалы путь в вертикальном направлении менее гибок. Шпалы подбивают только под лежневыми частями и в узлах примыкания к ним поперечин, а балласт под самими поперечинами не уплотняют. Предварительную выправку и рихтовку рамно-панельных шпал целесообразно выполнять до укладки рельсов. На 1 км одиночного пути укладывают 80 рамно-панельных шпал.

Блочные основания с рельсами Тв-60 и бесшеечными рельсами являются высокоиндустриальными путевыми конструкциями, поэтому число операций, необходимых для их укладки в путь, сводится к минимуму. Подготовка земляного полотна и подстилающего балластного слоя для укладки блочных оснований практически не отличается от этой работы при укладке рамных и рамно-панельных шпал. Монтажные работы ведут звеньевым способом. Длина звеньев обусловливается конструктивными размерами блоков (т. е. длиной бесшеечных рельсов) и грузоподъемностью укладочных машин (при рельсах нормального профиля Тв-60 длину блоков принимают равной половине длины рельса). При звеньевой укладке блоков

нет необходимости в звеносборочной базе, так как блок поступает с завода-изготовителя полностью собранным, и работы на линии сводятся к укладке блоков и сварке рельсов в стыках.

Для разгрузки конструкций и монтажа на линии применяют автопогрузчики или краны на автомобильном или гусеничном ходу грузоподъемностью не менее 10 т. Прицеп с блоками устанавливают сбоку котлована и по мере укладки блоков перемещают вдоль пути. Блоки укладывают на балластный слой и одновременно устанавливают их в проектное положение в плане и профиле. Рихтуют путь винтовыми или гидравлическими рихтовщиками. Предварительно блоки подбивают до сварки рельсовых стыков. Для омоноличивания стыков блоков применяют бетон М400 с использованием расширяющего и быстротвердеющего цемента (2—3 мин схватывания).

Бетонирование можно производить в деревянной или металлической опалубке, устанавливаемой на каждом стыке. Омоноличивают концы продольных балок конструкции, бетон уплотняют глубинным вибратором с отделкой поверхности металлической гладилкой. Окончательно путь подбивают после омоноличивания стыков, затем устраивают дорожное покрытие, а при его отсутствии путь засыпают балластом до верха продольных балок блоков. Стабилизация блочных оснований благодаря высокой жесткости, значительной массе и большой опорной поверхности происходит в короткий срок.

Рамные шпало-лежни и гибкие продольные одиночные лежни от других типов подрельсовых оснований из сборного железобетона отличаются меньшей массой на единицу длины пути. Однако рамные шпало-лежни менее устойчивы и дают значительные вертикальные упругие прогибы под подвижным составом, поэтому их целесообразно укладывать в путь, расположенный на обособленном полотне преимущественно без дорожного покрытия.

Малая масса гибких лежней позволяет применять звеньевой способ укладки пути, используя освоенные в путевом хозяйстве грузоподъемные механизмы. Шпало-лежни и одинарные лежни укладывают только на прямых участках пути (300—320 шт. на 1 км одиночного пути).

Учитывая большую гибкость лежней, необходимо уделять особое внимание подготовке земляного полотна и подстилающего балластного слоя, особенно когда предусматривают устройство дорожного покрытия в пути на гибких лежнях. Земляное полотно следует хорошо спланировать и тщательно уплотнить, балласт отсыпать послойно и тщательно утрамбовать. Гибкие лежни можно укладывать на песчаный и щебеночный балласт.

Рамные шпало-лежни и одиночные лежни одинаково работоспособны в пути. Однако рамные лежни более индустриальны, так как устройство пути на одиночных лежнях требует дополнительных операций по соединению лежней металлическими или железобетонными связями для обеспечения взаимной неизменяемости рельсовых ниток в плане и по высоте. Более эффективна совместная укладка

рамных и одиночных шпало-лежней, чередующихся в определенном порядке. В этом случае не требуется устанавливать поперечные связи между одиночными лежнями, так как неизменяемость рельсовых ниток обеспечивается рамными лежнями.

При звеньевом способе укладки пути рекомендуется собирать звено с двумя рамными шпало-лежнями по концам и двумя одиночными лежнями в середине. В этом случае стык двух рельсовых звеньев будет достаточно устойчивым как при монтажных работах, так и в эксплуатации. При раздельном способе укладки количество рамных лежней на звено можно сократить до одного, чередуя рамные и одиночные лежни таким образом, чтобы на стык рельсов приходился обязательно рамный шпало-лежень.

Технологическая последовательность операций по устройству и капитальному ремонту трамвайного пути с применением гибких шпало-лежней, а также используемые механизмы и инструмент примерно такие же, как при устройстве пути на подрельсовом основании из рамных шпал. Особенностями отделочных работ являются двухкратная подбивка шпало-лежней при обкатке пути и стабилизация подрельсового основания, которая у гибких шпало-лежней является довольно длительной.

Подрельсовое основание из гибких лежней применяют только при верхнем строении пути из желобчатых трамвайных рельсов Тв-60 (65), обеспечивающих расчетную устойчивость пути на воздействие подвижного состава. При укладке рельсов на шпало-лежни следует особое внимание уделять правильному расположению упругой прокладки и тщательному закреплению рельсов на шпало-лежнях.

При устройстве совмещенных подрельсовых оснований одновременно с укладкой основания и верхнего строения пути устраивают и дорожное покрытие. Земляное полотно должно быть хорошо подготовлено и уплотнено. Совмещенные основания можно устраивать из песка, щебня, гравия и других материалов. В зависимости от материала балласта и вида совмещенного основания толщину балластного слоя принимают: 18—25 см для песчаного балласта и 16—20 см для щебеночного балласта от нижней постели продольного лежня (при плитно-лежневом совмещенном основании); 16—20 см для песчаного балласта и 15—18 для щебеночного балласта от нижней постели продольной подрельсовой части блока (при блочном совмещенном основании). Совмещенные основания можно устраивать при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте трамвайного пути.

Плитно-лежневое основание можно укладывать в путь двумя способами — звеньевым и раздельным. В свою очередь, звеньевой способ укладки имеет две разновидности — укладка полными звеньями с установкой временных жестких тяг между рельсовыми нитками и укладка неполными звеньями, когда каждый рельс с закрепленными шпало-лежнями (без плит покрытия) укладывают отдельно на балласт, затем скрепляют рельсовые нитки между собой и укладывают плиты покрытия. Без укладочных механизмов

соответствующей грузоподъемности звеньевая укладка полными звеньями с закрепленными плитами неосуществима. Укладывать звенья можно автопогрузчиками или автокранами грузоподъемностью свыше 3 т.

На звеносборной базе или монтажной площадке выполняют следующие операции: раскладку лежней в два ряда по три лежня на звено в каждом ряду с зазором по торцам лежней; разметку рельсов на левый и правый с последующим высверливанием отверстий для тяг; укладку на лежни подрельсовой упругой прокладки из полимерного материала; прикрепление рельсов к лежням прижимными лапками и болтами; погрузку собранных рельсовых звеньев в транспорт.

Работы по устройству пути выполняют в такой последовательности: на подготовленное земляное полотно засыпают балласт; рельсовые нитки с закрепленными лежнями раскладывают на балласт автопогрузчиком или автокраном; устанавливают тяги одновременным регулированием ширины колеи по шаблону и рихтовкой пути; поднимают путь электрическими путеподъемниками или гидравлическими домкратами с последующим уплотнением балласта под лежнями шпалоподбивочной машиной или индивидуальными электрическими шпалоподбойками; в пазухи рельсов ставят закладные фасонные бруски из бетона или асфальтобетона; при готовности параллельного пути укладывают междупутные плиты; устраивают плотное покрытие по обочине пути; заливают битумом все продольные и поперечные швы между плитами покрытия.

При раздельном способе укладки работы, производящиеся при звеньевом способе на монтажной площадке, выполняют непосредственно на объекте. Шпало-лежни и рельсы укладывают на балласт, затем рельсы закрепляют на шпало-лежнях. В остальном последовательность работ сохраняется.

Блочное совмещенное основание из-за отсутствия путеукладочных механизмов грузоподъемностью 15—16 т укладывают раздельным способом, т. е. крепят рельсы к блокам после укладки последних на балластный слой. Следует отметить, что для блочного совмещенного основания, у которого подрельсовые части неразрывно связаны с дорожным покрытием, звеньевой способ укладки не дает значительных преимуществ, так как, хотя производительность укладочных работ увеличивается (одновременно укладывается шесть блоков вместо одного), усложняются работы по выравниванию блоков и уплотнению балласта под ними.

Поскольку блочное совмещенное основание в значительной степени обладает индустриальными качествами, что сокращает время на монтажные работы, капитальный ремонт пути с применением этого типа основания можно производить не только при отключенном пути, но и в часы ночного перерыва движения. В этом случае возможна следующая технологическая схема работ.

Днем выполняют подготовительные работы — снимают дорожное покрытие, вынимают балласт из шпальных ящиков, частично расшивают рельсы. Блоки основания и рельсы доставляют на объ-

ект, желоба блоков и закладные детали очищают от мусора, заготовляют детали скрепления (прижимные лапки и болты с гайками). В ночное время сразу же после закрытия движения разбирают старый путь, вынимают оставшийся загрязненный балласт, разравнивают дно котлована и засыпают новый балласт, доставленный поездами-самосвалами с противоположного пути или автосамосвалами. Специальным шаблоном, имеющим очертание нижней постели блока, балласт разравнивают либо вручную (при малых объемах работ), либо механизированным способом. При механизированном способе применяют более совершенный объемный шаблон, который прицепляют к трактору-тягачу и протаскивают по балласту. На подготовленный подстилающий балластный слой автопогрузчиком укладывают блоки совмещенного основания. Одновременно выправляют блоки в плане и профиле, обметают желоба блоков и укладывают подрельсовую упругую прокладку из полимерного материала. Затем автопогрузчиком в желоба блоков укладывают рельсы и прикрепляют их к блокам.

После выполнения перечисленных выше работ путь обкатывают, осматривают скрепления и в случае обнаружения дефектов прижимных лапок довертывают гайки на болтах скреплений. Затем в пазухи рельсов укладывают фасонные бруски, а между боковыми поверхностями рельсов и стенками желобов блоков — продольные железобетонные брусья или это пространство заполняют легким бетоном, асфальтобетоном по щебню или замащивают мелкой брусчаткой.

Устройство дорожного покрытия в путях трамвая отлично от устройства покрытий в проезжих частях обычных дорог. Поскольку укладка дорожного покрытия в путях трамвая является последней операцией из общего комплекса работ по устройству трамвайного пути, вертикальное положение плит определяется положением самого пути, так как уровень путевого дорожного покрытия должен совпадать с уровнем плоскости катания головок рельсов. Вполне определенным является положение плит покрытия в плане, также обусловленное положением рельсовых ниток трамвайного пути. Все это облегчает укладку сборных железобетонных плит в путях трамвая. В более благоприятных условиях находятся и стыки плит покрытия в трамвайных путях. Особенно это относится к дорожным путевым покрытиям совмещенных путевых конструкций, у которых плиты опираются непосредственно на подрельсовые основания или жестко связываются с ними в одной конструкции. В этих случаях надежное соединение поперечных стыков плит в продольном направлении обеспечивают рельсы. Поскольку технология устройства путевого дорожного покрытия совмещенных оснований уже рассматривалась, ниже приводятся рекомендации по устройству путевых покрытий, опирающихся на балластный подстилающий слой.

Плиты желательно укладывать после устройства подстилающего слоя и последующей кратковременной обкатки пути, что дает возможность стабилизировать и несколько уплотнить подстилающий слой и тем самым повысить устойчивость дорожного покры-

тия. Подстилающий слой путевых дорожных покрытий предварительно не разбивают в плане и по высоте, а отсыпают сразу на проектную высоту, обусловленную толщиной плит, и отмечают по высоте рельса.

Для укладки плит используют различные самоходные грузоподъемные механизмы (автокраны, автопогрузчики, краны-укосины и др.), тип и грузоподъемность которых определяют массой и размером плит. В зависимости от условий производства работ (наличие трамвайного движения, удобство подъезда к путям) можно применять различные схемы укладки. При достаточно длинной стреле механизм может укладывать плиты перед собой, передвигаясь вперед по уже уложенным плитам. Плиты можно укладывать также с обочины пути или с примыкающей к пути проезжей части дороги. Плиты предварительно доставляют на объект или укладывают непосредственно с транспорта (при условии непрерывной доставки плит, исключающей простой укладочных механизмов). Последний способ укладки экономичнее, так как совмещаются разгрузка и укладка плит. Плиту при укладке следует опускать таким образом, чтобы она сразу всей нижней плоскостью касалась подстилающего слоя. Для этого плиту подвешивают над местом укладки на высоте 30—50 см строго параллельно путевому полотну. Какие-либо перекосы плиты при окончательном опускании нежелательны, так как легко могут повредить подстилающий слой. У крана укладочного механизма должно иметься специальное захватное устройство, обеспечивающее горизонтальность плиты в момент ее опускания на подстилающий слой. Наиболее подходящей конструкцией такого устройства является четырехугольная траверса с крюками на тросах или цепях по углам. Для подъема такими захватами у плит имеются специальные петлевые выпуски арматуры. Легкие и небольшие по размеру плиты, применяемые для покрытия путей на обособленном полотне и не имеющие петлевых выпусков, можно укладывать специальной захватывающей траверсой. При укладке плит специальными рейками следует проверить ровность покрытия в продольном и поперечном направлениях, ориентируясь на положение рельсов. При самых невыгодных положениях рейки на поверхности покрытия просвет под ней в любом месте не должен быть более 10 мм, а одна плита над другой должна быть не выше 5 мм. После укладки и стабилизации плит швы заделывают цементными или битумными растворами. При легких плитах можно ограничиться расщебенкой швов.

§ 50. ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТ ПО ОЗЕЛЕНЕНИЮ И ОБОРУДОВАНИЮ УЛИЦ СРЕДСТВАМИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ

Работы по озеленению городских улиц и площадей осуществляют после прокладки всех подземных инженерных сетей, освобождения территории от сносимых строений, устройства дорожной одежды и тротуаров, вертикальной планировки полос и участков, отведенных для размещения зеленых насаждений. В состав работ по озеленению входят подготовительные работы, заготовка мате-

риалов, посадка деревьев и кустарника с подготовкой посадочных мест, устройство газонов и уход за посадками.

В подготовительный период производят валку и уборку деревьев, непригодных к пересадке, корчевку пней. Удаляют обычно деревья путем их спиливания электрическими или моторными пилами с последующей корчевкой пней с помощью бульдозеров или специальных корчевательных машин. Иногда деревья удаляют путем их валки вместе с корневой системой гусеничными бульдозерами.

При пересадке существующих растений вначале их подвергают обработке: обрезают сухие и больные ветки, укорачивают разросшуюся крону и производят формовочную стрижку. Для стрижки больших деревьев удобно пользоваться телескопическими или шарнирными вышками, применяемыми для ремонта фасадов домов или наружных электросетей. Срезы и больные места обрабатывают антисептиком и покрывают изолирующим слоем битумной мастики. Дупла деревьев после обработки заделывают цементным раствором. При подготовке посадочных ям необходима закладка в них подпочвенного слоя глубиной не менее 0,5 м. В качестве подпочвенного слоя желательны суглинистые или супесчаные грунты. Малопригодные грунты следует улучшить путем добавления, например, в глину песка и торфа, в песок — торфа и глинистого грунта. Добавки вносят ровным слоем толщиной 10—15 см и тщательно перемешивают с местным грунтом.

Грунты для растительного слоя обычно заготовляют на территориях, отводимых под строительство, и на резервных участках. Лучшими из них являются огородные и полевые земли из-под пропашных культур с достаточно плодородными и не потерявшими структуру почвами (черноземы, суглинки или супеси). При заготовке растительного грунта в больших объемах пригодность его определяют в лаборатории путем взятия проб в разных местах отведенного для этой цели участка. Обычно проводят химический и физико-механический анализы, определяют улучшающие почву добавки, характер и пропорции минеральных и органических удобрений.

Процесс заготовки растительных грунтов состоит из следующих работ: срезки растительного слоя и перемещения его в отвалы, погрузки грунта из отвалов в транспорт, транспортирования грунта к месту укладки с разгрузкой, введения в почву соответствующих добавок. Перечисленные работы можно комплексно механизировать. При этом в комплект машин следует включать бульдозеры, экскаваторы и автосамосвалы. В таком комплекте бульдозеры срезают растительный слой и перемещают его в кучи. Мощность слоя, при котором можно рационально использовать бульдозеры, должна быть не менее 20 см, а дальность перемещения — 25—60 м. При дальности перемещения более 100 м рекомендуется применять скреперы. Основной схемой работы бульдозера является траншейная разработка грунта. Суть ее заключается в том, что каждую полосу-проходку, по ширине равную длине отвала бульдозера, разрабатывают на всю глубину растительного слоя. Соседнюю поло-

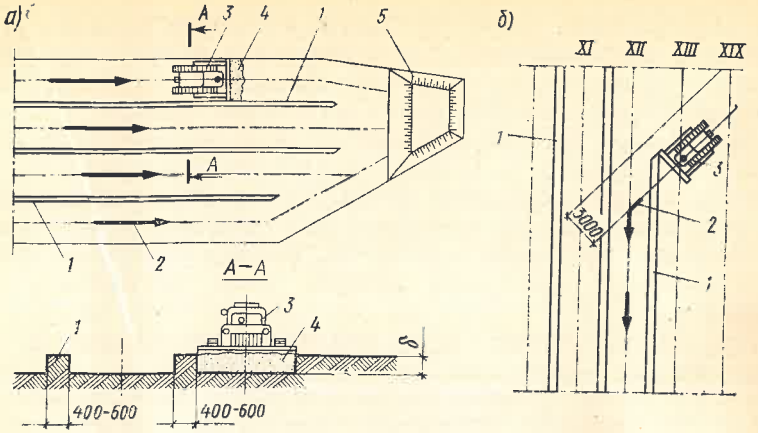


Рис. 115. Схема траншейного способа разработки растительного грунта бульдозером:

а — план; *б* — последовательность разработки промежуточных стенок; *1* — промежуточные стенки-валики; *2* — направление движения бульдозеров; *3* — бульдозер; *4* — валик грунта у отвала бульдозера; *5* — отвал. Римскими цифрами показана последовательность работы бульдозера

су разрабатывают с таким расчетом, чтобы между ней и предыдущей оставались валики нетронутого грунта шириной 0,4—0,6 м (рис. 115). При работе таким методом потери грунта резко сокращаются, поскольку боковые стенки траншей-полос препятствуют его перемещению с отвала бульдозера по сторонам. В случае, когда за один проход не удается забрать достаточно грунта, перемещать его к месту отвала можно через каждые два цикла. Вначале первыми двумя проходами грунт срезают и перемещают на небольшое расстояние, а затем третьим проходом передвигают в отвал. При этом захватывают и грунт, оставленный при первых двух проходах.

Грунт в оставленных во время разработки валиках между траншеями разрабатывают начиная с дальнего по отношению к месту отвала участка со срезкой грунта под углом 35—45° к осям траншей. Срезанный грунт смещают в ближайшую траншею и перемещают по ней.

В некоторых случаях (при небольших объемах работ, неудобных подъездных путях и т. д.), когда установка экскаватора нецелесообразна, растительный грунт можно грузить в транспорт бульдозерами, применяемыми для его срезки на участке. На месте погрузки устанавливают передвижную эстакаду и погрузку ведут по эстакаде. Полный цикл загрузки кузова проводится за 2—3 прохода бульдозера, который захватывает отвалом заранее заготовленный грунт и сбрасывает его в автосамосвал с консоли эстакады.

Деревья и кустарник для посадок получают из питомников или леса. Стандартные саженцы в период весеннего и осеннего покоя заготовляют с обнаженной корневой системой. Растения повышенного возраста заготовляют, как правило, с комом земли. Их можно заготовлять в зимних и летних условиях, а ком упаковать в мягкую

или жесткую тару. Корневую систему саженцев без кома во время перевозки предохраняют от подсушивания и повреждений. Для этого их укрывают слоем влажной соломы или торфа. На объекте саженцы хранят прикопанными в неглубокой траншее.

При зимней посадке деревьев (с замороженным комом) его можно не упаковывать. Обычно тип и размер упаковки зависят от возраста дерева и связности почвы. Для средних условий выращивания саженцев между их возрастом и размером кома существует соотношение, указанное в табл. 84. Размер уточняют пробными раскопками, а предельный габарит кома принимают равным 2×2×1 м.

При мягкой упаковке ко́му придают цилиндрическую форму, а при жесткой — форму квадратного в основании параллелепипеда. При недостаточно связных почвах ком может иметь форму усеченной книзу пирамиды. Лиственные породы при диаметре ко́ма до 80 см следует упаковывать в мягкую тару, а при бо́льших размерах — в жесткую. Хвойные породы пересаживают только с комом. При этом деревья высотой более 1 м упаковывают в жесткую тару.

Подготовка посадочных мест обычно производится весной и может продолжаться все лето и осень до наступления устойчивых заморозков. При диаметре ям более 1 м грунт разрабатывают экскаваторными лопатами, смонтированными на тракторе «Беларусь». Более мелкие ямы можно выкапывать навесным к трактору ямокопателем (рис. 116).

Выбранный из ям пригодный для обратной засыпки грунт укладывают у бровки. Верхний слой отделяют от нижнего, с тем что-

Таблица 84

Порода деревьев	Возраст дерева, лет	Высота дерева, м	Размер кома, м
Лиственные декоративные, кроме березы	12—16	—	D=0,7; H=0,4; D=0,8; H=0,5
	17—20	—	1×1×0,6
	21—25	—	1,3×1,3×0,6
	26—30	—	1,5×1,5×0,7
	31—40	—	1,7×1,7×0,7
	41—50	—	1×2×0,8
Береза	6—11	—	D=0,8; H=0,5
	12—16	—	1×1×0,6
Лиственные плодовые и лиственница	6—7	—	D=0,7; H=0,5
	8—11	—	1×1×0,6
	12—16	—	1,3×1,3×0,6
	17—20	—	1,5×1,5×0,6
	До 15	—	2×2×0,8
Хвойные	—	До 1	D=0,5; H=0,4
	—	1—1,5	0,8×0,8×0,6
	—	1,5—2	1×1×0,6
	—	3—4	1,3×1,3×0,6
	—	4—5	1,5×1,5×0,6
		Выше 5	1,7×1,7×0,7
			2×2×0,8

бы при засыпке растительная земля оказалась внизу. Непригодные для засыпки грунты и его излишки планируют на участке вблизи от места посадки или вывозят в отвал. Грузить этот грунт можно автопогрузчиком или непосредственно экскаватором, которым копается яма.

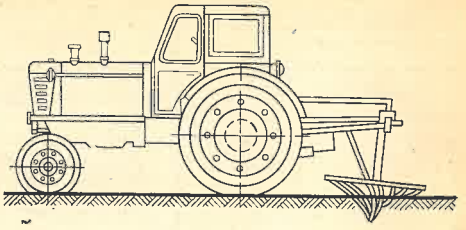


Рис. 116. Схема работы ямокопателя КПЯ-100

Ямы и траншеи для посадки деревьев и кустарников с обнаженной корневой системой наполовину засыпают растительной землей, которую послойно уплотняют. Для посадки растений с комом земли растительный грунт засыпают до уровня низа кома. Обнаженную корневую систему деревьев и кустарников засыпают предварительно подготовленной смесью из растительной земли и органических удобрений. Органические добавки при посадке растений с комом земли можно вносить и в процессе посадки. В яме или траншее добавки необходимо смешивать с растительной землей послойно. Вначале ровным слоем насыпают землю, а сверху — необходимое количество органического удобрения, затем производят двукратное перелопачивание.

При посадке стандартных саженцев с обнаженной корневой системой для удержания их в вертикальном положении в дно посадочных ям на глубину не менее 0,15 м до посадки деревьев забивают колья. В групповых посадках колья по отношению к дереву следует устанавливать со стороны направления господствующих ветров, в аллейных посадках — в створ со стороны, противоположной дорожке, в тротуарах и газонных полосах вдоль проездов — в створ линии посадки деревьев с одной их стороны.

Газоны следует устраивать после посадки деревьев и кустарников, а также устройства корыт под цветники. В состав работ по устройству газонов входят подготовка почвы и посев с предпосевной обработкой почвы. В некоторых случаях газоны создаются путем одерновки. Иногда одерновывают края засеваемого газона. Работы по подготовке почвы газонов на городских улицах и площадях выполняют, как правило, садово-огородные тракторы типа моторобота со съемным оборудованием или почвенные агрегаты. В табл. 85 приведены типы машин с набором различного навесного и прицепного оборудования для выполнения разнообразных работ при озеленении городских территорий.

При подготовке участка под газон спланированную поверхность основания вспахивают на глубину 15—20 см прицепными двухлемешными плугами, после чего боронуют дисковой бороной. Обработанное основание уплотняют прицепными катками. Иногда основание до боронования обрабатывают почвенной фрезой. Растительную землю завозят на площадку и ссыпают в кучи непосредст-

Таблица 85

Тип механизма и его мощность	Выполняемая работа	Вид прицепного оборудования
Садово-огородный трактор типа «моторобот» мощностью 6 л. с. (4,5 кВт)	Вспашка земли	Однокорпусной оборотный плуг
	Рытье ям	Ямокопатель
	Рыхление почвы	Фреза
	Боронование почвы	Дисковая борона
	Уплотнение основания	Кулачковые или гладкие катки массой 0,5 т
	Перевозка грузов	Двухколесная тележка грузоподъемностью 0,8 т
Почвенная фреза мощностью 5,5—6 л. с. (4—4,5 кВт)	Вспашка земли	Навесной плуг легкого типа
	Рыхление почвы	Фреза (основное оборудование)
	Окучивание и мотыжение почвы	Навесная машина
	Перевозка грузов	Тележка грузоподъемностью 0,5 т

венно на подготовленное основание. Землю из куч распределяют ровным слоем с помощью навесного ножа трактора «Беларусь», при этом в бедную почву вносят одновременно органические и минеральные добавки. Предпосевная поверхностная обработка почвы заключается в ее механизированной культивации или боронировании. Окончательно поверхность выравнивают вручную частыми граблями.

Семена на газонах сеят вручную, равномерно распределяя по поверхности. После посева семена заделывают в почву граблями и прикатывают гладкими катками массой до 50 кг. В тяжелых почвах для ускорения всходов поверхность засеянного газона мульчируют мелким перегноем или торфом, насыпаемым слоем толщиной 1 см. В этих случаях газон не следует прикатывать.

Газоны одерновывают главным образом на откосах, изредка и на горизонтальных площадях и довольно часто одерновывают края уличных газонов. Перед одерновкой дерн сортируют по толщине, а затем укладывают на предварительно взрыхленный слой растительного грунта. Швы между дернами засыпают землей и засеивают газонными травами. Одерновванную поверхность равномерно прикатывают катком и обильно поливают водой. Края газонов одерновывают дернинами шириной 15—20 см, боковые стороны которых, обращенные в сторону газона, выравнивают по шнуру, а край, обращенный к тротуару, обрезают после укладки. Дерн укрепляют к основанию деревянными спицами длиной 30 см. Каждую дернину пришивают двумя спицами, прибиваемыми ближе к торцам.

Содержание газонов и зеленых насаждений заключается в систематической поливке, скашивании травы на газонах, формовочной стрижке кустарников и деревьев, а также срезке сухих веток. Кроме того, ведут подкормку растений и борьбу с болезнями. В целях предохранения деревьев от ожогов стволы окрашивают из-

вестью. Скашивание травы на уличных газонах создает плотный травяной покров, так как способствует ее кущению и уничтожает однолетние сорные растения. Траву скашивают моторными или прицепными газонокосилками. Кустарник в живых изгородях бульваров и тротуаров регулярно стригут для придания ему декоративной формы и обеспечения необходимой густоты.

После устройства верхнего слоя дорожной одежды приступают к разметке проезжей части улицы. Разметка является одним из простых, но весьма эффективных средств регулирования движения транспорта и пешеходов на городских улицах. Значительные объемы работ по линейной разметке улиц выполняют механизированно с применением прицепного окрасочного агрегата. Он состоит из барабана с красителем и щеток-кистей. При движении агрегата вдоль полосы разметки вращаются кисти, которыми наносятся линии. В зависимости от типа и ширины наносимой линии устанавливают систему кистей.

Сосредоточенную разметку и надписи выполняют вручную по трафаретам. Трафаретная разметка обеспечивает хорошее качество рисунка и шрифта, а также значительно сокращает затраты труда. Материалы для разметки проезжей части должны обладать повышенной износостойкостью, шероховатостью, хорошей видимостью при любых условиях освещения, несложной технологией нанесения, сравнительно небольшой стоимостью. Для разметки применяют быстросохнущие краски на летучих растворителях, количество которых принимают с таким расчетом, чтобы обеспечить необходимую укрывистость при одноразовом покрытии. Этим качествам отвечают многие краски и эмали на полимерной основе, например перхлорвиниловые эмали на одноименных смолах в смеси с летучими органическими растворителями, добавками других смол, пластификаторов и пигмента-заполнителя. Время их полного высыхания при температуре 18—22° С не превышает 1 ч. Можно использовать перхлорвиниловые или полистирольные краски, состоящие из пигмента, перетертого с соответствующими лаками, или нитроглифталевые эмали, представляющие собой раствор нитроцеллюлозы и глифталевой смолы в органических растворителях с добавлением пластификаторов и пигментов. Время полного высыхания перечисленных красок при температуре 18—22° С не превышает 3—4 ч.

В последнее время для разметки улиц применяют также красители на базе полиметилметакрилата и эпоксидных смол. Перечисленные полимерные краски обладают повышенной стойкостью к маслам, воде и атмосферным воздействиям, имеют высокую адгезию к бетону и асфальту. В качестве пигмента применяют смесь 30 вес. ч. литопоновых или цинковых белил и 70 вес. ч. мела. Одной из особенностей синтетических красок является небольшой расход основы и повышенное содержание недорогого наполнителя. Если в обычных красках соотношение между связующим и пигментами составляет 1 : 1—1 : 2, то в перхлорвиниловых и полистирольных красках оно составляет 1 : 6.

Для улучшения видимости разметки в ночное время в краски

добавляют стеклянные микроскопические шарики, которые, отражая падающий на них свет фар автомобиля, делают разметку отчетливо видимой.

Нанесение красок производят с помощью специальных самоходных машин или механизмов различной конструкции. Принцип нанесения заключается в распылении краски под давлением в смеси с воздухом краскораспылительными устройствами. Машины для разметки позволяют при необходимости наносить продольные линии разной ширины с различным соотношением длины штриха и промежутка. Разметочные машины снабжены дополнительным ручным оборудованием для выполнения разметочных работ с помощью шаблонов и трафаретов (различные надписи, пешеходные переходы, стрелки, островки безопасности). На рис. 117 приведены примеры выполнения разметочных работ на пешеходных переходах с применением шаблонов и трафаретов.

При производстве работ окрасочный агрегат должен быть отрегулирован так, чтобы на кисти-щетки не попадало большое количество краски, не образовывались пузыри, а краска ложилась тонким слоем (0,04—0,08 мм). После окончательного нанесения краски в течение 2—5 ч необходимо организовать процесс сушки, не допуская проезда и хождения по окрашенным поверхностям. Окраску по трафаретам следует вести резиновыми валиками. Их применение значительно увеличивает производительность труда.

Окрасочная разметка проезжих частей улиц испытывает в течение года значительные нагрузки, способствующие ее изнашиванию. В связи с этим каждую весну окрасочную разметку приходится восстанавливать. Значительно более долговечными являются разметочные знаки, изготовленные из полос полимерной пленки. Пленку наклеивают на поверхность клеями на эпоксидных смолах. Технология наклейки включает тщательную очистку основания, нанесение клея на обе склеиваемые поверхности и приклеивание с обжатием мягкими катками. В тех случаях, когда применяют пленку с так называемым обратным клеящим слоем, клей наносят только на основание. Тыльную сторону пленки в заводских условиях покрывают клеящим составом, который защищен от высыхания легко снимающейся бумагой. Бумага предохраняет пленку от неравномерного вытягивания. Пленку освобождают от защитной бумаги одновременно с наклейкой на поверхность.

В последнее время для разметки проезжих частей находят все более широкое применение термопластические массы. Они обладают высокой износостойкостью, имеют хорошие адгезионные качества, хорошо различаются как на сухом, так и на мокром покрытии из асфальтобетона, хорошо наносятся на покрытие. В зависимости от толщины слоя и интенсивности движения транспорта срок службы разметки из термопластика составляет 2—4 года при укладке его на поверхность покрытия и 5 лет и более при укладке в один уровень с покрытием (при устройстве углубленной полосы в асфальтобетоне). Коэффициент сцепления термопластика выше, чем для краски, и во влажном состоянии достигает значений 0,3—0,35.

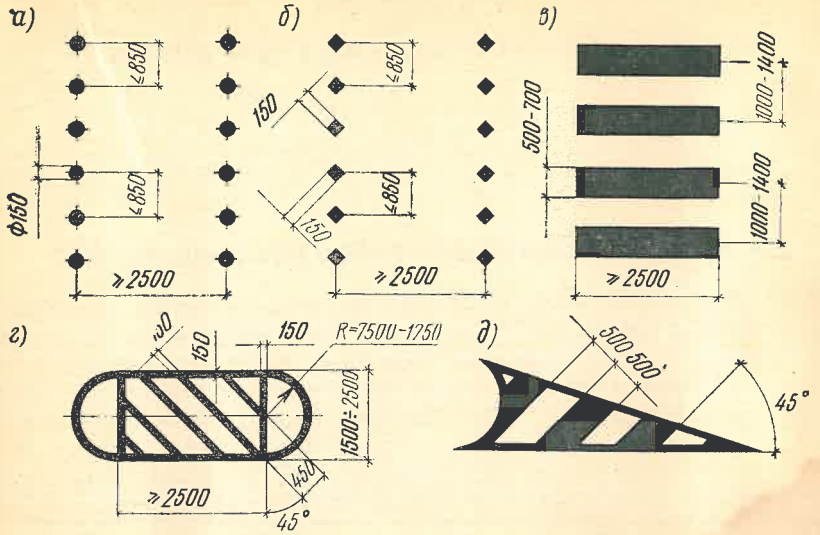


Рис. 117. Разметка пешеходных переходов и резервных зон (размеры даны в мм):

а, б — круглыми и квадратными шашками; *в* — полосами; *г* — островками безопасности; *д* — резервной зоной

У нас находят применение термопластики как отечественного производства, так и ряда зарубежных фирм (Финляндия, ФРГ). В термопластики, как и в краску, для улучшения видимости в ночное время добавляют стеклянные микрошарики.

Технология работ по нанесению термопластика состоит в том, что его разогревают при постоянном перемешивании в отдельном варочном котле до температуры 150—220° С, затем в разогретом состоянии переливают в резервуар разметочной машины, из которого посредством распределительного устройства под давлением наносят на проезжую часть. Толщина укладываемого слоя колеблется от 1,5 до 5 мм и зависит от вида термопластического материала и степени ровности покрытия.

В целях долговечности пешеходные переходы размечают также специальными пластмассовыми или металлическими кнопками, которые втапливают в асфальт с помощью штырей, поставленных с обратной стороны кнопки. Иногда для разметки пешеходных переходов применяют более долговечные, но сравнительно дорогие материалы, как бетон, каменные или керамические плитки. Наряду с разметкой проезжей части устанавливают и другие средства регулирования уличного движения — светофоры, дорожные знаки и всевозможные указатели. Светофоры устанавливают на отдельных стойках, крепят к столбам фонарей уличного освещения или подвешивают на тросах над проезжей частью. Дорожные знаки и различные указатели в большинстве случаев также подвешивают над проезжей частью на тросах или крепят специальными кронштейнами к столбам уличной сети освещения.

ГЛАВА IV
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГОРОДСКИХ УЛИЦ И ДОРОГ

§ 51. ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРОДСКИХ УЛИЦ И ДОРОГ

Для обеспечения безопасного и удобного движения транспорта и пешеходов в любое время года, снижения себестоимости перевозок, увеличения срока службы дорожных одежд, подземных инженерных сетей и дорожно-транспортных сооружений, а также поддержания нормального санитарного состояния городских улиц и дорог необходим своевременный ремонт и правильное их содержание. Вопросами ремонта и содержания улиц и дорог занимаются городские дорожно-эксплуатационные организации. Служба эксплуатации основное внимание уделяет состоянию проезжей части, тротуаров и других элементов улицы, а также поверхностному водоотводу с нее, оказывающих существенное влияние на их долговечность и транспортно-эксплуатационные показатели.

Одним из важнейших вопросов эксплуатации улиц является оценка качества дорожной одежды проезжей части, поддержание ее в состоянии, обеспечивающем бесперебойное и безопасное движение с максимально возможными скоростями. Дорожная одежда постоянно подвергается воздействиям нагрузок транспорта и климатических факторов. При движении автомобиля возникают вертикальные и горизонтальные (касательные) силы, вызывающие напряжения и деформации в дорожной одежде — упругие и остаточные. Накопление остаточных деформаций на поверхности проезжей части делает ее неровной. При наезде колес транспорта на неровности проезжей части возникают удары, отрицательно действующие как на состояние дорожной одежды, так и на подвижной состав.

При напряжениях и деформациях, превышающих величины, допустимые для данного типа дорожной одежды, может произойти ее разрушение. В результате дорога становится непригодной для движения транспорта с расчетными скоростями. В процессе эксплуатации дорог покрытие под влиянием касательных воздействий колес транспорта подвергается также постепенному износу путем истирания верхнего слоя (слоя износа), раздавливания минеральных частиц и сноса их под влиянием движения транспорта и уборки улиц.

Таким образом, основными факторами, снижающими эксплуатационные качества городских дорог, являются: а) неравномерный износ покрытий, характеризующийся появлением на покрытии выкрашивания, выбоин, волн и других неровностей, затрудняющих

движение транспорта с расчетными скоростями; б) равномерный износ, представляющий собой процесс истирания покрытий, когда толщина их под воздействием движения транспорта равномерно уменьшается, снижая тем самым их прочностные характеристики.

Усиленное истирание покрытия проходит на участках торможения — на остановках общественного транспорта (автобусов, троллейбусов), перед перекрестками и на участках с особо интенсивным движением. На нежестких дорожных одеждах наряду с истиранием могут образоваться выбоины, трещины, волны, просадки, колеи, проломы и другие дефекты. На жестких дорожных одеждах деформации чаще всего возникают в виде трещин в плите, шелушения и выкрашивания поверхностного слоя или разрушений, происходящих главным образом в углах плиты и в швах. Износ и накопление деформаций на покрытии проезжей части улиц зависит от интенсивности и скорости движения, а также от климатических условий и качества содержания и ремонта в процессе эксплуатации дорог.

Величина износа асфальтобетонных покрытий в нормальных условиях эксплуатации без нарушения ровности поверхности покрытий невелика и составляет не более 0,5 мм на 1 млн. брутто-т движения. В среднем срок службы асфальтобетона слоем 4 см до капитального ремонта (восстановление верхнего слоя) равен 8—10 лет. Более длительными по сроку службы являются дорожные одежды с цементно-бетонными покрытиями, так как величина износа таких покрытий незначительна. Для поддержания дорожных одежд в надлежащем состоянии в процессе их эксплуатации важно установить величину износа и, следовательно, объем ремонтных работ. Величина износа различных типов покрытий определяется разными методами. Для контроля за износом асфальтобетонных и цементно-бетонных покрытий закладывают при их устройстве металлические марки на всю толщину покрытия. Их изготовляют из сплава, равнопрочного с материалом дорожного покрытия. Иногда вместо марок закладывают стержневые металлические реперы, головки которых располагают на достаточной глубине под поверхностью покрытия в углублении, заливаемом асфальтобетонной смесью. Периодически определяют величину износа покрытия путем промера расстояния от поверхности покрытия до головки стержня.

Наиболее простым способом определения величины износа покрытий (особенно асфальтобетонных) является взятие кернов из покрытий и измерение их толщины. Более совершенным способом определения величины износа является электромагнитный способ с применением специальных приборов.

Для определения степени ровности покрытий применяют различные неподвижные и подвижные устройства. На практике широко используют довольно простой и доступный, хотя и несколько трудоемкий метод, с применением неподвижных реек различной конструкции, например типа ПКР-3. Такие рейки с помощью запи-

сывающего устройства позволяют достаточно точно оценить степень ровности покрытия в пределах их длины. Основным их недостатком является большая трудоемкость при выполнении измерений, а также ограниченность длины проверяемых участков, обусловленная длиной рейки. Наряду с этим использование реек при измерениях степени ровности покрытий создает помехи движению и связано с опасностью для работающих.

Для возможности оценки ровности покрытий с большей производительностью и безопасностью разработаны передвижные устройства, позволяющие регистрировать геометрический профиль поверхности покрытий дорог непрерывно на длинных участках. К ним относятся колесные профилометры и профилографы разнообразных конструкций, передвигаемые вручную, а также устройства, передвигающиеся с помощью автомобиля. Они применяются в виде прицепов, как, например, прибор Союздорнии ПКРС-2, или в навесном варианте, как ПДЛ, АКХ. Производительность измерения ровности с помощью приборов, установленных на автомобиле, достаточно велика, но они фиксируют не сами неровности, а колебания, вызываемые при наезде на неровности. Поэтому для получения характеристик степени ровности покрытия необходима соответствующая обработка показаний прибора.

Одним из приборов, оценивающих ровность по интенсивности динамического воздействия дорожного покрытия на автомобиль, является толчкомер. Метод оценки ровности толчкомером разработан в Харьковском автомобильно-дорожном институте. По этому методу ровность покрытия характеризуется суммой амплитуд сжатия задних рессор автомобиля. При этом чем хуже дорога, тем больше динамика ее воздействия на автомобиль, а следовательно, больше будет и показатель ровности, выражаемый в см на 1 км.

Важнейшим транспортно-эксплуатационным показателем, оказывающим большое влияние на пропускную способность улиц и безопасность движения, является степень сцепления колес транспорта с поверхностью дорожного покрытия, зависящая от его шероховатости. Для оценки сопротивления дорожных покрытий скольжению при приемке вновь построенных или находящихся в эксплуатации дорожных одежд определяют коэффициент сцепления.

Величину коэффициента сцепления определяют различными существующими методами: с помощью портативных маятниковых приборов; по величине тормозного пути автомобиля; динамометрическими тележками. Наибольшее применение в последнее время для измерения степени сцепления находят динамометрические приборы, работающие, как и приборы для определения степени равности покрытий, в прицепном и навесном варианте к автомобилю.

В зависимости от степени износа, ровности и шероховатости покрытий назначают виды и объемы ремонтных работ. При возникновении необходимости проведения ремонтных работ, связанных с усилением покрытия проезжей части, заменой конструктивных слоев дорожной одежды из слабых материалов на более прочные,

необходимо определить прочность существующей дорожной одежды. Оценка прочности дорожной одежды сводится к определению ее фактического модуля упругости и сравнению его с требуемым.

Для определения фактического модуля упругости используют обычно метод статического нагружения дорожной одежды расчетным автомобилем с последующим измерением упругого прогиба под его колесом с помощью рычажных прогибомеров. Величину модуля упругости определяют в этом случае по формуле расчета нежестких дорожных одежд по упругому прогибу. Наряду с этим способом для оценки прочностных характеристик нежестких дорожных одежд используют также метод испытаний ударной нагрузкой, применяя для этого установки динамического нагружения (с падающим грузом). По второму методу по той же формуле по величине вертикальной упругой деформации (от действия падающего груза) определяют динамический модуль упругости дорожной одежды. Переход от динамического модуля упругости к статическому осуществляют через переходный коэффициент, равный для усовершенствованных покрытий 1,6, для переходных — 1,4. Получив в результате измерений и расчетов фактический модуль существующей дорожной одежды и сравнив его с допускаемым для данной категории улицы или дороги, назначают толщину усиления конструкции, материал наращиваемого или заменяемого слоя, а также определяют вид и объем ремонтных работ.

В задачу содержания городских улиц и дорог входит сохранение их технико-эксплуатационных качеств в течение определенного периода между различными видами ремонтов. Содержание предусматривает сезонные работы по систематическому уходу за покрытиями проезжих частей и тротуаров, осмотру и очистке закрытых водосточных сетей, поддержанию в надлежащем эксплуатационном состоянии других инженерных сетей и дорожно-транспортных сооружений.

§ 52. ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРОДСКИХ УЛИЦ И ДОРОГ

Основной задачей городских дорожно-эксплуатационных организаций являются обеспечение качественного круглогодичного содержания и ремонта дорог, тротуаров, водосточных сетей, дорожно-транспортных сооружений, различных объектов внешнего благоустройства города.

Формы организационной структуры дорожно-эксплуатационных организаций и выполняемые ими функции в городах СССР различны, они постоянно изменяются и совершенствуются. Однако при организации дорожно-эксплуатационной службы учитываются основные принципы, присущие многим эксплуатационным организациям многоотраслевого городского хозяйства. К ним относятся: необходимость высокой оперативности при выполнении различных

мероприятий всеми звеньями дорожно-эксплуатационной службы; комплексная механизация при выполнении всех дорожно-ремонтных работ; специализация отдельных звеньев службы по содержанию улиц и дорог и проведению ремонтных работ; концентрация ресурсов, позволяющая при необходимости своевременно осуществлять

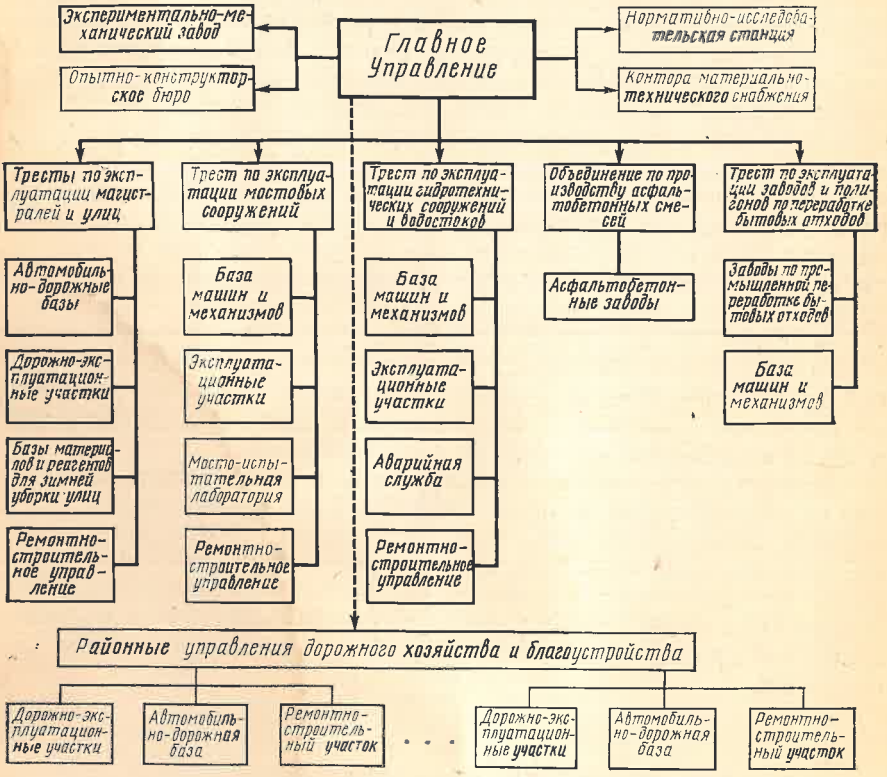


Рис. 118. Структура дорожно-эксплуатационной организации

ремонтные работы на наиболее ответственных участках; возможность создания производственной базы для обеспечения высокого уровня механизации работ; минимальный уровень трудовых и материальных затрат.

В крупных городах дорожно-эксплуатационные организации состоят из предприятий и служб городского подчинения (главные управления, тресты, объединения, автомобильные базы и базы дорожных машин и механизмов, заводы строительных материалов) и районного подчинения (районные управления, дорожно-эксплуата-

ционные и ремонтно-строительные участки, автомобильно-дорожные базы). На рис. 118 приведена структура дорожно-эксплуатационной организации крупного города (на примере Москвы).

Главное управление или управление городского подчинения являются административной единицей, выполняющей оперативные функции, к которым относятся: организация контроля за состоянием всего городского дорожного хозяйства и выполнением всех видов содержания и ремонтно-строительных работ, контроля за разработкой и утверждением технической документации по всем видам ремонтных работ; распределение дорожной и уборочной техники и фондируемых материалов; приемка вновь построенных объектов дорожного хозяйства в эксплуатацию; осуществление планирования и финансирования всех видов деятельности.

Наряду с оперативными функциями управления городского подчинения выполняют функции перспективного значения, а именно: проводят работу по систематизации и исследованию вопросов перспективного развития всех отраслей городского хозяйства с целью определения перспективных требований к дорожному хозяйству; разрабатывают титульные списки объектов капитального ремонта и реконструкции, а также перспективные планы развития производственной базы городского дорожного хозяйства; осуществляют руководство по организации и проведению научно-исследовательских работ в увязке с деятельностью дорожных научно-исследовательских организаций.

Дорожно-эксплуатационные подразделения районного подчинения являются производственными единицами эксплуатационной службы, которые непосредственно выполняют все виды работ по содержанию и различным видам ремонта городских улиц и дорог, водостоков, дорожно-транспортных сооружений и других объектов дорожного хозяйства.

В эксплуатацию построенные объекты дорожного хозяйства принимаются дорожно-эксплуатационными службами после окончания всех работ, предусмотренных проектом по данному объекту. В эксплуатацию объекты передает Государственная приемочная комиссия, назначаемая Исполкомом городского или районного Совета народных депутатов или заказчиком.

Перед сдачей готовность объекта проверяет специальная рабочая комиссия, в которую входят представители заказчика (председатель комиссии), генерального подрядчика, субподрядных строительных организаций, городского комитета профсоюза, городской санитарно-эпидемиологической станции, ОРУД ГАИ и организаций, эксплуатирующих подземные и наземные коммуникации. Рабочая комиссия проверяет готовность предъявленных Государственной приемочной комиссии к приемке в эксплуатацию законченных строительством объектов, а также качество выполненных работ и их соответствие проекту. В ходе проверки рабочая комиссия знакомится с рабочими чертежами, актами на скрытые работы, журналами и актами испытаний строительных материалов и контрольных образцов, журналами производства работ, исполнительными черте-

жами. Кроме того, комиссия отмечает отступления от проектов, недоделки и дефекты.

Рабочая комиссия всю документацию передает заказчику. Заключение рабочей комиссии ложится в основу работы Государственной приемочной комиссии. Государственную приемочную комиссию назначают в составе представителей заказчика (председатель комиссии), эксплуатационной организации, генерального подрядчика, проектной организации и при необходимости технической инспекции городского комитета профсоюза заказчика, городской санитарно-эпидемиологической станции, ОРУД ГАИ, Стройбанка, субподрядных организаций, организаций, эксплуатирующих подземные и наземные коммуникации, и др.

Заказчик представляет Государственной приемочной комиссии следующие материалы: акты рабочих комиссий, утвержденный проект, справку о размерах произведенных затрат на строительство объекта и подготовку к вводу в эксплуатацию с утвержденной сметной документацией; исполнительную документацию.

В состав исполнительной документации входят: схема сдаваемой в эксплуатацию улицы, дороги, площади или водостока; комплект рабочих чертежей (план, продольный, поперечный и конструктивный профили и др.) с внесенными в них в процессе строительства изменениями; исполнительный чертеж со штампом Отдела подземных сооружений (по водостоку); ведомости выполненных объемов работ, отступлений от проекта, недоделок и дефектов; акты приемки скрытых работ; паспорта на примененные при строительстве материалы и изделия; результаты испытаний (асфальтобетона, цементобетона, щебня, песка, земляного полотна); справки эксплуатационных организаций о приемке в эксплуатацию подземных сетей и сооружений, прокладка и перекладка которых вызвана строительством и реконструкцией улиц, площадей, дорог и водостоков, в объемы которых включены эти работы; справка о приемке в эксплуатацию пересаженных зеленых насаждений.

Государственная приемочная комиссия после рассмотрения заключения рабочей комиссии о готовности объекта к приемке в эксплуатацию, проверки наличия и содержания актов, составленных рабочей комиссией, установления соответствия утвержденному проекту предъявленного к приемке в эксплуатацию объекта, освидетельствования качества выполненных работ по конструктивным элементам объекта, а также проверки соответствия принимаемого объекта требованиям правил технической эксплуатации дает оценку выполненным работам по сдаваемому объекту.

В качестве примера ниже рассмотрены основные требования, которые предъявляются в процессе приемки и сдачи в эксплуатацию к отдельным элементам городской дороги: бортовому камню, асфальтобетонному и цементно-бетонному покрытиям.

Качество установленных бортовых камней определяют осмотром на месте и на основании заводских паспортов. Бортовые камни принимают в том случае, если установлено их соответствие с проек-

том. Поврежденные и загрязненные бортовые камни подлежат замене.

При приемке асфальтобетонных покрытий проверяют: соответствие утвержденному проекту конструкции основания, подстилающего слоя, дренажных устройств и водоотвода — по актам на скрытые работы, журналам производства работ и лабораторным данным, а при необходимости путем производства дополнительных вырубок дорожной одежды; соответствие уложенной асфальтобетонной смеси требованиям ГОСТа — по данным лабораторных испытаний и результатам текущего технического контроля; качество уплотнения асфальтобетонного покрытия — по данным лабораторных испытаний вырубок из покрытий. Вырубки берут из каждых 3000 м² покрытия, но не менее 2 на объекте; качество отделки поверхности, которая должна быть без раковин, трещин и пор, с правильным сопряжением полос асфальтобетона, ровной и уплотненной у люков, колодцев, решеток, трамвайных путей и т. д. (при устройстве покрытий на тротуарах проверяется сопряжение с бортовым камнем); толщину покрытия по данным вырубок, взятых в процессе производства работ, а также контрольных вырубок, отобранных при приемке; ширину покрытия (проверяют замерами не менее чем через 100 м); соответствие проекту продольного и поперечного профилей покрытия (проверяется контрольным нивелированием не менее чем на 10% принимаемого участка); ровность поверхности покрытия (определяют трехметровой рейкой через 20—30 м, причем на каждом контрольном поперечнике делают три замера — один по оси и два на расстоянии 1—1,5 м от борта); правильность установки люков, колодцев и дождеприемных решеток.

Цементно-бетонное монолитное покрытие в эксплуатацию принимают не раньше чем через 28 дней с момента устройства и при наличии результатов испытаний. При приемке комиссия проверяет: соответствие утвержденному проекту конструкции основания, подстилающего слоя, дренажных устройств и водостока — по актам на скрытые работы, журналам производства работ и лабораторным данным, а при необходимости производством дополнительных вырубок дорожной одежды; соответствие уложенной цементно-бетонной смеси требованиям ГОСТа — по данным лабораторных испытаний и результатам текущего технического контроля; структуру и прочность бетона — по данным результатов лабораторных испытаний образцов бетонной смеси через 28 дней, контрольных испытаний бетонных образцов, хранившихся на трассе в одинаковых условиях с бетонным покрытием, кернов, высверленных в процессе производства работ, и при приемке покрытий (на 3000 м² отбирают не менее 3 кернов диаметром 15 см); качество ухода за бетоном по данным журналов и справок лабораторий трестов; состояние поверхности, которая не должна иметь неровностей, раковин, наплывов и трещин. Необходимо также проверить правильность устройства и разделки швов, качество отделки краев покрытия, а также сопряжений с колодцами, мачтами и т. п.

Качество перечисленных работ определяют при тщательном осмотре принимаемой площади покрытия по следующим данным: толщину покрытия по данным высверленных в процессе производства работ кернов, а также по контрольным кернам, взятым при приемке; ширину и ее соответствие проектному размеру проверяют замерами не менее чем через 100 м; соответствие проекту продольного и поперечного профиля покрытия проверяют контрольным нивелированием не менее 10% протяжения принимаемого участка; правильность установки арматуры и устройства швов расширения и сжатия — по данным актов на скрытые работы и текущего технического контроля; правильность установки люков колодцев и дождеприемных решеток.

Качество асфальтобетонного и цементно-бетонного монолитного покрытий оценивают на отлично, хорошо и удовлетворительно в зависимости от отклонений от проекта и требований технических условий.

Результаты работы Государственной комиссии оформляют в виде акта, который содержит: данные о выполнении постановлений правительства или решений вышестоящих органов о строительстве принимаемого объекта; краткую характеристику принимаемых объектов: по улице, дороге, площади — значение в соответствии с классификацией, длину, ширину в красных линиях, ширину проезжей части, тротуаров и газонов, тип (конструкцию) проезжей части и тротуаров; по водостоку — конструкцию, размеры поперечного сечения и глубину заложения; основные технико-экономические показатели и их соответствие утвержденному проекту; данные об утверждении проектной и сметной документации; данные о соответствии выполненных работ проекту и требованиям строительных норм и правил; общую оценку качества выполненных работ; заключение о готовности объектов и решение комиссии о приемке их в эксплуатацию.

Акты Государственных приемочных комиссий представляют на утверждение в инстанции, назначившие эти комиссии. Если Государственная приемочная комиссия считает, что объект не может быть введен в эксплуатацию, об этом составляют мотивированное заключение и представляют органу, назначившему комиссию. Копию заключения направляют заказчику и генеральному подрядчику.

В процессе эксплуатации объектов городского дорожно-мостового хозяйства, а также производственной деятельности дорожно-эксплуатационных организаций непрерывно происходят количественные и качественные изменения в составе хозяйства. Организация правильной эксплуатации дорожного хозяйства города требует постоянного учета этих изменений. Этим целям служит инвентаризация и паспортизация городского дорожного хозяйства.

Инвентаризация представляет собой технический учет сооружений. Материалы инвентаризации используют для: определения количественного состава, технического состояния и стоимости дорожных сооружений и водостоков; включения стоимости дорожных одежд в баланс дорожно-эксплуатационных организаций; разработ-

ки планов строительства, восстановления и реконструкции; обеспечения сведениями организаций для их оперативной деятельности.

Инвентаризация заключается в первоначальном учете сооружений, предусматривающем установление к определенному сроку количественного состава, технического состояния, стоимости и принадлежности дорожных сооружений города и в периодической регистрации изменений, происшедших после первоначального учета. Различают первичную инвентаризацию и последующие повторные, при которых регистрируют текущие изменения.

В результате первоначальной инвентаризации составляют следующие документы: план улиц, площадей и водостоков (для водостоков составляют также вертикальные разрезы); инвентаризационные карточки по типам сооружений.

В дальнейшем данные первоначального учета периодически дополняют данными учета текущих изменений. Выявленные изменения вносят в инвентарные чертежи и карточки. Всесторонние изменения, происшедшие за время службы сооружений, учитывают паспортизацией, т. е. составлением и систематическим ведением технического паспорта сооружений. Технический паспорт сооружения — документ, характеризующий работу сооружения в процессе эксплуатации и содержащий выводы о работе сооружения за определенный период времени. К паспорту в виде приложения даются графический материал, план улицы, поперечные профили в характерных местах, продольные профили по лоткам и оси, геологический профиль по оси улицы, план оснований, конструктивные чертежи сооружений, схема водостоков и др.

§ 53. КЛАССИФИКАЦИЯ ДОРОЖНО-РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Поддержание городских улиц и дорог в процессе эксплуатации в надлежащем состоянии требует строгой системы выполнения соответствующих дорожно-ремонтных работ, которые характеризуются многообразием их видов, сезонностью выполнения, неоднородностью объемов и большой разбросанностью по территории города.

В соответствии с утвержденной классификацией работ по ремонту и содержанию сооружений внешнего благоустройства городов все дорожные работы в зависимости от их характера и объемов делятся на четыре основные группы: содержание, текущий, средний и капитальный ремонты. Такое разделение позволяет более эффективно осуществлять организацию и планирование дорожно-ремонтных работ, наиболее рационально использовать трудовые и материальные ресурсы дорожно-эксплуатационных организаций для их выполнения.

Работы по содержанию городских улиц и дорог носят сезонный характер и разделяются на летние, осенние, зимние и весенние.

В летний период осуществляются работы по очистке проезжей части и тротуаров от пыли и грязи, приведению дорожной обста-

новки в надлежащее состояние (разметка линий регулирования движения транспорта и пешеходов). Осенние работы заключаются в подготовке дорожных одежд и тротуаров к эксплуатации их в наиболее трудный для обеспечения безопасного и бесперебойного движения транспорта и пешеходов зимний период. Работы по зимнему содержанию включают очистку проезжей части и тротуаров от снега и льда, своевременное распределение на проезжих частях и тротуарах противогололедных материалов, подготовку водостоков к весеннему периоду. Весенние работы, выполняемые одновременно с текущим ремонтом, направлены на устранение возникших в зимний период деформаций и разрушений дорожной одежды, ликвидацию пучинообразований, а также своевременную очистку кюветов и водосточных сетей в период снеготаяния.

Основной задачей текущего ремонта являются профилактические мероприятия, направленные на устранение разного рода повреждений дорожной одежды и тротуаров немедленно после их появления.

В состав текущего ремонта городских улиц и дорог входят такие виды работ, как заделка мелких ям, выбоин, трещин, колей и исправление просадок на всех видах дорожных одежд; удаление волн и наплывов, а также устройство поверхностной обработки с целью повышения шероховатости на асфальтобетонных покрытиях; выравнивание отдельных просевших плит сборных покрытий проезжей части и тротуаров; замена или выравнивание отдельных бортовых камней; ремонт дождеприемных и смотровых колодцев, водовыпускных устройств и водоотводных канав, замена пришедших в негодность крышек, решеток и люков колодцев, замощение отдельных участков открытых водостоков; обновление дорожных знаков, сигналов, линий регулирования и других элементов обстановки улицы.

Текущий ремонт проводится преимущественно в теплый период времени года. Весной производят текущий ремонт с целью устранения повреждений, возникших зимой, осенью, для подготовки проезжих частей и тротуаров к зимней эксплуатации.

Средний ремонт проезжей части городских улиц и дорог выполняют с целью восстановления его прочностных свойств путем усиления покрытия слоем износа. Работы по среднему ремонту относятся к плановым и выполняются они в соответствии с установленным межремонтным сроком один раз в несколько лет. По сравнению с текущим ремонтом работы по среднему ремонту имеют значительные объемы и могут охватывать участки площадью до 40% от общей площади улицы или дороги.

В состав работ среднего ремонта входят: устранение просадок и других повреждений дорожных одежд и тротуаров с исправлением оснований на сравнительно больших участках; замена непригодных к дальнейшей эксплуатации бортовых камней протяженностью до 40% от общей длины улицы или дороги; устройство нового слоя износа покрытия проезжей части; замена разрушенных плит сборных покрытий дорог и тротуаров на значительных по площади участках; перемощение отдельных участков улиц и площадей, покры-

тых каменными мостовыми; перекладка или замена отдельных элементов смотровых и дождеприемных колодцев.

Капитальный ремонт городских дорог производят в том случае, когда их прочностные показатели и пропускная способность в результате резко возросшей интенсивности движения транспорта снижаются. Поэтому состав работ по капитальному ремонту характеризуется большим их разнообразием и значительными объемами. При капитальном ремонте могут выполняться следующие работы: уширение проезжей части с устройством земляного полотна и дорожной одежды; исправление поперечного профиля проезжей части с восстановлением всех видов покрытий; усиление отдельных конструктивных слоев дорожной одежды; ремонт разрушений земляного полотна с восстановлением или новой прокладкой дренажа, водонепроницаемых и изолирующих прослоек; уширение тротуаров с заменой материала оснований и восстановлением покрытия; устройство асфальтобетонных покрытий проезжих частей и тротуаров на улицах, покрытых каменными мостовыми, щебеночными, гравийными и другими видами покрытий переходного типа; устройство дорожных одежд в связи с прокладкой по данной улице или перекладкой подземных инженерных коммуникаций; переустройство водостоков с применением более долговечных материалов, деталей, конструкций; сооружение дополнительных закрытых водосточных веток или открытых канав (кюветов); восстановление или устройство вновь дорожных знаков, сигналов и других элементов дорожной обстановки.

Конструкцию дорожной одежды и пропускную способность улицы перед капитальным ремонтом проектируют с учетом перспективной интенсивности движения, ожидаемой к началу следующего капитального ремонта.

§ 54. РЕМОНТ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДОРОГ И ТРОТУАРОВ

Опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий на городских улицах и дорогах показывает, что срок их службы до капитального ремонта составляет примерно 8—10 лет. На асфальтобетонных покрытиях в процессе эксплуатации появляются всевозможные трещины, сдвиги и колеи (особенно на остановочных пунктах общественного транспорта), проломы и просадки (около люков колодцев, рельсов трамвайных путей, в местах бывших вскрытий дорожных одежд и т. д.). Под воздействием колес транспорта проявляется процесс износа (истирания) поверхностного слоя асфальтобетонного покрытия и с течением времени дорожная одежда теряет необходимую несущую способность.

В соответствии с классификацией ремонт дорожных одежд и покрытий разделяется на три вида: текущий, средний и капитальный. К текущему ремонту относятся работы по неотложному исправлению мелких повреждений с целью недопущения дальнейших разрушений покрытия. Средний ремонт выполнения с целью восстановле-

ния несущей способности дорожной одежды и повышения транспортно-эксплуатационных показателей дороги. При капитальном ремонте выполняются работы по полной или частичной замене конструктивных слоев асфальтобетонного покрытия.

Виды деформаций асфальтобетонных покрытий, причины их возникновения и способы устранения приведены в табл. 86.

В состав работ по текущему ремонту асфальтобетонных покрытий входят заделка трещин, ремонт просадок и выбоин, восстановление дорожных одежд после разрытий, устранение волнообразований, наплывов, колей, сдвигов.

Таблица 86

Вид деформаций	Основные причины возникновения деформаций	Способы устранения деформаций
Продольные, поперечные и сетчатые трещины	Резкие перепады температур; деформация основания или земляного полотна; повышение хрупкости (старение) битума в асфальтобетоне; знакопеременные усилия в температурных швах цементно-бетонного основания	Заделка трещин битумными мастиками или разжиженным битумом; усиление основания; работы по улучшению дренирующих свойств основания
Волнообразования, сдвиги и наплывы	Избыточная пластичность и слабая сдвигоустойчивость асфальтобетона; отсутствие необходимого сцепления верхнего слоя с нижним или покрытия с основанием; резкое торможение транспортных средств на одних и тех же участках (например, у остановок общественного транспорта)	Замена покрытия более жесткой и сдвигоустойчивой асфальтобетонной смесью; укладка нового поверхностного слоя с предварительным устранением неровностей путем разогрева покрытия
Просадки и проломы	Переувлажнение или недостаточное уплотнение земляного полотна; пучинообразование; некачественное восстановление нижних слоев дорожной одежды после разрытий; недостаточное уплотнение у люков колодцев и неправильная установка	Ликвидация просадок с устройством нового основания и покрытия; перестановка люков колодцев на необходимые отметки с тщательной заделкой вокруг водоотвода из земляного полотна; ликвидация пучинообразований
Износ покрытия	Истирание поверхностного слоя асфальтобетона под действием колес транспорта; выкрашивание каменных частиц в связи со «старением» вяжущего (битум)	Наращивание покрытия новым слоем асфальтобетона; поверхностная обработка покрытия

Трещины в асфальтобетонных покрытиях обычно возникают в периоды резкого снижения температуры (при сильных и быстронаступающих морозах). В зависимости от ширины трещины разделяются на мелкие — до 0,5 см, средние — до 2 см и большие — до 3 см. Трещины, разрастаясь, приводят к разрушению покрытия дороги. Поэтому их заделку следует считать важным профилактическим мероприятием. Для заливки и заделки трещин рекомендуются следующие материалы: разжиженный или жидкий битум марок СГ-70/130, СГ-130/200, МГ-70/130, МГ-130/200 с последующей обработкой поверхности шва черными высевками фракции 3—7 мм; резинобитумное вяжущее (РБВ), состоящее из битума, резиновой крошки, размягчителя; мастики, состоящие из резинобитумного вяжущего и твердых наполнителей.

Резинобитумные вяжущие и мастики приготовляют в специальных стационарных установках.

Мелкие трещины (0,5 см) целесообразно заполнять резинобитумным вяжущим или разжиженным битумом с последующей присыпкой минеральным материалом; трещины шириной более 0,5 см, как правило, заполняют резинобитумным вяжущим или мастиками. Жидкий и разжиженный битумы получают путем добавления керосина в вязкие битумы с подогревом перед употреблением до 80—100° С.

Материал для заделки трещин должен обладать эластичностью, теплостойкостью, хорошим сцеплением (адгезией) с асфальтобетоном и каменными материалами, высокой текучестью, при заливке должен легко выливаться из рабочего органа заливщика и полностью заполнять трещину. Эластичность достигается путем введения в мастику синтетических каучуков или резиновой крошки, а теплостойкость — введением твердых наполнителей: минерального порошка, асбестовой крошки или совместным применением вязких дорожных и строительных битумов. Наиболее распространенными из синтетических материалов для приготовления мастик является эластичный материал полиизобутилен, обладающий хорошими адгезионными свойствами и высокой стойкостью к химическим реагентам.

В городском дорожном строительстве для заделки трещин в асфальтобетонных покрытиях применяют различные составы мастик. В табл. 87 приведены составы мастик, подобранные для применения их во II, III и IV климатических зонах.

Подбор состава мастик заключается в получении такой смеси вяжущего и наполнителей, которая имела бы заданную температуру размягчения и достаточно высокую текучесть при рабочей температуре. Температура размягчения мастик для II дорожно-климатической зоны должна находиться в пределах 60° С, а III и IV — от 60 до 75° С.

Трещины заделывают в сухую погоду при температуре воздуха не менее +5° С. Лучше всего заделку трещин вести в первой половине сезона дорожно-ремонтных работ, когда трещины наиболее раскрыты. Перед заделкой их необходимо тщательно очистить от

Таблица 87

Наименование компонентов мастики	Дорожно-климатические зоны					
	II	II	III—IV	II	II—III	III—IV
	Номера мастик и их состав, %					
	1	2	3	4	5	6
Битум БНД-40/60 или БНД-60/90	54	60	60	72	63	45
Минеральный порошок	25	25	20	10	25	35
Асбестовая крошка	10	15	20	—	—	10
Резиновая крошка	5	—	—	10	5	5
Каменноугольное или минеральное масло	6	—	—	8	7	5

пыли и грязи и просушить. Слежавшуюся в средних и больших трещинах грязь предварительно разрыхляют металлическими крючками, а затем очищают их от пыли плоскими металлическими щетками. Для окончательной очистки от пыли и грязи трещины продувают из шланга струей сжатого воздуха. После прочистки и просушки их заливают гидроизоляционными материалами.

Для разделки и очистки трещин при текущем ремонте асфальтобетонных покрытий применяют машину ДЭ-10. Машина представляет собой передвижную трехколесную тележку, управляемую вручную, на которой установлены компрессор, топливный бак и термоинструмент, являющийся рабочим органом машины в виде горелки реактивного типа. Горючее из бака подается под давлением воздуха, поступающего в бак и к инструменту. При разделке кромок трещин на глубину до 40 мм производительность машины составляет 100—110 м/ч, при очистке трещин той же глубины производительность достигает 600 м/ч.

Трещины шириной более 3 см можно заделывать холодной и горячей асфальтобетонной смесью. При заделке холодной смесью трещины заполняют разжиженным битумом и каменными высевками с таким расчетом, чтобы после уплотнения их до поверхности покрытия оставалось 8—10 мм. Сверху высевок укладывают слой холодного асфальтобетона, который уплотняют моторными катками массой 1,5—3 т. При заделке горячей смесью трещины смазывают разжиженным битумом, а затем заполняют горячей асфальтобетонной смесью, которую уплотняют моторными катками массой 5—6 т.

При наличии на асфальтобетонном покрытии сплошной мелкой сетки трещин, вызванной разрушением покрытия из-за несоответствия свойств асфальтобетона требуемым или слабым основанием, заделка трещин не производится, а поврежденное покрытие снимается полностью и восстанавливается после ремонта основания.

Ремонт отдельных просадок и выбоин в асфальтобетонном покрытии необходимо производить асфальтобетонными смесями при-

мерно тех же составов, из которых построено покрытие. Материалы следует завозить в количестве, необходимом для ремонта данного участка дороги. Неиспользованные материалы и отходы должны своевременно вывозиться.

Обрубку ремонтируемого участка должны производить по прямолинейному контуру. Разрушенные места, находящиеся друг от друга на расстоянии до 0,5 м, ремонтируют общей картой. Очертание вырубки намечают по рейке. Если поврежден только верхний слой покрытия толщиной не более 1,5 см, то ремонт ведут без вырубки нижнего слоя. При повреждении покрытия на большую глубину покрытие вырубают до основания. Перед укладкой асфальтобетонной смеси ремонтируемое место тщательно очищают и обрабатывают (смазывают) по краям и основанию горячим или разжиженным битумом. Смазка обеспечивает необходимое сцепление вновь уложенного покрытия со старым основанием.

Температура укладываемой смеси должна быть от 140 до 160° С. Смесь должна быть однородной, без комков, уплотнять ее следует моторными катками. После уплотнения места примыкания старого и вновь уложенного асфальтобетона для обеспечения достаточно плотного сопряжения обрабатывают горячими утюгами или горелками теплового излучения.

При ремонте небольших повреждений в покрытиях из холодного асфальтобетона при глубине выбоин более 4 см их заделывают в два слоя. В нижний слой укладывают горячую мелкозернистую или среднезернистую смесь с учетом того, чтобы при ее уплотнении осталось не менее 2 см для укладки верхнего слоя из холодной смеси.

При текущем ремонте асфальтобетонных покрытий наряду с вырубкой разрушенного слоя большое распространение получил способ удаления деформированного асфальтобетона с помощью асфальторазогревателей. Асфальторазогреватели целесообразно применять при исправлении сдвигов, волн, наплывов, колей на остановках общественного транспорта. Асфальторазогреватель ДЭ-2 (Д-717), приведенный на рис. 119, смонтирован на шасси автомобиля УАЗ-451ДМ, в закрытом кузове которого размещено следующее оборудование: газобалонная установка, включающая в себя баллоны со сжиженным газом, редуктор низкого давления, трубопроводы и рукава; блок горелок инфракрасного излучения с механизмом подъема; гидро- и электрооборудования. Кроме описанного асфальторазогревателя, выпускаемого промышленностью, отдельные дорожно-эксплуатационные организации изготовляют для своих нужд разогреватели теплового излучения, монтируемые на шасси автомобилей (РА-10, РА-20, АР-53 и др.).

Наряду с асфальторазогревателями при текущем ремонте применяют ремонтеры ДЭ-5 (Д-731), которые разогрев асфальтобетонных покрытий осуществляют с помощью инфракрасных излучателей. Ремонтер смонтирован на шасси автомобиля ГАЗ-53А, в кузове которого размещены бункер-термос для асфальтобетонной смеси, емкости для минерального порошка и битумной эмульсии, переносные

блоки с горелками инфракрасного излучения, передвижной инфракрасный разогреватель, распределительная тележка, электровиброкаток, электромолоток С-349, электротрамбовка С-690, ручной инструмент (лопаты, гладилки, щетки и т. д.) и ограждающие щиты и знаки.

В результате применения машин, снабженных источниками инфракрасного излучения, разработаны более совершенные способы ремонта асфальтобетонных покрытий, при которых разогрев покры-

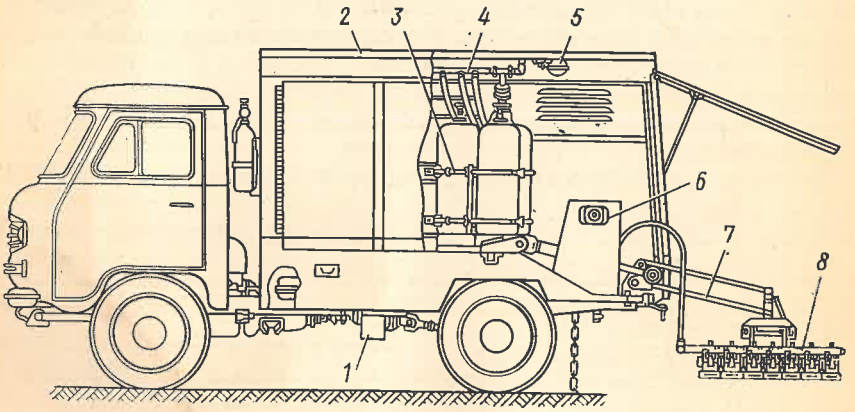


Рис. 119. Асфальторазогреватель ДЭ-2:

1 — шасси УАЗ-451 ДМ; *2* — кузов; *3* — обойма баллонов; *4* — газопровод; *5* — электрооборудование; *6* — гидрооборудование; *7* — механизм подъема блока; *8* — блок горелок

тия происходит без выгорания битума, что позволяет использовать обработанный этим способом асфальтобетон для устройства нижнего или выравнивающего слоя с перекрытием его свежей смесью. В настоящее время прошла испытания и рекомендована к производству машина для ремонта асфальтобетонных покрытий с помощью электрических кварцевых излучателей.

После ремонта или прокладки подземных коммуникаций разрушенную дорожную одежду восстанавливают после тщательного уплотнения разрытий и полной стабилизации осадки земляного полотна. Если не удается достичь необходимой плотности основания и земляного полотна и возможно появление просадок, устраивают временное покрытие с применением крупнозернистых черных щебеночных смесей или холодного асфальтобетона с периодическим, по мере осадки, исправлением профиля теми же материалами. После затухания осадки дорожную одежду в местах разрытий устраивают из этих же материалов, из которых возведена ремонтируемая дорога.

Производство работ по текущему ремонту тротуаров с асфальтобетонными покрытиями осуществляется теми же методами и правилами, которые используют при выполнении текущего ремонта

проезжей части улиц и дорог с асфальтобетонным покрытием. Основное отличие состоит в том, что при ремонте тротуаров применяют специальные тротуарные машины небольших габаритов и меньшей производительности: тротуарные раскладчики, тротуарные катки, заливщики трещин и др.

При потере асфальтобетонным покрытием необходимой шероховатости, появлении большого количества трещин, а также значительном износе поверхностного слоя планируют средний ремонт покрытия. Шероховатость покрытия восстанавливают поверхностной обработкой. Поверхностная обработка улучшает внешний вид покрытия, подвергавшегося значительному ремонту, создает само-

Таблица 88

Размер щебня, мм	Рекомендуемые марки битума	Ориентировочный расход	
		вяжущего, л/м²	черного щебня, кг/м²
5—10	БНД-200/300, СГ-130/200, МГ-130/200, битумная эмульсия	0,7—0,9	20—25
10—15	БНД-200/300, БНД-130/200	0,75—0,95	25—30
15—20	БНД-130/200, БНД-90/130, БНД-60/90	0,8—1	34—40
20—25	БНД-90/130, БНД-60/90, БНД-40/60	0,8—1	53—58

стоятельный слой износа, ликвидирует скользкость и придает покрытию шероховатость, увеличивающую безопасность движения транспорта.

Для поверхностной обработки применяют щебень прочностью не менее 600 кгс/см² (60 МПа) фракций 5—10, 10—15, 15—20 и 20—25 мм. Щебень предварительно обрабатывают в стационарных асфальтосмесительных установках или передвижных бетоносмесителях битумом или битумной эмульсией. Расход черного щебня различных фракций и вяжущего можно принимать в соответствии с данными табл. 88.

При поверхностной обработке необходимо подготовить покрытие к розливу, разлить вяжущее вещество и рассыпать каменный материал, уплотнить материал катками и вести уход за покрытием до оформления коврика. Для подготовки покрытия к поверхностной обработке нужно выполнить необходимый ремонт и заделать трещины, а также ликвидировать неровности на покрытии. Последняя операция является особенно важной, так как имеющиеся неровности не могут быть ликвидированы поверхностной обработкой.

Вяжущее вещество разливают автогудронаторами и равномерно распределяют по покрытию. При однослойной обработке вслед за розливом вяжущего немедленно рассыпают очерненный щебень. При двойной обработке сначала рассыпают каменный материал более крупных фракций и уплотняют его, а затем вторично разливают би-

тум и рассыпают каменный материал менее крупных фракций. Для лучшего контакта каменного материала с вяжущим уплотнять очерненный щебень катками следует немедленно после его россыпи, пока разлитый битум имеет наибольшую температуру. Уплотнение ведется от краев к середине; число проходов катка по одному следу 4—5. Чтобы избежать раздавливания щебня вальцами катка, необходимо применять катки на пневматических шинах.

Температура наружного воздуха при поверхностной обработке должна быть не ниже +15—20° С, а поверхность покрытия не должна быть мокрой, чтобы обеспечить хорошее сцепление вяжущего с каменным материалом. Окончательно коврик формируется под воздействием движущегося транспорта, поэтому некоторое время после начала движения следует вести наблюдение за поверхностной обработкой.

Наряду с поверхностной обработкой слой износа восстанавливают путем наращивания на существующее покрытие нового слоя асфальтобетона. Как и при поверхностной обработке, слой износа устраивают только после заделки трещин, просадок, выбоин и других деформаций покрытия. При этом для повышения безопасности автомобильного движения наращиваемый слой должен иметь шероховатость, обеспечивающую надежное сцепление колес автомобиля с поверхностью дороги. К устройству покрытий с повышенным коэффициентом сцепления следует приступать в начале сезона дорожно-ремонтных работ при устойчивой температуре воздуха не ниже 15° С. В городских условиях применяют три способа устройства покрытий с повышенным коэффициентом сцепления.

По первому способу в верхний слой покрытия укладывают специально подобранные смеси с повышенным содержанием щебня. Для получения шероховатой поверхности необходимо иметь в смеси 60% щебня. При устройстве шероховатой поверхности технология работ остается такой же, как при устройстве обычных асфальтобетонных покрытий. Укатка слоя в этом случае ведется сразу тяжелыми катками. При недостаточном укатывании такое покрытие становится недолговечным.

По второму способу на неуплотненный верхний слой асфальтобетонного покрытия рассыпают горячий черный щебень и укатывают его. Асфальтобетонную смесь обычного состава укладывают асфальтоукладчиком и медленно прокатывают легкими катками, затем рассыпают и разравнивают горячий черный щебень фракций 15—20 или 20—25 мм и ведут укатку тяжелыми катками. Черный щебень фракции 15—20 мм рассыпают в количестве 15—20 кг/м², а фракции 20—25 мм — 20—25 кг/м². К началу россыпи температура черного щебня должна быть 130—150° С, а температура перед укаткой катками — не ниже 100° С. К месту укладки смесь следует подавать непрерывно; через каждые 5—6 автомашин со смесью нужно подавать машину с горячим черным щебнем.

По третьему способу шероховатую поверхность создают втапливанием материалов (фракции менее 100 мм), обработанных битумом, при окончательном уплотнении асфальтобетонной смеси в та-

кой технологической последовательности: укладывают верхний слой покрытия из мелкозернистой пластичной смеси с содержанием щебня 30%; предварительно уплотняют смесь легкими катками (2—6 проходов по одному следу); распределяют материал, обработанный битумом, по поверхности покрытия сплошным ровным слоем при помощи облегченного асфальтоукладчика или вручную; уплотняют материал катками на пневматических шинах или тяжелыми катками. Температура распределяемого материала должна быть 120—140° С, а температура покрытия — 80—100° С. Расход материалов, обработанных битумом, фракции 5—10 мм составляет 10—13 кг/м², фракции 3—8 мм — 8—12 кг/м² и фракции 2—5 мм — 8—10 кг/м². Движение автотранспорта по покрытию с втопленными материалами, обработанными битумом, можно открывать на следующий день после окончания работ.

При капитальном ремонте асфальтобетонных покрытий ведут подготовку основания под укладку асфальтобетона, укладку смеси, уплотнение асфальтобетона и отделку поверхности. Подготовка основания заключается в наращивании колодцев железобетонными сегментами до проектной отметки, в очистке основания от пыли и грязи, просушке и смазке его битумной эмульсией. Очистку основания ведут механическими щетками, подметально-уборочными машинами. При необходимости поверхность основания промывают поливомоечными машинами (ПМ-130, ПМ-10) или очищают сжатым воздухом, подаваемым от ресивера компрессора через специальные сопла.

Укладка асфальтобетонной смеси на влажную поверхность не допускается, так как при этом не обеспечивается необходимое сцепление покрытия с основанием. Влажные основания просушивают разогревателями асфальта или горячим песком, нагретым до 200—250° С. Перед укладкой асфальтобетона основание покрывают битумной эмульсией или разжиженным битумом при помощи механических распылителей, смонтированных на автогудронаторе, а также специальной щеткой, смонтированной на поливо-моечной машине.

Битумную эмульсию наносят тонким равномерным слоем за 2—3 ч до укладки асфальтобетонной смеси. Расход вяжущего на 1 м² покрытия составляет 200—300 г. Примерный состав эмульсии: битум 55—58%, вода 41—43%, сульфитно-дрожжевая бражка до 4%. Укладку асфальтобетонной смеси можно начинать только после того, как битумная пленка полностью высохнет и хорошо схватится с основанием.

Для получения требуемой толщины покрытия после розлива битумной эмульсии устанавливают контрольные маяки или наносят отметки верха покрытия на бордюрном камне. Верх маяка или отметка на бордюрном камне должны соответствовать верху покрытия после уплотнения. Все выступающие части подземных сооружений смазывают битумом. При устройстве двухслойного покрытия нижний слой укладывают на такой площади, которая может быть перекрыта в следующую смену верхним слоем. Этим дости-

гается лучшее сцепление слоев покрытия и значительно уменьшаются дополнительные работы по очистке.

Асфальтобетонную смесь укладывают при температуре не ниже 130° С асфальтоукладчиками различных типов. Асфальтоукладчики позволяют плавно изменять толщину слоя (от 3 до 15 см) и обеспечивают укладку смеси с соблюдением заданного поперечного профиля. Для увеличения укладываемой полосы в комплект укладчика входят уширители шнека, трамбующего бруса и выглаживающей плиты. Уширители длиной по 30 см могут быть установлены с одной или двух сторон.

Число полос укладываемой асфальтобетонной смеси по ширине проезжей части принимают с учетом длины трамбующего бруса асфальтоукладчика и необходимости перекрытия каждой полосы в среднем на 5 см. Для обеспечения монолитности двух смежных полос температура смеси на ранее уложенной полосе должна быть не ниже 80° С. Для получения хорошей продольной спайки полос асфальтобетона длину полосы, укладываемой за один проход асфальтоукладчика, следует принимать в зависимости от температуры воздуха.

При наличии бордюров асфальтоукладчик передвигается на расстоянии 10 см от них, а образующийся зазор и другие места, недоступные для механической укладки (у колодцев, на крутых поворотах), заделывают вручную одновременно с работой асфальтоукладчика. Толщину укладываемого слоя принимают с учетом коэффициента уплотнения 1,15—1,20.

Перед укладкой каждой следующей полосы необходимо разогреть спайку ранее уложенной. Для этого край уплотненной полосы покрывают валиком горячей смеси на ширину 15—20 см, которую убирают перед укаткой. Разогревать спайки можно также разогревателями асфальта или горелкой автогазоремонтера. Асфальтобетонную смесь вначале уплотняют легкими катками, а после 4—6 проходов по одному следу — катками на пневмошинах или вибрационными по 10—13 проходов по одному следу. Уплотнение следует вести при температуре смеси 100—125° С. Оно должно быть закончено при температуре не ниже 75° С. Укатку нижнего слоя при температуре воздуха ниже 10° С разрешается вести сразу тяжелыми катками.

Верхний слой укладывают по нижнему только после его остывания до 50° С при температуре воздуха 10° С или до 20—30° С при температуре воздуха выше 10° С. Процесс устройства верхнего слоя такой же, как и нижнего. Для уплотнения верхнего слоя покрытия при механической укладке смеси требуется 5—7 проходов легких и 20—25 проходов тяжелых катков по одному следу.

§ 55. РЕМОНТ ЦЕМЕНТНО-БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Цементно-бетонные и железобетонные покрытия, предназначенные для пропуска интенсивного движения тяжелого транспорта,

длительное время сохраняют свои высокие транспортно-эксплуатационные свойства и являются весьма долговечными. Однако даже при высоком качестве строительных работ и правильном содержании в процессе эксплуатации с течением времени на бетонных покрытиях появляются трещины, раковины, разрушения кромок швов, вертикальные смещения краев плит у швов, отколы углов плит, шелушение и другие повреждения.

Одной из основных причин износа и разрушения покрытий является воздействие на них транспорта, способствующее возникновению вертикальных и горизонтальных напряжений в покрытии. Величина вертикального напряжения зависит от типа проходящего транспорта и от степени ровности покрытия проезжей части. Горизонтальные (тангенциальные) усилия вызываются трением шины о покрытие при торможении и других переменах скорости автомобилей и ударами колес при наездах на неровности. Если под действием подвижных нагрузок происходит просадка грунта основания в период переувлажнения, то это ведет к деформациям плит покрытия.

Другой причиной износа покрытий является склонность цементобетона к значительным деформациям при усадке и изменении температуры, что в сочетании с хрупкостью этого материала в условиях ограниченной возможности изменения размеров дорожного покрытия в плане может приводить к возникновению в нем трещин, которые уменьшают долговечность конструкции, повышают водопроницаемость покрытия, уменьшают его гибкость и прочность.

В цементно-бетонных и железобетонных покрытиях обычно различают такие виды трещин: усадочные трещины, связанные с осадкой основания железобетонного элемента, вызванные перегрузкой железобетона в раннем возрасте; трещины, обусловленные химическим разложением, а также ограниченной возможностью изменения объема при деформациях, вызванных усадкой от высыхания либо изменением температуры. Наконец, часто причиной образования трещин являются напряжения, возникающие при изгибе.

В процессе эксплуатации покрытия подвергаются помимо механической нагрузки, передаваемой через колесо автомобиля, также атмосферным и иным воздействиям, поэтому они должны обладать химической устойчивостью, хорошо сопротивляться неблагоприятным воздействиям погодных условий, в первую очередь морозу. Повреждения цементно-бетонных дорожных плит под действием мороза выражаются обычно в шелушении их поверхности или вспучивании грунтового основания.

Очень часто деформации в цементно-бетонных дорожных одеждах, в том числе и в одеждах из предварительно напряженных бетонных и железобетонных плит возникают в результате применения некондиционных материалов, нарушения в технологии приготовления и укладки бетонной смеси, несоблюдения правил ухода за свежеуложенным бетоном. В случае применения сборных покрытий низкая морозостойкость бетона может объясняться несоблюдением проектного режима тепловлажностной обработки изделий. Особое

значение имеет водно-тепловой режим дорожного основания и земляного полотна, так как в зависимости от него изменяются результаты механического воздействия транспорта на дорогу.

Следует отметить, что даже небольшие деформации нарушают ровность покрытия и приводят к понижению скорости движения. Движение тяжелых автомобилей по покрытию с небольшими повреждениями приводит к еще более интенсивному его разрушению,

Таблица 89

Деформации покрытий	Тип покрытия	Причины, вызвавшие деформацию
Разрушение кромок швов	Все типы	Нарушение технологических правил устройства швов; засорение швов песком
Интенсивный износ отдельных мест покрытия, выкалывание бетона на поверхности покрытия	То же	Низкое качество бетона; климатические факторы; воздействия подвижных нагрузок
Поперечные и продольные трещины	Бетонное монолитное	Неправильное размещение швов; недостаточные прочность основания и толщина покрытия
Поперечные трещины	Бетонное с безарматурным обжатием	Недостаточная величина предварительного напряжения; потеря напряжения вследствие усадки и ползучести; деформация анкерных устройств
То же	Струнобетонное	Недостаточное армирование; малая величина напряжения; большие потери напряжения за счет трения об основание
Продольные трещины	То же	Отсутствие поперечного обжатия; недостаточное количество поперечной арматуры
Выветривание (шелушение) бетонной поверхности	Монолитное	Плохой уход за бетоном в процессе устройства покрытия; нарушение технологических правил отделки поверхности покрытия (заделка отдельных мест раствором); длительное воздействие растворов солей, применяемых для борьбы с гололедом; неправильный подбор состава бетона
То же	Сборное	Неправильный режим тепловлажностной обработки при изготовлении плит
Неравномерная просадка плит	Все типы	Неравномерное уплотнение и переувлажнение земляного полотна

поэтому при интенсивном движении транспорта своевременный ремонт цементно-бетонных покрытий приобретает весьма важное значение.

Основные виды деформаций и разрушений цементно-бетонных и железобетонных покрытий и причины их возникновения приведены в табл. 89.

Технология работ по ремонту цементно-бетонных покрытий, проводимая в специфических условиях города, должна базироваться на применении методов ремонта, сокращающих сроки выполнения работ, в результате использования материалов, способствующих скорейшему введению ремонтируемых участков в эксплуатацию, полной механизации основных трудоемких операций с применением маневренных, высокопроизводительных машин и механизмов.

Все швы в цементно-бетонных покрытиях должны быть заполнены мастикой. Швы, в которых заполняющий материал выкрошился или имеются зазоры между вертикальными стенками бетонных плит и заполняющим шов материалом, расчищают и вновь заполняют мастикой. Составы мастик, используемые при содержании и ремонте цементно-бетонных покрытий, приведены в табл. 90.

Для приготовления битумных мастик применяют только обезвоженный битум. Мастику готовят на заводах и поставляют потребителю в таре с приложением паспорта, в котором указывают ее физико-химические свойства. Если отсутствует централизованное снабжение, мастики приготовляют на местных базах следующим образом: обезвоженный битум разогревают до 150—170° С, после чего в него вводят резиновую крошку. Битум с резиновой крошкой варят 2,5—3 ч при постоянном перемешивании. После объединения резиновой крошки с битумом постепенно добавляют остальные компоненты, и мастика варится снова в течение 30 мин при 150—170° С при постоянном перемешивании.

При ремонте швы тщательно очищают от старой мастики стальными крючками или специальными приспособлениями и жесткими щетками, а затем продувают сжатым воздухом и просушивают. За

Таблица 90

Наименование составляющих материалов	Дорожно-климатические зоны					
	II	III	III—IV	II	II—III	III—IV
	Номера мастик и их состав, %					
	1	2	3	4	5	6
Битум БНД-40/60 БНД-69/90, БНД-90/130	60	60	60	80	70	50
Минеральный порошок	25	25	20	10	25	35
Асбестовая крошка	10	15	20	10	—	10
Резиновая крошка	5	—	—	—	5	5

2—3 ч до заливки вертикальные стенки швов промазывают битумом БНД-90/130, БНД-60/90 или БНД-40/60, разжиженным бензином в пропорции 1 : 1, или жидким битумом марки СГ-15/25 с расходом 0,3—0,5 л/м². Подготовленные таким образом швы заполняют горячей мастикой, нагретой до 160—170° С, на 3—5 мм ниже поверхности покрытия. Мастику заливают заливщиком швов в два приема: вначале заливают шов на ⅔ его глубины, а затем верхнюю часть шва. Если после заливки необходимо немедленно открыть движение, швы присыпают минеральным порошком или на них наклеивают полосу рулонной бумаги шириной 10—15 см.

Для расчистки и заливки швов в цементно-бетонных покрытиях применяют также машину, смонтированную на самоходной тележке, впереди которой укреплены нож-резец, предназначенный для выемки из швов старой мастики, и устройство для заливки швов новой мастикой. Для продувки расчищенных швов у машины имеется комплексная установка.

Для предотвращения развития в плитах поверхностных волосяных трещин места их появления покрывают тонким защитным слоем. Для этого по сухому и очищенному от пыли и грязи покрытию разливают битум марок СГ-70/130 и МГ-70/130 (0,7—0,8 л/м²). Затем рассыпают мелкий щебень размером 5—10 мм в количестве 0,8—1 м³ на 100 м² покрытия или крупный песок в объеме 0,3—0,5 м³ на 100 м² покрытия и прикатывают легкими катками.

Трещины шириной от 1 до 5 мм заливают разжиженным битумом марок СГ-130/200 и МГ-130/200, нагретым до температуры 80—100° С. Перед заделкой их тщательно очищают и просушивают. Трещины шириной 5 мм и более очищают от грязи, слабые места вырубают, осколки бетона удаляют и перед заполнением тщательно продувают сжатым воздухом. Подготовленные таким образом трещины промазывают разжиженным битумом и заполняют мастикой: при ширине трещин 10—25 мм — составами 1, 2 и 3, при ширине 5—10 мм — составами 4, 5 и 6 (см. табл. 73).

Все поверхностные и сквозные трещины бетонных покрытий необходимо заделывать в возможно короткий срок после их появления. Швы и трещины рекомендуется заделывать весной и осенью в прохладную погоду, а летом — в утренние часы.

Для устранения небольших повреждений цементно-бетонных покрытий можно использовать асфальтобетонную смесь в горячем или холодном состоянии, литой асфальтобетон, черный щебень или черную каменную мелочь. Цементно-бетонные покрытия с применением асфальтобетонных смесей ремонтируют в сухое и сравнительно теплое время года при температуре воздуха не ниже 5° С. Если у швов и трещин образовались вертикальные смещения краев плит, то выравнивают покрытие также асфальтобетонной смесью или черным щебнем. Ремонтируемое место тщательно очищают от пыли и грязи, высушивают и смазывают тонким слоем разжиженного битума марки СГ-15/25, нагретого до температуры 60° С (расход вяжущего 0,3—5 л/м²), и заделывают асфальтобетонной смесью или черным щебнем.

Мелкие повреждения в виде раковин, выбоин и разрушений тщательно очищают от осколков бетона, пыли и грязи и смазывают тонким слоем разжиженного битума (расход 0,3—0,5 л/м²). Затем укладывают холодную или горячую асфальтобетонную смесь или черный щебень и уплотняют. При заделке выбоин глубиной до 5 см асфальтобетонную смесь укладывают в один слой, при глубине более 5 см — в два слоя. При небольших раковинах и выбоинах горячую смесь уплотняют ручным или металлическими виброкатками и нагретыми трамбовками массой 12—16 кг. При значительной поверхности заделываемых выбоин горячую асфальтобетонную смесь уплотняют катками массой 5—6 т.

Асфальтобетонную смесь укладывают с учетом коэффициента уплотнения, равного для горячих смесей 1,3—1,4, для холодных — 1,5—1,6. У отремонтированных мест должно быть плавное сопряжение с прилегающей поверхностью бетонного покрытия. Следует отметить, что ремонт цементно-бетонных покрытий с применением асфальтобетонных и черных щебеночных смесей из-за плохого их сцепления с цементным бетоном является недолговечным. Кроме того, светлые цементно-бетонные покрытия, отремонтированные черными смесями, имеют неприглядный вид. По указанным причинам, ремонт бетонных покрытий с применением асфальтобетонных и черных щебеночных смесей может рассматриваться только как временное мероприятие.

Более перспективным является ремонт цементно-бетонных покрытий с применением бетонных смесей. Покрытие, отремонтированное бетонными смесями, является более прочным, а по цвету мало чем отличается от существующего цементно-бетонного покрытия. Бетонную смесь для ремонта покрытий рекомендуется приготовлять того же состава и из тех же материалов (или близких к ним), которые применялись для приготовления бетонной смеси ранее уложенного покрытия. Для бетонной смеси используют высокопрочные портландцементы с добавлением в воду затворения до 2% хлористого кальция. Для повышения удобоукладываемости бетонной смеси и морозоустойчивости бетона в воду рекомендуется добавлять воздухововлекающие добавки: мылонафт, сульфитно-дрожжевую бражку, абиетиновую смолу и др. Максимальная величина фракции крупного заполнителя должна быть не более 10—20 мм при вырубках на глубине 5—7 см и не более 40 мм при более глубоких вырубках.

При шелушении бетона разрушения, захватывающие только верхний слой покрытия, ремонтируют на глубину разрушения, но не менее чем на 7 см. При ремонте поврежденные участки покрытия очерчивают мелом или краской прямыми линиями. По нанесенному контуру старый бетон вырубают бетонорежущей пилой и пневмоинструментом. После очистки подготовленные места выдерживают в увлажненном состоянии примерно 24 ч, т. е. до полного водонасыщения старого бетона. Поверхность вырубки смазывают тонким слоем цементно-песчаного раствора.

Сразу же после нанесения на стенки и дно вырубки цементного теста укладывают бетонную смесь выше уровня поверхности покрытия с учетом осадки при уплотнении. В небольших мелких и узких вырубках бетонную смесь уплотняют вручную деревянными или металлическими трамбовками массой 12—16 кг, в глубоких и широких вырубках смесь уплотняют поверхностными вибраторами. Окончательно поверхность ремонтируемого участка отделывают жесткими щетками и деревянными гладилками с резиновой лентой. После уплотнения и отделки поверхности за свежеуложенным бетоном устанавливают уход: на поверхность покрытия наносят пленкообразующие материалы по технологии, применяемой при уходе за свежеуложенным бетоном при капитальном строительстве.

В зарубежной практике, в частности в США, для ремонта цементно-бетонных покрытий в опытном порядке был применен волокнобетон, представляющий собой высокопрочную цементно-бетонную смесь с волокнистым заполнителем, в качестве которого обычно используют сталь, стекло или пластик.

По сравнению с обычным волокнистый цементобетон обладает рядом преимуществ: при наличии в объеме всего 1% волокнистых веществ его прочность на растяжение и изгиб повышается на 100%; стойкость против растрескивания увеличивается на 60%; сопротивление динамическим нагрузкам — выше в 9 раз; износостойкость — выше на 30%; он может выдерживать сжимающие нагрузки и после достижения предела прочности; его сопротивление усталости, срезу и кручению больше, а растрескивание, шелушение и выкрашивание меньше; сопротивление сжатию также несколько выше. Благодаря указанным физико-механическим качествам волокнобетон можно укладывать небольшими слоями и получить экономию материалов.

В процессе эксплуатации цементно-бетонных и железобетонных покрытий часто встречаются разрушения бетона вдоль температурных швов. Способ исправления кромок швов зависит от характера и размеров повреждения. Небольшие повреждения шириной до 5 см заделывают мастикой после удаления рыхлых частиц бетона и очистки ремонтируемого места. Глубокие повреждения с кромками швов, разрушенными на ширину более 5 см, заделывают бетоном. Старый бетон удаляют по всей длине участка на глубину не менее 7 см с уклоном в сторону нижней части вырубки. Арматуру, штыри и анкеры по возможности сохраняют.

Для образования шва устанавливают деревянную прокладку со съемной рейкой, доходящую до поверхности покрытия. Прокладку устанавливают таким образом, чтобы она совпала с направлением существующего шва. Если в нижней части шва сохранилась старая прокладка, то ее наращивают так, чтобы между досками не было зазоров и не могло образоваться бетонных перемычек. Старые штыри, анкеры и арматурные прутья выправляют или укладывают новые. Плоскости соприкосновения нового бетона со старым обмазывают цементно-песчанным раствором, после чего укладывают и

уплотняют бетонную смесь. Верхнюю часть прокладки после затвердения бетона удаляют и шов заполняют мастикой.

Движение по покрытию, отремонтированному с применением цементной смеси, разрешается открывать через 15 дней. При замене частей и целых плит в покрытии движение по вновь уложенному бетону разрешается через 20 дней.

Применяя обычные бетоны, покрытия ремонтируют слоями толщиной не менее 7 см. При этом вследствие медленного набора прочности вновь укладываемого бетона приходится закрывать движение на ремонтируемом участке дороги не менее чем на 15—20 дней. Кроме того, укладка толстых слоев нового бетона по старому бетонному покрытию, как правило, связана с трудоемким процессом по вырубке старого бетона на значительную глубину и большим расходом материалов. Поэтому в последнее время серьезное внимание уделяют разработке методов ремонта бетонных покрытий с применением бетонных смесей, обеспечивающих надежное сцепление наращиваемого тонкого слоя бетона с существующим покрытием и ускоренное твердение бетона при обеспечении его прочности и морозостойкости.

В Союздорнии проведено исследование по разработке способа ремонта цементно-бетонных покрытий с применением быстротвердеющих цементов (БТЦ) или портландцементов марок не ниже 600 с введением добавок, ускоряющих твердение бетона. Как показали исследования, разработанный метод обеспечивает надежное сцепление наращиваемого слоя со старым бетоном, ускоренное твердение бетона и сокращение в связи с этим срока закрытия движения на период ремонта с 15—20 до 1—3 сут. Для ремонта покрытий по этому методу применяют материалы, примерный расход которых приведен ниже.

Бетонная смесь на портландцементе марки 600

Портландцемент, кг	400—450
Каменная мелочь из твердых горных пород крупностью 2—5 мм, кг	1100—1200
Песок среднезернистый, кг	500—700
Вода, л	160—200
Хлористый кальций, кг	8—9
Сульфитно-дрожжевая бражка, кг	0,4—0,45

Бетонная смесь на быстротвердеющем цементе

Быстротвердеющий цемент, кг	400—450
Каменная мелочь из твердых горных пород крупностью 2—5 мм, кг	1000—1200
Песок среднезернистый, кг	500—700
Вода, л	180—200
Сульфитно-дрожжевая бражка, кг	0,45—0,50

Ремонт бетонных покрытий с наличием на них повреждений в виде раковин, выбоин, сколов кромок швов и углов плит, краев плит у швов, шелушения плит связан с наращиванием нового слоя поверх старого бетона. Тщательная очистка ремонтируемой поверхности является одной из важнейших операций, от которой в значи-

тельной мере зависит прочность сцепления старого бетона с новым, а следовательно, и качество ремонта в целом.

Загрязненную ремонтируемую поверхность плиты очищают от пыли, грязи и масляных пятен механическими стальными щетками, затем разливают 28%-ный раствор соляной кислоты из расчета 0,5—0,6 кг/м². После прекращения реакции тщательно промывают покрытие струей воды под давлением из поливо-моечной машины до полного удаления остатков кислоты. Свободную воду удаляют сжатым воздухом от компрессора с таким расчетом, чтобы ремонтируемая поверхность плиты была влажной, но не мокрой.

При особенно сильном загрязнении поверхности ремонтируемой плиты, когда химическим способом очистить покрытие невозможно, его очищают механическим способом пескоструйным аппаратом или каким-либо другим способом. При наличии непрочного бетона его удаляют пневмо- или электроинструментом на глубину до неповрежденного бетона, но не менее чем на 2 см. Ремонтируемое место тщательно очищают от осколков бетона и пыли, а затем промывают струей воды под давлением. Затем на ремонтируемую поверхность наносят цементный клей, приготовленный на месте в лопастном растворосмесителе принудительного действия. При подготовке клея цемент загружают в растворосмеситель, доливают воду, количество которой определяется расчетом (в зависимости от принятого водоцементного фактора), и тщательно перемешивают. Приготовленный цементный клей распределяют равномерным слоем по ремонтируемой поверхности в два приема жесткими волосяными щетками или малярными кистями. Толщина цементного клея должна быть в пределах 1—2 мм. Цементный клей при температуре больше 20° С должен быть использован в течение 15—20 мин после его приготовления с тем, чтобы он был нанесен на ремонтируемую поверхность до начала схватывания.

После исчезновения водной пленки с поверхности цементного клея, примерно через 10—15 мин после нанесения его на очищенную поверхность ремонтируемого покрытия, укладывают цементно-бетонную смесь с таким расчетом, чтобы после ее уплотнения поверхность отремонтированного покрытия находилась бы в одном уровне с существующим покрытием. При малых объемах работ бетонную смесь уплотняют поверхностным вибратором, виброплощадкой или виброрейкой. Окончательно бетон отделывают деревянной гладилкой с резиновой лентой. Для создания шероховатости поверхность отремонтированного покрытия отделывают жесткой волосяной или металлической щеткой перпендикулярно направлению движения. Уход за свежеуложенным бетоном на отремонтированных участках производят общепринятыми методами.

При применении быстротвердеющего цемента и обеспечении ухода за отремонтированным участком с применением пленкообразующих материалов движение по отремонтированному участку открывают через 1—2 сут. При применении портландцемента марки не ниже 600 с добавкой, ускоряющей твердение цемента, а также при использовании быстротвердеющих цементов без пленкообра-

зующих материалов, движение по отремонтированному участку открывают по истечении 3 сут.

Для наращивания изношенных цементно-бетонных покрытий слоями 2—5 см применяют безусадочную бетонную смесь. Эта смесь прочно сцепляется с поверхностью покрытия, обеспечивает высокую сопротивляемость истиранию и повышенную морозостойкость. Безусадочная бетонная смесь составляется из цементов двух видов — портландцемента марки 700 и расширяющегося портландцемента марки 400—600. На 100 частей по массе портландцемента марки 700 берут 25—100 частей расширяющегося портландцемента.

Учитывая, что в качестве основного вяжущего используется быстротвердеющий цемент, приготовление и доставку цементной смеси целесообразно осуществлять передвижными автобетоносмесителями.

Портландцемент М700 подвергают дополнительному помолу в присутствии добавок триэталоламина и сульфитно-дрожжевой бражки, которая повышает сопротивляемость бетона истиранию и морозостойкость. Если портландцемент марки 700 был измельчен без добавок, то их вводят в бетономешалку в процессе приготовления бетонной смеси. Примерный расход материалов на 1 м^3 бетонной смеси следующий:

Быстротвердеющий цемент, кг	300—400
Расширяющийся портландцемент, кг	75—150
Щебень твердых пород крупностью 5—10 мм, кг	1100—1200
Песок среднезернистый, кг	500—550
Вода, л	190—220
Триэталоламин, кг	0,1—0,2
Сульфитно-дрожжевая бражка, кг	0,1—0,2

На рис. 120 представлен график нарастания прочности безусадочной цементно-бетонной смеси, примененной при ремонте покрытий на Ленинском проспекте Москвы.

Укладка нового слоя бетона должна осуществляться по тщательно подготовленной поверхности покрытия. По поверхности покрытия бетонную смесь раскладывают с таким расчетом, чтобы после ее уплотнения отремонтированная поверхность была выше существующего покрытия на 1—2 см. Если ремонт покрытия осуществляется картами, то бетонную смесь разравнивают таким образом, чтобы после уплотнения она находилась в одном уровне с существующим покрытием.

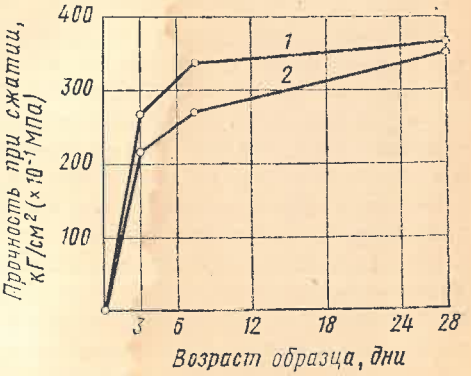


Рис. 120. График нарастания прочности цементобетона:

1 — образцы, изготовленные в лабораторных условиях; *2* — то же, в производственных условиях

В последние годы разработан способ ремонта цементно-бетонных покрытий с применением коллоидного цементного клея, который готовят на месте работ в виброклеесмесителе-активизаторе. Клей состоит из портландцемента марки 600 — 70% и песка — 30%; вода добавляется из расчета получения водоцементного отношения, равного 0,3. Перемешивание клея длится 5—7 мин.

Технология ремонта заключается в нанесении клея слоем 2—3 см жесткими капроновыми щетками на тщательно очищенную поверхность покрытия. Затем по клею укладывают и равномерно распределяют слой высокопрочного бетона. Для приготовления 1 м³ бетонной смеси необходимо 420 кг портландцемента, 180 кг кварцевого молотого песка, 1600 кг обычного кварцевого песка; 180 л воды и 1,8 л сульфитно-дрожжевой бражки.

Бетонную смесь уплотняют виброплощадкой за 2—3 прохода по одному следу. Толщина наращиваемого слоя бетона может быть в пределах 1,5—5 см. Свежеуложенную смесь засыпают слоем влажного песка и выдерживают в течение суток, после чего открывают движение.

Были разработаны также методы ремонта цементно-бетонных покрытий с применением полимерных материалов и, в частности, эпоксидных смол. Ремонт бетонных покрытий с применением эпоксидных смол по сравнению с обычным методом ремонта обеспечивает сокращение расхода каменных материалов в 10—15 раз; ускорение открытия движения с 15 сут до 6—8 ч; надежное сцепление наращиваемого слоя со старым бетоном; высокие прочностные показатели наращиваемого слоя и его химическую стойкость.

Для ремонта цементно-бетонных покрытий можно рекомендовать эпоксидный клей следующего состава:

Эпоксидная смола ЭД-5	100 частей по массе
Полиэтиленполиамин	10—15 » » »
Дибутилфталат	» » »

В отдельных случаях в эпоксидный клей может быть добавлен портландцемент в количестве 15—25%. Эпоксидную смесь в зависимости от характера повреждений готовят из эпоксидного клея и минеральной смеси в соотношении от 1 : 3 до 1 : 7. Гранулометрический состав минерального материала, используемого для приготовления эпоксидной смеси, подбирают по принципу наибольшей плотности. Примерный состав минеральной смеси: 65—70% каменной мелочи размером 1,25—5 мм и 30—35% чистого кварцевого песка или каменной мелочи размером 0,5—1,25 мм. Для заделки раковин используют смесь в соотношении 1 : 5 или 1 : 6. Для ремонта кромок швов и мест, где затруднено уплотнение, применяют наиболее жирную смесь в соотношении 1 : 3 или 1 : 4.

При ремонтных работах эпоксидный клей готовят небольшими порциями 10—20 кг. Для приготовления клея в эпоксидную смолу вливают дибутилфталат и тщательно перемешивают, после чего вводят полиэтиленполиамин и вновь тщательно перемешивают до получения однородной смеси. Приготовленный эпоксидный клей

может быть использован для приготовления эпоксидной смеси или для розлива по ремонтируемой поверхности с последующей россыпью каменной мелочи и уплотнением. Эпоксидная смесь во избежание потери жизнеспособности клея должна быть уложена в дело не позже чем через 1 ч после ее приготовления.

Очистку ремонтируемых участков производят химическим или механическим способом с особенной тщательностью. Раковины и мелкие выбоины прогрунтовывают эпоксидным клеем из расчета 0,5 кг/м² при помощи жестких волосяных кистей, заполняют эпоксидной смесью состава 1 : 5, уплотняют трамбовкой и заглаживают кельмой в уровень с поверхностью покрытия. Движение открывают через 5—8 ч после окончания ремонта.

Цементно-бетонные покрытия, подверженные шелушению, предохраняют от дальнейшего разрушения защитно-выравнивающим слоем толщиной 3—5 мм. Для устройства защитно-выравнивающего слоя на очищенную и сухую поверхность покрытия тонким ровным слоем разливают эпоксидный клей. Норма расхода эпоксидного клея в зависимости от состояния ремонтируемой поверхности составляет 1—1,5 кг/м². По слою эпоксидного клея рассыпают чистую и сухую каменную мелочь твердых горных пород крупностью 2,5—3,5 мм из расчета 5—5,5 кг на 1 кг эпоксидного клея. Каменную мелочь укатывают катками массой 1—1,5 т за 2—3 прохода по одному следу через 20—30 мин после россыпи. Движение открывают через 5—7 ч после окончания уплотнения.

Сравнительно высокая стоимость эпоксидных смол служит препятствием широкому внедрению этого способа ремонта. Однако в отдельных случаях, когда требуется ремонт отдельных плит на дорогах с интенсивным движением, которое невозможно закрыть на длительный период, этот способ ремонта может оказаться наиболее целесообразным.

При эксплуатации жестких покрытий в результате деформации земляного полотна можно наблюдать просадки отдельных плит. Покрытие можно исправить при условии, если оно не слишком растрескалось. Устранить просадки и выровнять плиты можно домкратами с одновременным поддувом песка, а также нагнетанием под плиты пластичных материалов. При использовании домкратов плиту поднимают одновременно в нескольких точках, и через заранее высверленные отверстия нагнетают песок. Поскольку плиту впоследствии осадки грунта под плитой практически не бывают, плиту поднимают заподлицо с проезжей частью и отверстия заполняют бетоном.

При ремонте просевших бетонных плит раствором его нагнетают под просевшую плиту, благодаря чему плита поднимается до первоначального положения. Используемая при этом смесь может состоять из грунта и воды и одной или нескольких добавок. В качестве добавок обычно используют цемент. Раствор, введенный под плиту, твердеет, и несущая способность основания восстанавливается.

Целесообразно заполнять пустоты под плитами песком, обработанным органическими вяжущими. Под влиянием нагрузок, дейст-

вующих на плиту, обработанный песок склеивается, образует плотную массу, и не выдавливается из-под плит. Однако песок, обработанный битумом, имеет тенденцию к преждевременному слеживанию и образованию комьев, затрудняющих его нагнетание.

В зарубежной практике для заполнения пустот под бетонными плитами применяют смесь песка с вяжущим, состоящим из битуминозного порошка и растворителя, который должен быть адсорбирован на поверхности какого-либо твердого материала. Смесь песка, органического материала и твердого адсорбента с растворителем не слеживается. В дальнейшем растворитель, находящийся в порах адсорбента, начинает взаимодействовать с битуминозным порошком и образует вяжущий материал, склеивающий песчаную массу. Примерный состав смеси: 100 ч. по массе сухого песка фракций 0—4 мм, 10 ч. трепела, дегтярное масло с температурой кипения от 250 до 400° С в количестве одной третьей от массы трепела и 2 ч. порошкообразного каменноугольного песка с температурой размягчения 90°. Смесь перемешивают в смесителе принудительного действия и нагнетают в пустоты под плитами сжатым воздухом.

В практике эксплуатации цементно-бетонных покрытий наблюдаются случаи, когда дорожная одежда не удовлетворяет по прочности требованиям, возникающим при движении транспортных средств повышенной грузоподъемности. В этом случае усиливают существующее покрытие наращиванием слоя бетона. Укладка нового слоя бетона возможна как непосредственно на существующее покрытие, так и на разделительную прослойку из стабилизированных материалов.

Толщину слоя усиления можно определить по формуле

$$h = k_1 h_м - k \frac{E_1}{E} h_1,$$

где h — толщина слоя усиления, см; k_1 и k — коэффициенты, принимаемые при сращивании слоев; $k_1 = 1{,}05$; $k = 1$; при укладке верхнего слоя на разделительной прослойке $k_1 = 1{,}2$; $k = 1$; $h_м$ — толщина монолитного бетонного покрытия из материала верхнего слоя, рассчитанного на новую нагрузку, см; E_1 и E — модули упругости бетона существующего покрытия и слоя усиления, кгс/см^2 (Па); h_1 — толщина существующего покрытия, см.

При усилении цементно-бетонных покрытий в наращиваемом слое необходимо предусмотреть штыревые соединения в местах сквозных температурных швов. Все работы по усилению покрытий выполняют комплектом бетоноукладочных и отделочных машин по технологии, применяемой при строительстве покрытий.

Ремонт тротуарных покрытий из цементно-бетонных и железобетонных плит состоит в заделке поврежденных швов, устранении просадок отдельных плит и замене износившихся или поврежденных плит. Восстановление швов между плитами заключается в их очистке от пыли и грязи, а также старого заполнителя и заполнении новыми материалами (песком или цементным раствором). Просевшие плиты поднимают и сдвигают в сторону, а места просадки

засыпают песком и тщательно уплотняют. По уплотненной поверхности укладывают плиты, осаживая их деревянными трамбовками (мелкие плиты) или вибраторами, а затем заделывают швы между плитами.

Работы по капитальному ремонту покрытий дорог и тротуаров из сборных плит, когда необходимо заменить плиты на больших участках, осуществляют после разборки старого покрытия по той же технологии, которую ведут при новом строительстве.

§ 56. СОДЕРЖАНИЕ ГОРОДСКИХ УЛИЦ И ДОРОГ

Основной особенностью работ по содержанию городских улиц и дорог является то, что они направлены не на повышение прочностных характеристик и других транспортно-эксплуатационных показателей различных дорожно-транспортных сооружений, а их задача состоит в постоянном уходе и сохранении этих сооружений в надлежащем состоянии между различными видами ремонта.

Летний период содержания улиц и дорог включает проведение мероприятий по предупреждению преждевременного износа и разрушения дорожных одежд и других элементов улицы, поддержанию чистоты на проезжей части и тротуарах, повышению безопасности движения. Загрязнение проезжих частей улиц снижает безопасность движения городского транспорта, а также способствует быстрому разрушению слоев износа дорожной одежды. Наносимые на проезжую часть песок, пыль, грунты (колесами транспорта или ветром) при движении транспорта (особенно при торможении) действуют на покрытие как абразивный материал и способствуют его постепенному истиранию, а пыль и грязь повышают скользкость и снижает сцепление колес автомобиля с покрытием.

Работы по уборке улиц включают удаление с проезжих частей и лотков дороги отложений наносного грунта и грязи, очистку их от опавших листьев, пыли и мусора. Основными видами работ при летней уборке улиц являются: подметание с поливкой, мойка, уборка большого скопления наносов. Те или иные виды работ назначают в зависимости от засоряемости проезжей части улиц, накопления на ней грязи, пыли и мусора. Количество же наносимых на дорогу загрязнений зависит от степени благоустройства прилегающих к улице территорий (типы дорожных покрытий, виды озеленения) и характера застройки улицы (наличие вдоль улицы рынков, магазинов, вокзалов и т. п.). Для подметания и одновременного сбора мусора с городских улиц, площадей и дворов, имеющих усовершенствованное покрытие, нашей промышленностью выпускаются самоходные подметально-уборочные машины. Подметально-уборочные машины монтируются на шасси автомобиля и состоят из следующих рабочих органов: цилиндрической щетки с металлическим ворсом, расположенной под машиной, и боковой вертикальной (лотковой) щетки, вынесенной в сторону; пневматического транспортера, бункера для сбора мусора и водяного бака для увлажнения покрытия.

В табл. 91 приведена техническая характеристика подметально-уборочных машин марок КС-304 и КС-307.

Таблица 91

Основные показатели	Марка машины	
	КС-304	КС-307
Ширина подметания, мм	1950	2800
Объем водяного бака, л	760	900
» бункера для мусора, м³	0,76	2,3
Масса загружаемого мусора, кг	—	2500
Базовая машина (автомобиль)	ГАЗ-53-02	ЗИЛ-130АН
Масса машины, кг	4650	9600
Габаритные размеры, мм:		
длина	5850	6650
ширина	2400	3002
высота	2610	2800

Подметание и уборку улиц подметально-уборочными машинами производят в дневное время. В первую очередь эти работы ведутся на улицах и проездах, где отсутствует ливневая канализация и мойка их мало эффективна. Вначале подметают наиболее засоренные лотковые части и крайние полосы, на которые приходится наиболее интенсивное движение транспорта, а затем среднюю часть с меньшей интенсивностью движения.

Тротуары и остановки общественного транспорта убирают с помощью малогабаритных тротуаро-уборочных машин с шириной убираемой полосы при одном проходе 0,8—1,5 м. Уборка тротуаров и остановок производится в часы наименьшего движения пешеходов и минимального скопления на остановках пассажиров (в ранние утренние часы или поздно вечером).

Для поливки и мойки проезжих частей и тротуаров применяют поливо-моечные машины ПМ-130Б (ПМ-130П), которые в зимнее время оснащают дополнительным снегоочистительным оборудованием. Поливо-моечные машины используют также для поливки зеленых насаждений (деревьев, кустарников, газонов). Мойку проезжей части производят в основном на улицах и дорогах с водонепроницаемыми (асфальтобетонными и цементно-бетонными) покрытиями с обеспеченным поверхностным стоком и закрытой системой водоотвода. Мыть водопроницаемые покрытия, такие как, например, щебеночное или каменная мостовая, не рекомендуется, так как это может привести к их размыву и разрушению.

Моют проезжие части улиц в основном в ночное время, когда движение транспорта незначительно. При большой ширине улицы сначала моют одну сторону от ее середины к лотку, а затем другую. При этом часто применяют несколько поливо-моечных машин, следующих друг за другом уступами с перекрытием полос, вымытых впереди идущими машинами, на 0,7—1 м, с интервалом меж-

ду машинами в 10—20 м. Заправляют поливо-моечные машины водой из городской водопроводной сети посредством гидрантов, устанавливаемых на пожарных колодцах городского водопровода.

Для снижения запыленности и улучшения микроклимата на улицах города в жаркие летние дни производят поливку дорожных и тротуарных покрытий. Расход воды при поливке с усовершенствованными покрытиями составляет 0,2—0,3 л/м², другими покрытиями — 0,4—0,6 л/м². Наряду с мойкой и поливкой улиц в летний период систематически производят очистку дождеприемных колодцев и водосточных труб от осевших в их лотках ила и грязи. Колодцы и трубы очищают самоходными машинами (илососами), снабженными устройствами для размыва осадка, всасывания образовавшейся пульпы в емкость машины, отделения ила и грязи в емкости от воды и выгрузки их на месте свалки.

Осенний период эксплуатации городских улиц и дорог характеризуется повышением увлажнения грунтов земляного полотна за счет притока поверхностных вод (главным образом от атмосферных осадков), проникающих в нижние слои дорожной одежды и земляное полотно через газоны, обочины, трещины и швы в покрытиях. В этот период понижается температура воздуха, а, следовательно, и уменьшается интенсивность испарения влаги. Для уменьшения увлажнения грунтов земляного полотна и подстилающих слоев дорожной одежды необходима систематическая проверка надежности работы дренажей мелкого заложения и водосточной сети. Необходима также тщательная проверка состояния покрытий проезжей части после летних работ по заделке трещин и заливки швов в покрытии и бортовых камнях.

К работам по осеннему содержанию улиц и дорог относится также очистка их от опавших листьев, которые не только повышают скользкость дорог, но и способствуют засорению водостоков. Усиливаются осенью и работы по очистке улиц от грязи и других наносов, образующихся на проезжей части в результате продолжительных и интенсивных дождей. Осенью ведется заготовка различных песко-соляных смесей для зимней борьбы со снегом и льдом на проезжих частях и тротуарах улиц.

Зимний период содержания городских улиц и дорог включает проведение следующих видов работ: расчистку проезжей части и тротуаров от выпадающего снега и осуществление мероприятий по предотвращению образования уплотнений снежной корки; удаление снежных валов с проезжих частей, образовавшихся в результате перемещения снега в процессе их расчистки; очистку покрытий от снежно-ледяных накатов и уплотненного снега; борьба со скользкостью на проезжей части при гололеде.

Очередность и сроки проведения работ по расчистке проезжей части от снега, а также борьбе со скользкостью устанавливают в зависимости от назначения улиц и дорог и категории режима уборки. Убираемые улицы в этом случае классифицируются тремя группами. К *первой группе* относятся скоростные и магистральные улицы с троллейбусными и автобусными маршрутами, улицы с ин-

тенсивным движением транспорта и пешеходов, въезды в город, улицы с большими продольными уклонами и стесненной проезжей частью, подъездные дороги к больницам, противопожарным сооружениям и т. п. Ко *второй группе* относят улицы и дороги со средней интенсивностью движения, а также площади различного назначения — привокзальные, площади около театров, стадионов, рынков, крупнейших магазинов и других общественных зданий. К *третьей группе* относятся все остальные улицы и проезды.

Свежевыпавший снег удаляют с проезжей части различными снегоочистительными машинами. Для этой цели, как указывалось ранее, могут быть использованы поливо-моечные машины ПМ-130Б с плужным снегоочистительным оборудованием. При рабочей скорости движения 20 км/ч такая машина может за один проход очищать отвалом, установленным в передней части машины, полосы проезжей части машины, полосы проезжей части шириной 2,5—3,0 м (в зависимости от угла установки отвала по отношению к продольной оси) и щеткой — шириной 2,3 м.

Свежевыпавший снег очищают с проезжей части несколькими последовательными проходами одной машины (с перекрытием полос) с перемещением снега от осевой части улицы к ее лоткам или применяют одновременно несколько машин, движущихся друг за другом по ступенеобразной в плане схеме.

Для расчистки дорог и площадей от слежавшегося снега толщиной до 600 мм и свежевыпавшего снега толщиной до 1200 мм, а также для снятия снежно-ледяных накатов и сильно уплотненного снега применяют плужные снегоочистители, смонтированные на гусеничных тракторах. Для этих работ нашей промышленностью выпускается двухотвальный тракторный снегоочиститель, с шириной захвата полосы одним отвалом до 3,5 м, а при использовании боковых крыльев — до 7,3 м за один проход машины.

Наряду с плужными снегоочистителями для очистки улиц и дорог от свежевыпавшего и слежавшегося снега с одновременным отбрасыванием его в сторону применяют фрезерно- и шнекороторные автомобильные и тракторные снегоочистители. Роторные снегоочистители при очистке проезжих частей от снега с обрасыванием его в сторону могут быть применены только на улицах, имеющих широкие полосы земляных насаждений (деревьев, газонов) для необходимости размещения на них отбрасываемого снега. При этом следует учитывать, что дальность отбрасывания снега тракторных роторных снегоочистителей составляет 15—18 м, а автомобильных — от 20 до 40 м. Автомобильные роторные снегоочистители могут также работать на очистке улиц от снега с погрузкой его в автомобильный транспорт. Однако в этом случае должна быть четкая организация подачи транспорта под погрузку.

Для очистки и отбрасывания в сторону снега с тротуаров, проездов, скверов, пешеходных дорожек и площадей, на которых применение автомобильных и тракторных снегоочистителей нецелесообразно или невозможно, применяют малогабаритный фрезерно-роторный снегоочиститель МС-59 (рис. 121). Машина представляет

собой самоходный агрегат, установленный на двух пневматических колесах и двух самоустанавливающихся опорных катках, оборудованный фрезерно-роторным рабочим органом.

Для очистки проездов и тротуаров шириной свыше 3 м от свеженасыпанного и уплотненного снега в последнее время находит

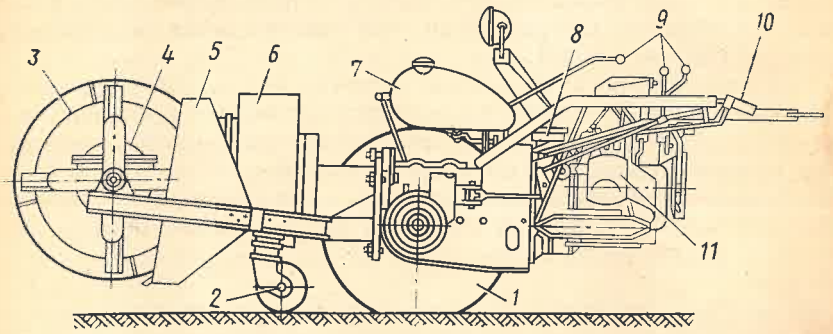


Рис. 121. Малогабаритный фрезерно-роторный снегоочиститель МС-59:

1 — ходовые колеса; *2* — опорные катки; *3* — фреза; *4* — редуктор привода фрезы; *5* — кожух ротора; *6* — ротор и патрубок; *7* — топливный бак; *8* — воздухоочиститель; *9* — рычаги управления; *10* — ручка управления дросселем; *11* — двигатель

широкое применение снегоочиститель Д-447М (рис. 122). Эта машина представляет собой универсальный агрегат из трех навесных рабочих органов, смонтированных на базе колесного трактора «Беларусь» МТЗ-50/52. В передней части трактора установлен отвальный плуг снегоочистителя, между передними и задними колесами расположено устройство для рыхления и скалывания уплотненного снега, к задней части рамы прикреплена вращающаяся цилиндрическая щетка. Все три рабочих органа имеют независимое гидравлическое управление подъемом и опусканием и могут быть включены в работу из кабины водителя в любом состоянии.

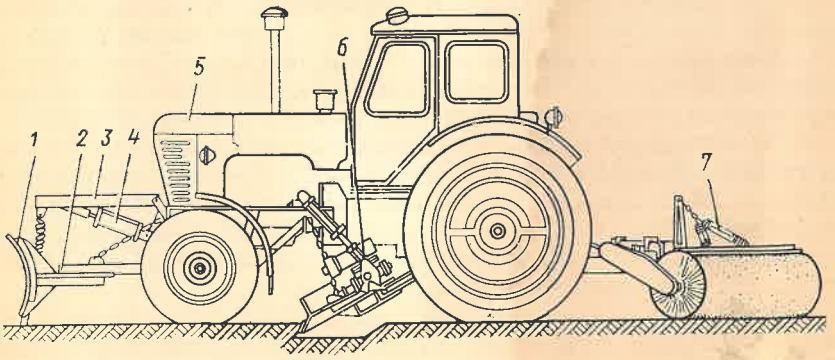


Рис. 122. Снегоочиститель Д-447М:

1 — плуг; *2* — толкающая рама; *3* — рама подъема отвала; *4* — гидроцилиндр; *5* — трактор; *6* — скалывающее устройство; *7* — щетка

Такая система навески обеспечивает необходимую универсальность машины и позволяет в процессе работ включать тот или иной рабочий орган без остановки машины. Автономное управление рабочими органами дает возможность выполнять те или иные технологические операции при их разнообразном сочетании (например, очистку верхнего рыхлого слоя ножом и рыхление уплотненной корки устройством для рыхления, или очистку снега ножом с подметанием щеткой и т. д.).

Для погрузки в транспортные средства снега, предварительно собранного в валы и кучи, на городских улицах применяют лаповые снегопогрузчики Д-566 и С-4М. Эти снегопогрузчики смонтированы на самоходных пневмоколесных шасси и состоят из лапового питателя со скребковым транспортером, двигательной установки и трансмиссии с приводом на колесный ход и рабочие органы. Производительность их на погрузке снега соответственно равна 300 и 250 $м^3$/ч.

Если вдоль проезжей части расположены широкие полосы зеленых насаждений, технические полосы, то снежные валы и кучи перебрасывают на эти полосы роторными снегоочистителями. Снег с улиц вывозят на специально отведенные места — поля, пустыри, русла рек, а также сбрасывают в снегосплавные камеры, установленные на коллекторах водосточной сети или хозяйственно-фекальной канализации. При вывозке снега в русла рек необходимо выбирать незамерзающие участки — места вблизи от выпусков теплой воды от теплоэлектростанций и других подобных предприятий. Подают снег к месту выгрузки по эстакадам, устраиваемым вдоль берега реки.

Для разравнивания снега на свалках и поддержания в надлежащем состоянии подъездов к ним используют бульдозеры с широкими отвальными ножами.

При правильной и своевременной организации работ по снегоуборке в большинстве случаев удается обеспечить нормальную эксплуатацию городских улиц и дорог в зимний период и поддерживать на заданном уровне их транспортно-эксплуатационные показатели. Если по каким-либо причинам не удается своевременно удались свеженасыпанный снег с проезжей части и он уплотнится под движением колес транспорта, необходима обработка его специальными химическими реагентами или песко-соляными смесями.

При производстве работ на таких участках сначала рассыпают химические реагенты из расчета 200—300 г/$м^2$, затем через несколько часов после посыпки производят скалывание верхнего слоя уплотненного снега автогрейдером с гребенчатым ножом или специальными рыхлителями. После этого производят повторную посыпку и последующее скалывание.

Технологический процесс при использовании песко-соляных смесей не отличается от обработки химическими реагентами, однако их применение требует значительных затрат, связанных с добычей и транспортировкой большого количества песка, перемешиванием песка с соляными растворами, погрузкой в песко-разбрасывающие

машины. Наряду с этим, применение песко-соляных смесей сильно загрязняет проезжую часть и другие дорожные сооружения песком, который растаскивается колесами транспорта по покрытию дороги, выносится талой водой в водосточные сети, попадает на газоны. Песок вместе с хлоридами действует на металлические части транспортных средств как абразивный материал и вызывает повышенную их коррозию. Поэтому более экономичными и удобными, как показывают исследования, проводимые многими дорожно-эксплуатационными организациями, для борьбы со снегом и льдом на городских дорогах являются химические реагенты.

При сильной влажности воздуха (более 85%) и положительных температурах в зимний период возникает опасность образования на дорогах гололеда, который резко снижает коэффициент сцепления колес с покрытием и весьма часто является причиной дорожно-транспортных происшествий (столкновение транспортных средств, наезд на пешеходов и др.). Поэтому важным мероприятием зимнего содержания дорог в такие периоды являются профилактические меры по предупреждению образования гололеда. В связи с этим большое значение для успешной борьбы со скользкостью на городских дорогах имеет прогнозирование гололедных образований и своевременная передача сообщений о них дорожно-эксплуатационным службам.

Профилактические меры по предупреждению образования гололеда предусматривают обработку дорожных покрытий небольшим количеством химических реагентов, препятствующих образованию ледяной корки. Обработка покрытий перед гололедом производится после получения сведений о погоде от местной метеорологической службы. Сроки проведения профилактических работ по борьбе с гололедом зависят от нарастания скорости повышения влажности воздуха.

Образовавшийся гололед устраняют путем распределения по образовавшейся ледяной корке химических реагентов в количестве 18—20 г/м² или песка с добавкой 3—8% по массе хлористого натрия. При профилактических мерах норма рассыпки песка с солью на горизонтальных участках дорог 15—20 кг/м², на крутых подъемах и спусках 30—40 кг/м².

При образовавшемся гололеде сначала обрабатывают проезжие части на улицах с интенсивным движением, крутые подъемы и спуски, пандусы тоннелей и путепроводы, предмостовые участки, перекрестки улиц, места остановок общественного транспорта, а затем все остальные улицы и дороги. При этом обработку ведут не на всю ширину проезжей части, а только на основных полосах движения транспорта, что способствует ускорению производства работ.

Одной из главнейших задач содержания улиц и дорог в весенний период является улучшение водно-теплового режима земляного полотна, своевременное удаление влаги, накопившейся в земляном полотне в результате таяния снега. Весной обычно проявляются последствия зимнего влагонакопления в земляном полотне (особен-

но в полотне со слабодренирующими грунтами), при котором происходит концентрация влаги в грунте и подстилающем слое под проезжей частью. В этот период может произойти резкое снижение прочности дорожной одежды в результате уменьшения величины модуля упругости грунта земляного полотна, который является функцией влажности, плотности и структуры грунта.

Для сохранения прочности земляного полотна необходимо предусмотреть меры, предупреждающие попадание талых вод в конструкцию дорожной одежды.

При интенсивном таянии снега во дворах и на территориях, прилегающих к улице, необходимо заблаговременно позаботиться об очистке лотков и обеспечении хорошего стока талых вод через закрытую водосточную сеть или по кюветам. Необходимо проверить состояние дренажей мелкого заложения, снять с дождеприемных колодцев установленное на зиму утепление, ликвидировать ледяные пробки, образовавшиеся в трубах водостока.

Особое внимание весной следует уделять участкам дорог, подверженным пучинообразованию. При первых признаках возникновения пучин необходимо принять меры по организации движения транспорта с объездом пучинистых участков. На улицах с троллейбусным движением, где невозможно изменить транспортные маршруты, следует ограничивать скорость движения на таких участках или замедлять процесс оттаивания грунтов земляного полотна путем засыпки покрытия слоем песка. В весенний период на проезжую часть во время снеготаяния выносится большое количество грунта с неблагоустроенных дворов и прилегающих территорий. Его необходимо своевременно убирать, применяя для этого автогрейдеры, поливо-моечные и другие уборочные машины.

ЛИТЕРАТУРА

Бабков В. Ф. Современные автомобильные магистрали. М., 1974.

Гольдин Э. М., Дубровин Е. Н. Технология строительства городских улиц. М., 1974.

Городской скоростной пассажирский транспорт/Под ред. *Д. С. Самойлова.* М., 1975.

Дорожный асфальтобетон/Под ред. *Л. Б. Гезенцвея.* М., 1976.

Меркулов Е. А. Городские дороги. М., 1973.

Меркулов Е. А., Славуцкий А. К. Основы проектирования городских дорог. М., 1971.

Овечников Е. В., Фишельсон М. С. Городской транспорт. М., 1976.

Пересечения в разных уровнях на городских магистралях/*Дубровин Е. Н., Ланцберг Ю. С., Лялин И. М.* и др. М., 1977.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Глава I. Элементы и инженерное оборудование городских улиц и дорог . 7

§ 1. Общие положения 7
§ 2. Дорожные одежды 11
§ 3. Современные конструкции путей трамвая 30
§ 4. Подземные инженерные сети 40
§ 5. Водостоки и дренажи 47
§ 6. Транспортные и пешеходные пересечения в разных уровнях . . 52
§ 7. Обстановка пути и средства регулирования движения 57
§ 8. Озеленение и искусственное освещение улиц 60

Глава II. Проектирование улиц и городских дорог 67

§ 9. Изыскательские работы 67
§ 10. Состав проектной документации 71
§ 11. Движение транспортных средств по дороге 74
§ 12. Проектирование улиц и дорог в плане 86
§ 13. Проектирование поперечных профилей улиц и дорог 92
§ 14. Проектирование продольных профилей и вертикальная планировка 98
§ 15. Определение объема земляных работ при вертикальной планировке 111
§ 16. Проектирование земляного полотна 116
§ 17. Расчет прочности дорожных одежд нежесткого типа 123
§ 18. Проектирование жестких дорожных одежд 140
§ 19. Расчет цементно-бетонных и железобетонных покрытий 155
§ 20. Технико-экономическая оценка вариантов дорожных одежд . . 168
§ 21. Проектирование и расчет водостоков 171
§ 22. Комплексная система снегоудаления в городах 187
§ 23. Проектирование пересечений в одном уровне 194
§ 24. Проектирование транспортных пересечений в разных уровнях . 197
§ 25. Проектирование внеуличных пешеходных переходов 204

Глава III. Технология и организация строительства городских улиц и дорог 211

§ 26. Общие сведения 211
§ 27. Подготовительные работы 215
§ 28. Вертикальная планировка городской территории 218
§ 29. Технология строительства подземных инженерных сетей в раздельных и совмещенных траншеях 230
§ 30. Технология строительства коллекторов из сборных железобетонных элементов 235
§ 31. Бестраншейный способ прокладки подземных сетей 242
§ 32. Технология строительства водостоков 245
§ 33. Технология строительства дренажей мелкого заложения 248
§ 34. Технология установки бортовых камней 251
§ 35. Технология строительства оснований из щебня 255
§ 36. Технология строительства оснований из цементобетона и сборного железобетона 260
§ 37. Технология приготовления асфальтобетонных смесей 265
§ 38. Технология строительства покрытий из горячих асфальтобетонных смесей 274

§ 39. Уплотнение покрытий из горячей асфальтобетонной смеси 283
§ 40. Особенности строительства покрытий из холодных асфальтобетонных смесей 287
§ 41. Приготовление цементно-бетонных смесей 289
§ 42. Технология строительства монолитных цементно-бетонных покрытий 297
§ 43. Устройство швов, уход за бетоном и отделка покрытия 308
§ 44. Технология строительства предварительно напряженных покрытий 315
§ 45. Технология изготовления плит и монтаж сборных покрытий . . 326
§ 46. Технология строительства усовершенствованных покрытий облегченного типа с применением органических вяжущих материалов 334
§ 47. Строительство усовершенствованных мостовых 339
§ 48. Строительство тротуаров и пешеходных дорожек 343
§ 49. Технология строительства трамвайных путей 350
§ 50. Технология работ по озеленению и оборудованию улиц средствами регулирования движения 357

Глава IV. Эксплуатация городских улиц и дорог 366
§ 51. Основы эксплуатации городских улиц и дорог 366
§ 52. Организация службы эксплуатации городских улиц и дорог . . 369
§ 53. Классификация дорожно-ремонтных работ 375
§ 54. Ремонт асфальтобетонных покрытий дорог и тротуаров 377
§ 55. Ремонт цементно-бетонных и железобетонных покрытий 386
§ 56. Содержание городских улиц и дорог 399

Литература 406

Евгений Николаевич Дубровин

ГОРОДСКИЕ УЛИЦЫ И ДОРОГИ

Научный редактор Ю. В. Старостин. Зав. редакцией В. Г. Акатова. Редактор Т. Ф. Мельникова. Младший редактор Г. К. Ионова. Художник В. В. Гарбузов. Художественный редактор Т. А. Дурасова. Технический редактор Е. И. Герасимова. Корректор В. В. Кожуткина

ИБ № 2131

Изд. № Стр. 343. Сдано в набор 16.09.80. Подп. в печать 04.03.81. Т-00899. Формат 60×90¹/₁₆. Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 25,5 усл. печ. л. 25,5 усл. кр.-отт. 28,72 уч.-изд. л. Тираж 10 000 экз. Зак. № 1090. Цена 1 р. 30 к.

Издательство «Высшая школа». Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14.

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Хохловский пер., 7.