

# ОСНОВЫ дорожного строительства

СКИФ



Кафедра «Автосервис»

Лекционный курс

Автор

Малая Е.В.

Ростов-на-Дону,  
2017

## **Аннотация**

Лекционный курс предназначен для студентов направления 23.03.02 – Технические измерения.

## **Автор**

**Малая Елена Викторовна –**

**к.т.н., доцент**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |           |
|--|-----------|
| Раздел 1. Организация и технология дорожного строительства .....   | 4         |
| <b>Лекция 1 Тема: История развития строительства дорог и транспортных сооружений .....</b>                       | <b>4</b>  |
| <b>Лекция 2 Тема: Основные элементы автомобильных дорог .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>Лекция 3 Тема: Основные положения по организации строительства автодорог .....</b>                            | <b>26</b> |
| <b>Лекция 4 Тема: Технология строительства земляного полотна .....</b>   | <b>34</b> |
| <b>Лекция 5 Тема: Организация строительства и реконструкции автомобильных дорог .....</b>                        | <b>41</b> |
| Раздел 2. Транспортные сооружения .....  | 50        |
| <b>Лекция 6 Тема: Виды и характеристика транспортных сооружений .....</b>  | <b>50</b> |
| <b>Лекция 7 Тема: Тоннели. Основные сведения .....</b>   | <b>56</b> |
| <b>Лекция 8 Тема: Городские дорожные сооружения .....</b>  | <b>63</b> |
| <b>Лекция 9 Тема: Охрана труда при проведении дорожного строительства и содержание мостовых сооружений .....</b> | <b>71</b> |

## Раздел 1. Организация и технология дорожного строительства

### Лекция 1

#### Тема: История развития строительства дорог и транспортных сооружений

Учебные вопросы:

1. История развития дорожного строительства в России.
2. История развития строительства транспортных сооружений.

1 вопрос. После длительного продолжавшегося столетия застоя на важнейших торговых и военных путях возобновилось дорожное строительство. Развитие его техники в XVIII вв. сводилось к поискам путей обеспечения проезда по дорогам в условиях всевозрастающих объемов перевозок и роста нагрузок на дороги с одновременным стремлением снизить затраты труда и материалов.

В России строительство дорог первоначально развивалось несколькими отличными от Запада путями в связи с недостатком легкодоступных для разработки каменных материалов. Основными источниками получения камня были трудоемкий сбор на полях валунов и разработка гравия в ледниковых отложениях. Несмотря на значительную протяженность дорог (во второй половине XVIII в. только сеть почтовых путей из Москвы достигала 16—17 тыс. км [1, с. 108] и большие потребности в совершенствовании условий перевозок, техника дорожного строительства в России длительное время ограничивалась осушением дорожной полосы и укреплением труднопроезжаемых мест древесными материалами.

Началом дорожного строительства в России можно считать 1722 г., когда 1 июня был издан сенатский указ о постройке дороги, связывающей Петербург с Москвой. Дорогу строили как грунтовую. В указе от 20 мая 1723 г. говорилось: «... А в болотных местах класть фашины и между ими насыпать землю слоями до тех мест, как вышиною будет с натуральною землею ровно и потом мостить, не подкладывая под испод бревен и сверх того мосту насыпать по небольшому земли».

Примитивная технология строительства не приводила в суровых грунтовогидрологических условиях северо-запада европейской части России к получению удовлетворительных для проезда дорог. Низкое качество грунтовых и укрепленных деревом дорог привело к тому, что руководители дорожным строительством начали по своей инициативе мостить отдельные участки дороги камнем. В декабре того же года Сенат принял решение, что «в нужных местах и где камня довольно есть, из помянутых дорог одну половину, в рассуждении прочности и сбережения лесов, мостить камнем по такому грунту, чтоб камень скоро не опадал и не делалось лощин и не повреждалась бы дорога...». С этого времени в России была принята твердая установка на постройку на магистральных дорогах каменных дорожных одежд. Развитие в России торговли и промышленности требовало содержания дорог в исправном состоянии.

На важнейших государственных дорогах преимущественным типом дорожного покрытия было щебеночное. Несмотря на небольшие объемы его строительства, именно в России было достигнуто существенное улучшение техники постройки. Первоначальная технология не предусматривала какого-либо

## Основы дорожного строительства

специального уплотнения дорожного покрытия идея отказа от уплотнения щебеночных покрытий движением и перехода к уплотнению катком не сразу получила признание и лишь в 40х годах XIX столетия стала рассматриваться как обязательная.

В России в 1786 г. была утверждена как обязательная конструкция дорожной одежды капитана Баранова для дорог с проезжей частью. Покрытие было двухслойным. Нижний слой состоял из щебня размером «малого куриного яйца», а верхний толщиной 2—4 дюйма — из прочного каменного материала, который при постройке надо было «уколотить поплотнее ручными бабами и выровнять катками, железными и каменными». При укатке рекомендовалось употреблять «катки сначала незначительного веса, но увеличивать по мере укатки вес оных». При этом «польза от катка могла только тогда быть, коль скоро тяжесть его постепенно доходила до 300 пудов нагрузкой в ящик камня». Последняя строительная операция рекомендовалась значительно ранее, чем ее ввел в 1830 г. в строительную практику для щебеночных покрытий во Франции Полонсо.

После 1860 г. объем дорожного строительства в России начал сокращаться. Если до 1861 г. в среднем строилось по 230 км дорог с твердыми покрытиями в год, что само по себе было крайне мало по сравнению с потребностью, то в следующее двадцатилетие объем строительства снизился до 25—30 км в год и лишь после 1890 г. в связи с развертыванием строительства стратегических дорог в западных губерниях снова возрос до 300—350 км. Железных дорог в этот период ежегодно вводилось в эксплуатацию от 730 до 1320 км в год [2, с. 192].

Ограниченные финансовые возможности земств привели к тому, что на подъездных путях начали получать распространение булыжные мостовые, постройка которых не требовала механизации ( первые заграничные паровые катки массой 10 т появились только в 1875 г., а их производстве в ограниченном объеме на Коломенском, Варшавском и Брянском машиностроительных заводах было развернуто в конце XIX в.). Булыжные мостовые были менее трудоемки при строительстве, поскольку отпадала необходимость дробления камня на щебень, и их можно было надолго оставлять без ремонта. Долгое время укатку вели без поливки водой, хотя положительное действие увлажнения щебня на закатывание было известно. В 1851 г. инж. Евреиновым рекомендовалось «при укатке до россыпи высевок выбирать по возможности сырое и дождливое время, укатку же с высевками производить тогда, когда уже шоссейная поверхность несколько просохнет, а влажность будет находиться только в нижнем слое».

В период до второй мировой войны получило распространение строительство дорожных одежд из бетона для всех стран был типичен поперечный профиль бетонного покрытия из соединенных металлическими штырями плит постоянной толщины 18—24 см, укладываемых на песчаное или гравелистое основание или более толстый «морозозащитный слой», предохранявший от пучения. Предполагалось, что толстая бетонная плита, распределяющая давление от колес автомобилей на большую площадь основания, может в известной степени компенсировать неоднородность грунта земляного полотна. Однако опыт эксплуатации показал, что различие в прогибах центральной части и краев плит при проезде автомобилей приводит к накоплению остаточных деформаций грунта под поперечными швами и образованию там полости, заполняющейся в дождливые периоды водой, разжижающей грунт земляного полотна. Возникает характерное явление «выплесков» — выбрызгивание из швов при проезде автомобилей грязной воды, приводящее к увеличению полостей под концами плит, их работе под нагрузкой как консоли, в конце Концов, к их обламыванию.

## Основы дорожного строительства

Аналогичное явление накопления осадок подстилающего грунта под влиянием прогиба плит возникает и в центральной части плит. В бетоне плиты, не испытывающей полной поддержки грунтового основания, начинают развиваться усталостные явления, приводящие к образованию трещин.

Если проследить хронологию развития дорог СССР и западных стран, легко увидеть, что отставание технологии довоенного периода составляло в среднем 10-20 лет, например учитывая ведущуюся фашистской Германией подготовку к нападению, в России приступили к постройке автомобильной магистрали Москва — Минск, резко отличавшейся по своим техническим параметрам от ранее строившихся дорог. Магистраль была рассчитана на скорость 120 км/ч. Ее проезжая часть, была еще без разделительной полосы, шириной 14 м предусматривала движение автомобилей в два ряда в каждую сторону. По техническим параметрам она соответствовала магистралям США 30х годов и законченной к тому времени строительством в Германии дороге Кельн — Бонн.

Трудности получения каменных материалов, суровость климата и значительное разнообразие климатических условий предопределили творческое развитие в России конструкций щебеночных дорожных покрытий. Выработалось представление о структуре щебеночной коры.

Отмеченная инж. Васильевым роль веществ, заполняющих пустоты в щебеночной коре, долгое время являлась предметом споров. Для повышения связности щебеночной коры высказывались предложения о необходимости введения в нее материалов, «образующих связь, основанную на силе химического средства». При этом значительную пользу могло бы сказать «употребление веществ известковых для заполнения пустот в измельченном виде с особую их поставкою».

Существенным отличием конструкций дорожных одежд в России был отказ от обязательного требования Дж. Мак-Адама о создании дорожной одежды из однородного по составу, крупности и прочности щебня.

Средняя полоса европейской части России, где велось строительстве щебеночных покрытий, бедна каменными материалами, так как коренные породы покрыты мощными слоями ледниковых отложений. Основным источником получения каменных материалов был сбор на полях валунов. Поэтому вскоре возникла мысль об укладке в нижний слой одежды крупного щебня слабых, но дешевых местных пород. Таким способом построен ряд шоссе в западных губерниях. Вначале, так же как и Мак-Адам, щебеночным одеждам придавали толщину 25 см (10 дюймов), но потом, убедившись, что хорошее уплотнение щебеночного слоя проездом распространяется только на глубину примерно 10 см, а глубже щебень остается в слабо уплотненном состоянии, перешли постепенно в целях уменьшения расходов к толщине 15 см в уплотненном состоянии. Это оказалось возможным в связи с меньшими нагрузками на конные повозки в России по сравнению с применявшимися в Англии. При неблагоприятных грунтовых условиях, где можно было ожидать пучин, щебеночную одежду утолщали до 9—12 дюймов, но, так как это сильно удорожало строительство, нижнюю часть каменного слоя начали заменять песком. Так было построено шоссе Петербург — Москва.

В России идея повышения связности щебеночного покрытия начала реализовываться лишь после введения искусственного уплотнения щебеночных россыпей катками, причем на основе других принципов, чем за рубежом. Щебеночная кора из одномерного прочного щебня, несмотря на обламывание кромок щебенки, имела высокую пористость. Для заполнения пор в верхнем



## Основы дорожного строительства

наиболее уплотнявшемся слое начали использовать более мелкий материал — клинец и высевки, вдавливаемые весом катка в незаполненные места между щебенками и создающие расклинивание. В России считалось обязательным использование для этой цели щебня тех же горных пород, что и для основной россыпи, поскольку применение мягких легко дробящихся пород, облегчая закатку, давало малоустойчивое, быстроразрушающееся покрытие.

2 вопрос. Древние строители, при прокладке трассы дороги, столкнулись с проблемой различных, естественных препятствий в виде рек, ручьев, оврагов, лощин, горных хребтов, для преодоления которых пришлось устраивать различные искусственные сооружения. При большом разнообразии сооружений для преодоления естественных препятствий основными транспортными сооружениями являются водопропускные искусственные сооружения мосты и трубы.

Искусство строительства мостов было известно в Европе и на Руси с древних времен. В период 16-18 веков оно получило большое развитие, в 19 веке Россия уже была одной из передовых стран по мостостроению.

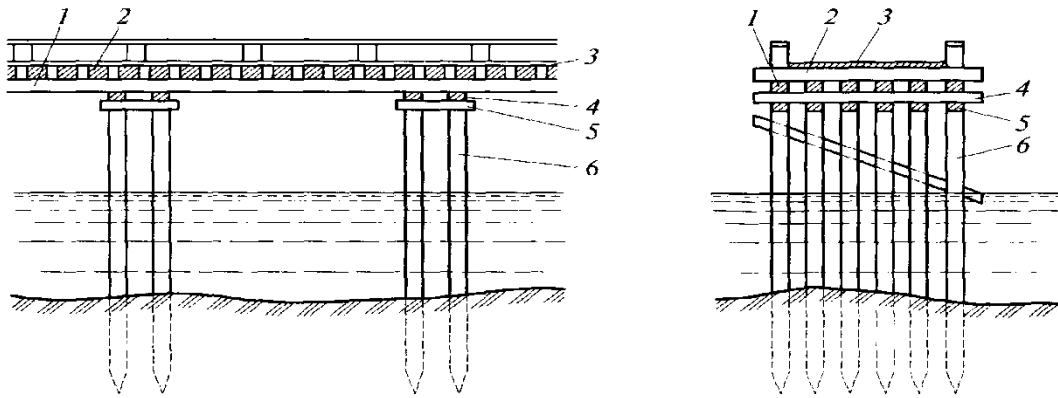
До 18 столетия размеры элементов моста назначали без расчета, по образцу ранее построенных мостов. Талантливый русский механик И.П. Кулибин был одним из первых зачинателей экспериментального метода в мостостроении, получившего в дальнейшем большое развитие. Создавалась модель моста в уменьшенном масштабе и на ней проверялись различные нагрузки, пропорционально величине моста.

Материалы для строительства мостов до 1873 года, когда француз Монье изобрел железобетон, использовались естественные – дерево и камень.

Древесина — один из древнейших и весьма распространенных конструкционных материалов. По степени распространения на земле и длительности использования человеком с древесиной конкурирует только камень. Однако деревянные мосты недолговечны, и срок их службы ограничен 15-20 годами. Применение специальных мер защиты древесины от загнивания, а также клееных конструкций может несколько повысить срок службы, но он остается небольшим по сравнению со сроком службы конструкций из других материалов.

При строительстве мостов древесина использовалась уже в глубокой древности: мосты из дерева строили еще в Древнем Риме, Греции и других странах. Первым деревянным мостом, о котором сохранились подробные сведения, является мост через р. Тибр в Риме, построенный в 638—614 гг. до н. э. Конструкция этого моста (рис.1.) имела много общего с современными простейшими деревянными мостами. Пролетное строение состояло из шести прогонов 1, по которым были уложены поперечины 2, а по ним — продольный настил 3. Под каждый прогон пролетного строения в опорах забивались две сваи 6, которые объединялись поверху продольными насадками 5. По насадкам над сваями укладывались поперечные балки 4, на которые опирали прогоны пролетного строения.

Основы дорожного строительства



1 прогон; 2 поперечины; 3 — настил; 4 — поперечные балки; 5 — насадка; 6 — свая

Рисунок 1 - Мост через р. Тибр в Риме (638—614 гг. до н. э.):

Древнее мостостроение из дерева достигло наибольшего развития в период расцвета Римской империи. Римские войска во время походов в другие страны строили много деревянных мостов, совершенствуя их конструкции и способы строительства.

В Древней Руси самобытное искусство строительства деревянных мостов зародилось давно, так как дерево широко распространенный на территории России и вполне пригодный материал для строительства мостов. Из старинных русских летописей известно, что при Владимире Мономахе в 1114 г. был построен деревянный наплавной мост через р. Днепр в Киеве. Наплавные мосты были также построены через р. Дон войсками Дмитрия Донского перед Куликовской битвой. Оригинальный деревянный наплавной мост был наведен русскими войсками в конце XVII в. через р. Дон во время второго азовского похода. Плавающими опорами для этого моста служили изготовленные на месте деревянные ящики, поверху которых были уложены три каната, закрепленные на берегах. Образованная таким образом из этих опор и канатов система поддерживала поперечный дощатый настил.

Интенсивное строительство деревянных мостов в России началось при Петре 1 в Петербурге. Строились мосты балочной и арочной систем на свайных и каменных опорах, а также наплавные.

Выдающийся русский изобретатель и конструктор И. П. Кулибин (1735—1818 г.) в результате двадцатилетнего труда разработал в 1796 г. проект деревянного арочного моста с решетчатыми фермами пролетом около 300м через р. Неву (Рис.2.). Очертание арки моста и усилия в его элементах он определил путем оригинальных экспериментальных работ. Для проверки этого проекта в 1776 г. в Петербурге была построена модель в 1/10 натуральной величины, испытания под нагрузкой которой проводились специальной комиссией Петербургской Академии наук в присутствии механика и математика Леонарда Эйлера. Испытания подтвердили возможность постройки такого грандиозного по тем временам моста. В 1793 г. модель была перевезена и установлена на территории Таврического сада в Петербурге. Мост, однако, не был построен.



## Основы дорожного строительства

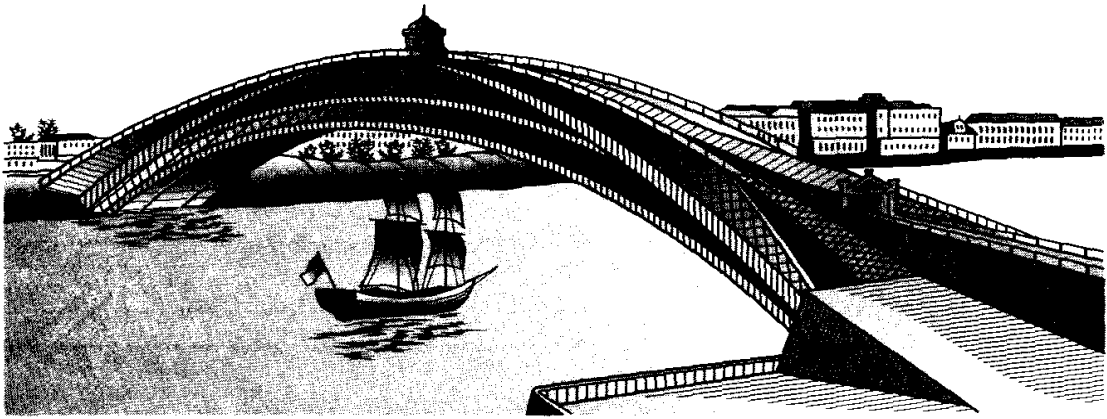


Рисунок 2 - Деревянный мост арочной системы через р. Неву по проекту И. П. Кулибина

Строительство деревянных низководных мостов получило крупный размах во время Великой Отечественной войны. Эти мосты по протяженности составляли до 85 % всех возводившихся мостов. На реках Днепр, Неман, Днестр, Висла и Одер войска строили и высоководные мосты с использованием новых типов упрощенных конструкций дощато-гвоздевых ферм с пролетами до 30 м. Применяли также пролетные строения с ригельно-раскосными фермами из бревен пролетами до 30 м, а также деревянные комбинированные полетные строения с ездой понизу с пролетами до 50 м. В конце войны низководные мосты на свайных опорах строили с темпом 4... 6 м/ч, а высоководные с темпом 25... 30 м в день.

Во второй половине XX в. в России при строительстве новых мостов все большее распространение стал получать железобетон. В настоящее время деревянные мосты на федеральных автомобильных дорогах не строят. Они находят применение лишь как временные мосты — подмости при строительстве капитальных железобетонных или металлических мостов. Тем не менее, нельзя считать, что деревянные мосты исчерпали себя. Они могут еще найти применение на местных дорогах в районах, богатых лесом, при условии применения более совершенных конструктивных форм, рассчитанных на индустриальные методы изготовления и возведения, при условии оснащения мостостроительных организаций специальными мостостроительными средствами.

В России есть также предпосылки для более широкого применения клееных и клефанерных конструкций в мостостроении. Еще в середине прошлого века в России коллективом ученых и инженеров во главе с профессором Г. Г. Карлсенем была предложена эффективная технология деревянных клееных конструкций. С учетом этой технологии были разработаны проекты типовых балочных пролетных строений с клееными несущими элементами и были построены несколько мостов. Опыт их эксплуатации показал их высокую конкурентную способность по сравнению с железобетонными мостами. Однако после развала СССР в 1990-е годы по разным причинам изготовление клееных мостовых конструкций в России, к сожалению, прекратилось.

Опыт строительства и эксплуатации клееных мостов в США, Канаде и в Скандинавских странах в настоящее время свидетельствует об эффективности их применения. Они достаточно надежны и долговечны при строгом соблюдении технологии склеивания.

Другим естественным материалом для мостостроения является камень. Мосты из камня строили, в основном, в горной местности и они служили веками.

## Основы дорожного строительства

Недостатком при возведении каменных мостов является большая трудоемкость. Так как механизировать процессы по обработке камня и устройству каменной кладки в достаточной мере не удастся, что и обусловило ограниченное применение каменных мостов в современных условиях. Практически в настоящее время их не возводят, за исключением единичных сооружений малых пролетов в горной местности.

Железобетонные мосты появились в практике строительства во второй половине XIX века и в настоящее время имеют преимущественное распространение на автомобильных дорогах и в городах.

Железобетон применяется также для устройства труб, малых и средних мостов, а также для мостов больших пролетов.

В 1892 г. француз Геннебик предложил систему армирования, состоящую из продольных стержней с поперечными хомутами. Она обеспечила переход к современным железобетонным сооружениям. По его предложению появились и ребристые мостовые конструкции, что способствовало в дальнейшем развитию арочных и балочных систем железобетонных мостов. За более чем столетний период их развития были созданы мосты разнообразных систем. Железобетон оказался настолько удобным материалом, что из него кроме конструктивных форм, взятых из области каменных, деревянных и металлических мостов, были созданы совершенно оригинальные конструктивные формы, свойственные только ему.

В начале XX в. России железобетонные конструкции вообще и мосты в частности развивались под влиянием зарубежного опыта и отечественной практики строительства. Большую роль сыграли обширные опыты проф. Н.А. Белелюбского по исследованию действительной работы железобетонных плит, балок, арок и моста пролетом 17 м, проведенные им в 1886—1891 гг. и доказавшие успешную работу железобетонных конструкций под действием тяжелых нагрузок. Широкое применение железобетонных мостов в России началось после издания в 1908 г. первых технических условий и норм проектирования железобетонных мостов различных систем. До начала Первой Мировой войны уже было построено большое количество разрезных, неразрезных и рамных мостов ребристой конструкции.

К этому периоду относится инженерная и научная деятельность наших соотечественников, крупных специалистов по железобетону: проф. Н. А. Белелюбского, руководившего разработкой технических условий, проф. Г. П. Передерия — автора многих сооружений, проф. А.Ф.Леюта одного из основоположников теории расчета железобетона по стадии разрушения, проф. И. С. Подольского, издавшего в 1906 г. первый курс железобетонных мостов на русском языке.

В 1920—1940-е годы в СССР было построено значительное число крупнейших железобетонных мостов через реки Днепр, Волгу, Ангару, Неву, через канал имени Москвы и др. Отдельные перекрываемые пролеты в них достигали 130 м. Широкое применение железобетон получил в малых и средних мостах. Большие железобетонные мосты строили из монолитного бетона с использованием арочной системы.

В послевоенный период на высоком техническом уровне выполнено капитальное восстановление и строительство новых мостов. Сооружение в 1951 г. двухъярусного моста под совмещенное движение с рекордным до сего времени арочным пролетом 228 м определило возможность и широкое применение железобетона в мостах.

### Основы дорожного строительства

С 1954 г. в нашей стране началось коренное изменение технологии производства, проявившееся в переходе на сборные конструкции и индустриальные методы работ. К этому времени, в основном благодаря разносторонним работам француза Фрейсине, намечилось широкое использование предварительно напряженного железобетона в мостах.

В 1950— 1960-х годах из сборного железобетона построены оригинальный по своей системе городской метромост через р. Москву и рекордный по длине (2 800 м) мост через р. Волгу в Саратове.

В последующие десятилетия происходило дальнейшее совершенствование конструкций и технологии железобетонных мостов. Примерами удачных инженерных решений являются Автозаводской, Краснопресненский и Нагатинский мосты и мост в Щукино-Строгине через р. Москву, автодорожные мосты через р. Днепр в Херсоне и Днепропетровске, Южный переход в Киеве, в котором нашли применение самые современные отечественные достижения в строительстве железобетонных мостов.

В конце XX в. в России намечилась тенденция к более широкому применению монолитного бетона в железобетонных мостах во всем диапазоне пролетов благодаря разработке и освоению индустриальных методов их строительства.



Рисунок 3 - Рамно-подвесной железобетонный мост через реку Самару



Рисунок 4 - Бетонный арочный мост через реку в г. Иркутске

Металл в виде цепей в качестве несущих кабелей в простых висячих пешеходных мостах применялся в Китае еще в начале XVIII в. Однако широкое использование металла в мостостроении началось с 1779 г., когда в Англии через р. Северн был сооружен первый чугунный арочный мост. Арки этого моста с пролетом около 32 м были выполнены из тонких и длинных криволинейных элементов и заметно повторяли конструкцию ранее применявшихся деревянных арочных мостов.

Подобные мосты в конце XVIII — начале XIX в. были построены и в России. Их конструкция имела недостаточную надежность из-за хрупкости чугуна и малых сечений длинных элементов арок. Поэтому в начале XIX в. большее применение получили чугунные арочные мосты со сводами, составленными из ребристых блоков, которые объединялись болтами. Они оказались более надежными и удобными в изготовлении и монтаже.

Россия сыграла немалую роль в развитии мостостроения. В 1809 г. в Петербурге был основан Институт корпуса инженеров путей сообщения, в нем была создана школа мостостроения, из которой вышли талантливые русские инженеры и ученые. При значительном объеме строительства железных и шоссейных дорог мостостроителям России был предоставлен широкий простор для творческой работы. Уже в первой половине XIX в. Россия стала одной из передовых стран по технике мостостроения.

Из многочисленных мостов, построенных в этот период в России, заметное место занимает Благовещенский мост через р. Неву в Петербурге (рис.5), построенный в 1850 г. выдающимся русским инженером С. В. Кербедзом (1810—1899), названный впоследствии мостом лейтенанта Шмидта. Он имел семь пролетов от 32 до 48 м, перекрытых пологими чугунными арками двутаврового сечения с надсводным строением из решетчатых чугунных блоков. В нем имелся разводной пролет для пропуска судов. Этот мост просуществовал 87 лет и был разобран в связи с тем, что перестал удовлетворять возросшим требованиям городского движения, а также условиям быстрого пропуска судов через разводной пролет. Элементы разобранных чугунных арочных пролетных строений оказались в таком хорошем состоянии, что были снова использованы для строительства нового моста через р. Волгу в г. Калинин.

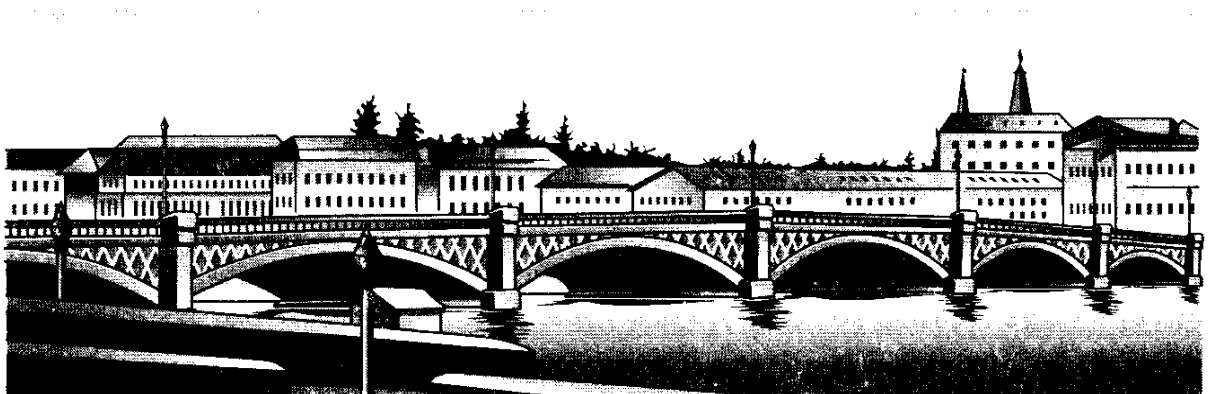


Рисунок 5 - Мост, построенный С. В.Кербедзом через р. Неву (1850 г.)

Применение высокопрочных сталей, современных конструкций и способов соединения элементов, разработка новых, рациональных систем металлических мостов увеличили рациональную область металлических пролетных строений. С 1950-х годов одним из основных типов металлических пролетных строений в



## Основы дорожного строительства

автодорожных мостах стали сталежелезобетонные, в разработку теории расчета этих эффективных конструкций большой вклад сделали профессора Е. Е. Гибшман и Н. Н. Стрелецкий. В последние годы в России большое внимание уделяется коробчатым цельносварным пролетным строениям и вантовым мостам.

Мосты – это сложные дорогостоящие сооружения, предназначенные для длительной службы, чем и определяются предъявляемые к ним требования.

Движение автомобилей по мосту должно быть безопасным, удобным, беспрепятственным и с расчетной скоростью. Ширина проезжей части и тротуаров на мосту должна соответствовать расчетной пропускной способности с учетом перспективы роста движения. Конструктивная схема моста, величины пролетов и возвышение конструкций над расчетным уровнем воды должны обеспечивать нормальные условия судоходства, пропуск воды в паводок и пропуск ледохода. Все это должно обеспечивать длительный срок службы и необходимую надежность всех мостовых конструкций.

Конструкция моста должна отвечать требованиям индустриального (заводского) изготовления и механизированного возведения.

Все элементы мостовой конструкции должны быть прочными, жесткими и устойчивыми и в основном должны придать сооружению возможно лучший внешний вид и добиться гармоничного сочетания сооружения с окружающей местностью, т.е. нужно вписать сооружение в рельеф местности или в ансамбль окружающей застройки в городах, причем архитектурные требования к городским мостам очень высоки.

Особенно важно выполнение экономических требований. При проектировании должно быть найдено оптимальное решение, при котором затраты материалов и финансовых средств будут минимальны, причем только этим нельзя в полной мере оценить экономичность конструкции. Необходимо учитывать срок службы сооружения, условия эксплуатации, а также затраты на возможные ремонты и реконструкцию сооружения.

## Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются в процессе строительства транспортных сооружений?
2. Какие материалы применяются для возведения мостов?
3. Когда можно считать началом дорожного строительства в России?
4. Когда была утверждена первоначальная технология дорожной одежды?
5. В чём заключается обязательное требование Дж. Мак-Адама о создании дорожной одежды?

## Рекомендуемая литература

1. Федотов, Г. А.. Изыскание и проектирование автомобильных дорог :[учеб. для вузов по специальности "Автомобильные. дороги и аэродромы" направления подготовки. "Трансп. строительство"] / Г. А. Федотов, П. И. Поспелов. - М. : Высшая школа, 2009.
2. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог /ч.1, ч.2. - М.: Транспорт, 1987.
3. СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги. Нормы проектирования.
4. Справочная энциклопедия дорожника Том 5 под редакцией Федотовой Т.А. 2007г

Основы дорожного строительства

5. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования. Типовые материалы для проектирования. 503-0-48.87.- М.: Союздорпроект, 1987.

6. Мытько Я. Р. Оценка транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог / Я. Р. Мытько. — Минск: ВУЗ—ЮНИТИ, 2001.-250 с.

7. Ремонт и содержание дорог: справочная энциклопедия дорожника. Т. 2 / А. П. Васильев, Э. В. Дингес, М. С. Когендон и др.; под ред. А. П. Васильева. — М.: Информавтодор, 2004. — 507 с.

8. Луканин В. Н. Автомобильные потоки и окружающая среда / В. Н.Луканин, А.П.Буслаев, М.В.Яшина. — М.: ИНФРА-М, 2001. — 646 с.

9. Веб-сайт: <http://stroy.gostedu.ru>

**Лекция 2**

**Тема: Основные элементы автомобильных дорог**

Учебные вопросы:

1. Профили дорог.
2. Земляное полотно.
3. Дорожная одежда

1 вопрос. *Поперечным профилем дороги* называется изображение, полученное сечением дороги вертикальной плоскостью, перпендикулярной оси дороги. Основные параметры поперечного профиля дороги приведены в табл. 1.

Таблица 1

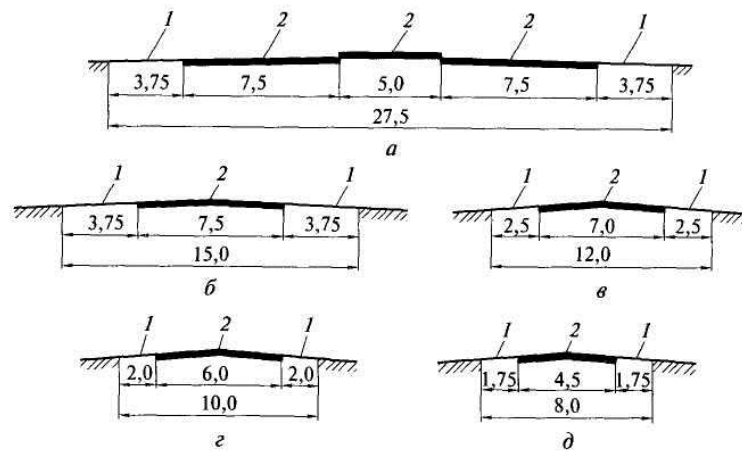
| Параметры элементов дороги  | Категория дороги |           |      |     |     |      |
|---|------------------|-----------|------|-----|-----|------|
|   | 1-а              | 1-б       | II   | III | IV  | V    |
| Число полос движения  | 4; 6; 8          | 4; 6; 8   | 2    | 2   | 2   | 1    |
| Ширина полосы движения, м   | 3,75             | 3,75      | 3,75 | 3,5 | 3   | -    |
| Ширина проезжей части, м  | 2×7,5            | 2×7,5     | 7,5  | 7   | 6   | 4,5  |
|   | 2×11,25          | 22×11,25  |      |     |     |      |
|   | 2×15             | 2×15      |      |     |     |      |
| Ширина обочин, м  | 3,75             | 3,75      | 3,75 | 2,5 | 2   | 1,75 |
| Наименьшая ширина укрепленной обочины, м  | 0,75             | 0,75      | 0,75 | 0,5 | 0,5 | -    |
| Наименьшая ширина разделительной полосы между разными направлениями движения, м | 6                | 5         | -    | -   | -   | -    |
| Наименьшая ширина укрепленной полосы на разделительной полосе, м                | 1                | 1         | -    | -   | -   | -    |
| Ширина земляного полотна, м   | 28,5; 36;        | 27,5; 35; | 15   | 12  | 10  | 8    |
|   | 43,5             | 42,5      |      |     |     |      |



Основы дорожного строительства

В поперечном профиле дорог вдоль проезжих частей с обеих сторон устраивают грунтовые полосы - обочины (рис. 1).

Обочины создают боковой упор для дорожной одежды проезжей части и используются для временной стоянки автомобилей.



*а* - дороги I категории; *б* - дороги II категории; *в* - дороги III категории; *г* - дороги IV категории;

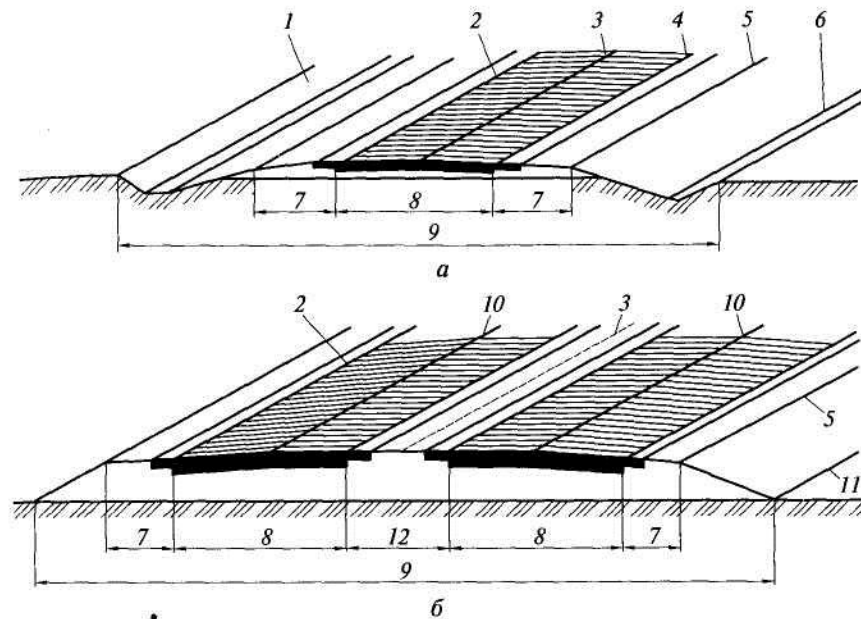
*д* - дороги V категории; 1 - обочины; 2 - дорожная одежда проезжей части  
 Рисунок 1 - Типовые поперечные профили автомобильных дорог общей сети России (размеры даны в метрах)

Полоса земли, на которой устраивают проезжую часть и обочины, называется земляным полотном. Земляное полотно отделяется от прилегающей местности откосами или боковыми канавами, которые служат для осушения земляного полотна и отвода поверхностной воды. При устройстве земляного полотна в насыпи необходимый грунт подвозят из находящихся вблизи выемок или при его недостатке берут из закладываемых около дороги неглубоких выработок, называемых резервами. Избыточный грунт из выемок укладывают в валы, называемые кавальерами.

Важным элементом автомобильной дороги является проезжая часть, которая позволяет беспрепятственно и безопасно двигаться транспортным средствам с заданной скоростью (рис. 2). Проезжая часть должна занимать строго определенное положение, иметь размеры и геометрическое очертание, соответствующее требованиям дорожного движения, достаточно прочную и ровную поверхность.

Общая ширина улиц зависит от соотношения высоты застройки и расстояния между линиями застройки, от характера озеленения, ширины проезжей части, тротуара, технических зон для устройства подземных сооружений и других факторов.

Основы дорожного строительства



*а* - с одной проезжей частью; *б* - с двумя проезжими частями и разделительной полосой;

*1* - внешний откос канавы; *2* - краевая укрепительная полоса; *3* - ось дороги; *4* - кромка проезжей части; *5* - бровка насыпи; *6* - внутренний откос; *7* - обочина; *8* - проезжая часть; *9* - земляное полотно; *10* - ось проезжей части; *11* - откос насыпи; *12* - разделительная полоса

Рисунок 2 - Элементы поперечного профиля автомобильной дороги:

Необходимая ширина проезжей части и тротуаров должна определяться в соответствии с составом и размером перспективных транспортных потоков и пешеходов в периоды максимального движения для наиболее загруженного участка. Правильное определение необходимой и достаточной ширины проезжей части имеет большое техническое и экономическое значение при планировке новых городов, а также при реконструкции существующих магистралей. Учитывая большую стоимость сооружения и эксплуатации проезжей части улицы, ее ширину делают минимальной, но достаточной для пропуска транспортных потоков, рассчитанных на отдаленную перспективу. Необходимость расширения улиц и их проезжих частей при росте движения в старых городах приводит к громадным затратам.

Чрезмерно большая ширина проезжих частей улиц не только вызывает излишние расходы на их сооружение и эксплуатацию, но приводит к неэффективному их использованию, так как пропускная способность магистралей не возрастает пропорционально ширине. Излишняя ширина перекрестков может даже вызывать снижение пропускной способности из-за увеличения длительности их пересечения автомобилями и пешеходами.

Необходимая ширина проезжей части улицы, предназначенной непосредственно для движения транспортных средств, при установленном числе полос движения складывается из суммы величин габаритной ширины расчетных транспортных единиц и суммы зазоров безопасности.

Габаритная типовая ширина может быть принята для современных троллейбусов и автобусов 2,6 м, для новых троллейбусов и автобусов 2,7 м, для грузовых автомобилей 2,5 м и легковых автомобилей 2 м.

## Основы дорожного строительства

Зазоры безопасности определяют минимально необходимое и достаточное расстояние между кузовами транспортных единиц при встречном движении, при обгоне или попутном движении, а также между кузовом и бортом тротуара или полосой для стоянки автомобилей.

При установленных Правилами дорожного движения ограничениях скорости движения легковых автомобилей по улицам городов 60 км/ч величина зазоров безопасности может быть принята примерно 0,7 м между бортом тротуара и кузовами транспортных средств, движущихся по первой полосе, и 1...1,2 м между кузовами попутных автомобилей. Ширина проезжей части городских магистралей определяется кратной 3,75 м.

Нормами проектирования автомобильных дорог установлены ширина одной полосы (ленты) движения и наименьшее число полос (лент) для улиц и дорог разного назначения (см. табл. 1).

На первой очереди строительства ширина проезжей части магистральных улиц может быть уменьшена при двустороннем троллейбусном движении до 10,5 м, при двустороннем автобусном движении до 9 м.

Чтобы в перспективе можно было расширить проезжую часть до полной расчетной величины, необходимо оставлять резервные полосы вдоль оси проезжей части с временным их озеленением. Осевое расположение резервных полос дает возможность расширить проезжую часть без каких-либо переустройств. Расположение же резервных полос вдоль тротуара вызывает необходимость перекладки бортов тротуара и водоприемных колодцев, изменения отметок тротуара, а иногда даже переустройства входов в здания.

Для разделения встречных потоков безрельсовых транспортных средств, отделения транзитных потоков от местного движения и изоляции транспортных и пешеходных потоков устраивают разделительные полосы.

Ширину зеленых разделительных полос вдоль тротуаров желательно принимать 3,5 м из условия посадки деревьев или кустарников в открытом грунте и возможности устройства уширения проезжей части перед перекрестком на одну полосу движения за счет обрыва зеленой полосы. Между зеленой полосой и бортом тротуара следует оставлять полосу тротуара шириной 0,75...1 м для служебного прохода и складирования снега. Наименьшая ширина разделительной полосы между проезжей частью и тротуаром 2 м.

Устройство зеленой разделительной полосы вдоль тротуара упорядочивает пешеходное движение, повышает безопасность и скорость движения транспортных средств, способствует благоустройству улицы, улучшает гигиенические условия для пешеходов и людей, живущих в домах, расположенных на магистральных улицах.

Для разделения движения по встречным направлениям между проезжими частями устраивают центральную разделительную полосу. Центральная разделительная полоса повышает безопасность и скорость движения, исключая возможность столкновения транспортных средств встречных потоков, улучшает дисциплину движения транспортных средств и пешеходов. Ширину центральной разделительной полосы следует принимать 6 м на скоростных дорогах и 4 м на магистральных улицах непрерывного движения и дорогах грузового движения.

Устройство островков безопасности на центральной разделительной полосе магистралей общегородского значения в местах переходов обеспечивает необходимое место для пешеходов, скапливающихся в ожидании зеленого сигнала светофора, и сокращает длительность желтого сигнала.

## Основы дорожного строительства

Разделительные полосы, отделяющие проезжие части от других элементов дорог и улиц, должны быть приподняты над проезжей частью на 15...20 см.

Центральные разделительные полосы могут возвышаться над проезжей частью или располагаться в одном с ней уровне с выделением двумя параллельными линиями разметки, нанесенными на дорожное покрытие белой краской.

В сложном рельефе при расположении дороги на косогоре проезжие части каждого направления могут быть расположены на разной высоте с устройством разделительной полосы на откосе. Такое решение существенно уменьшает объем земляных работ, приближая к естественному рельефу расположение проезжих частей каждого направления.

В целях уменьшения стоимости искусственных сооружений допускается не устраивать (или уменьшать ширину) разделительных полос на мостах, эстакадах, путепроводах и в тоннелях. Наименьшая ширина полосы, предназначенной только для разделения движения по направлениям и служебного прохода, 1,2 м. Учитывая неравномерное распределение больших транспортных потоков в разные часы суток по направлениям движения, целесообразно предусматривать устройство передвижных разделительных полос.

На скоростных дорогах, а также на магистральных улицах общегородского значения с интенсивным движением и фронтальной застройкой проезжие части местного движения отделяются от основных проезжих частей транзитного движения разделительными полосами шириной не менее 3 м на скоростных дорогах и магистралях с непрерывным движением и 6 м на магистральных улицах общегородского значения с регулируемым движением.

Наименьшая ширина палисадников перед многоэтажными зданиями 6 м, одноэтажными - 4 м, причем расстояние от наружных стен зданий не должно быть менее 5 м до осей стволов деревьев и уклонами в пределах 5...50 ‰. Ширина газонов устанавливается с учетом возможности складывания снега, а также размещения под ними подземных инженерных сетей.

На дорогах и улицах, ведущих к паркам, стадионам, пляжам, выставкам, промышленным предприятиям, загородным магистралям, в пригородные районы и зоны отдыха, проектируется устройство велосипедных дорожек. Ширина велосипедных дорожек должна быть не менее 1,5 м для движения в один ряд и 2,5 м для движения в два ряда в одном направлении.

Пропускная способность при движении в один ряд составляет 300 вел./ч. Велосипедные дорожки отделяют от тротуара полосой кустарника шириной 1,2 м, а от проезжей части - 0,8 м.

Продольные уклоны для велосипедных дорожек принимают не менее 4 ‰ и не более 50 ‰, поперечные уклоны - 15...25 ‰.

Ширина тротуаров определяется в соответствии с размерами движения пешеходов в оба направления, принимая ширину одной полосы движения 0,75 м и ее расчетную пропускную способность 1000 чел./ч на тротуарах и дорожках, ограниченных зелеными насаждениями. Пропускная способность тротуаров у застройки с магазинами снижается до 700 чел./ч по одной полосе движения, у застройки, отделенной зелеными полосами, до 800 чел./ч, а на прогулочных дорожках и аллеях до 600 чел./ч.

Свободную ширину тротуаров следует принимать не менее следующих значений:

В свободную ширину тротуаров входит только пространство, предназначенное непосредственно для движения пешеходов. При размещении в

Основы дорожного строительства

пределах тротуара и пешеходных дорожек мачт наружного освещения, опор контактного провода трамвая или троллейбуса и других препятствий для движения пешеходов минимальная ширина тротуаров увеличивается на ширину соответствующих препятствий (0,5...1,2 м).

В местах массовой концентрации пешеходов: вблизи стадионов, входов в городские парки, выставки, у вокзалов, станций метрополитена, театров и кинотеатров, крупных универмагов и других пунктов - ширина тротуаров определяется расчетом в соответствии с максимальными размерами движения пешеходов.

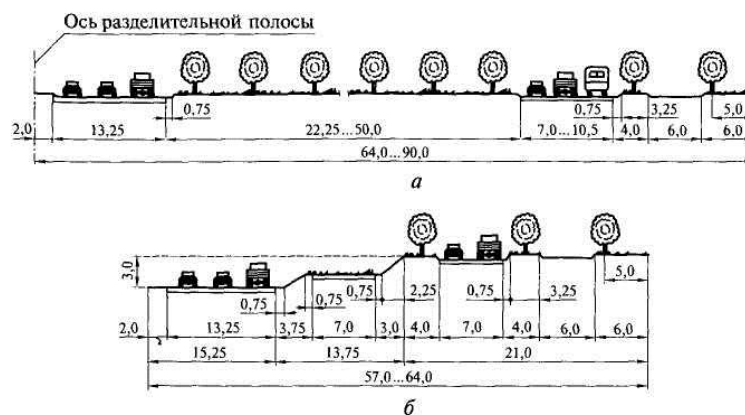
Тротуары проектируют выше проезжей части на 15 см, ограждая их бортовыми камнями и придавая им поперечный уклон в сторону проезжей части 10...15 ‰. Продольные уклоны тротуаров не должны превышать 60 ‰. При больших уклонах тротуары и пешеходные дорожки устраивают с лестницами на отдельных участках. Общая ширина улиц определяется в соответствии с их типовыми поперечными профилями и входящими в них элементами.

На городских скоростных дорогах, ширина проезжей части которых вместе со служебными тротуарами занимает только 20...30 м, для изоляции застройки от шума и пыли устраивают полосы шириной не менее 50 м с массивным озеленением деревьями и кустарниками.

Общая ширина территории, занимаемой скоростной дорогой при наличии жилых районов с обеих сторон, составляет при таком решении примерно 130...180 м с учетом устройства тротуаров, местных проездов и зеленых полос (рис. 1.3, а). При наличии жилых районов только с одной стороны скоростной дороги ширина занимаемой ею территории сокращается до 80...105 м.

Для сооружения пересечений в разных уровнях без ухудшения продольного профиля скоростной дороги ее проезжую часть устраивают в выемке глубиной 3...5 м. Откосы или подпорные стенки выемки служат одновременно экраном, несколько ограничивающим распространение шума.

Для съезда на скоростную дорогу и выезда с нее у пересечений в разных уровнях устраивают боковые съезды (пандусы), связывающие скоростную проезжую часть с местными проездами. Общая ширина территории, занимаемой скоростной дорогой в выемке с учетом пандусов и откосов, составляет примерно 110...130 м (рис. 1.3, б).



а - в одном уровне; б - в выемке

Рисунок 3 - Поперечные профили городских скоростных дорог (размеры даны в метрах)



## Основы дорожного строительства

Магистральные улицы общегородского значения с непрерывным движением с устройством всех пересечений в разных уровнях имеют ширину на перегонах в крупных городах 55...73 м.

Ширина магистралей непрерывного движения при небольших потоках может быть принята 55 м при сужении ширины тротуаров до 4,5 м и ширины местных и транзитных проезжих частей до двух лент в каждом направлении по 7 м.

При ширине проезжей части в тоннеле с тремя полосами движения в одном направлении по 4 м каждая общая ширина магистралей достигает 73 м.

Магистральные улицы общегородского значения с регулируемым движением на перекрестках в крупных городах могут быть шириной 50...60 м.

При устройстве местных проездов, отделенных от транзитной проезжей части застройкой шириной 6 м, общая ширина магистрали увеличивается до 70...80 м.

Трамвайная линия на обособленном полотне располагается между транзитным и местным проездами.

Если необходимо предусмотреть полосу разделения между тротуаром и застройкой по 6 м с каждой стороны, общая ширина магистрали может быть увеличена на 12 м.

Ширина поперечного профиля магистральных улиц при потоках может быть уменьшена до 32 м с устройством проезжей части шириной 16 м, тротуаров - 4,5 м, зеленых полос - 3,5 м.

Поперечные профили магистральных улиц районного значения (рис. 1.4) проектируют шириной 24...41 м в зависимости от расположения застройки прилегающих жилых образований и наличия или отсутствия зеленых насаждений между тротуаром и красной линией. Зеленые полосы могут также располагаться в отступах застройки.

Жилые улицы в районах многоэтажной застройки с выделением полос для остановок автомобилей и палисадников у застройки могут иметь ширину 33...35 м, а без палисадников - 21...23 м.

В районах малоэтажной и усадебной застройки ширина жилых улиц с подземными водостоками может быть уменьшена до 15 м с одним рядом деревьев.

По нормам проектирования ширина улиц в пределах красных линий установлена не менее следующих значений:

75 м для магистральных улиц общегородского значения непрерывного движения;

60 м для регулируемого движения;

35 м для магистральных улиц районного значения;

25 м для улиц местного движения при многоэтажной застройке,

15 м - при малоэтажной застройке при соблюдении установленных санитарных разрывов между зданиями.

Значения поперечных уклонов проезжих частей улиц и дорог принимают в зависимости от продольных уклонов и типа дорожных покрытий. Величина их изменяется от 15...25 ‰ для относительно гладких асфальтобетонных и цементобетонных покрытий до 20...30 ‰ для покрытий из брусчатки, мозаики и сборных бетонных или железобетонных плит. В планировочных проектах поперечный уклон проезжих частей принимают обычно усреднено 20 ‰.



Основы дорожного строительства

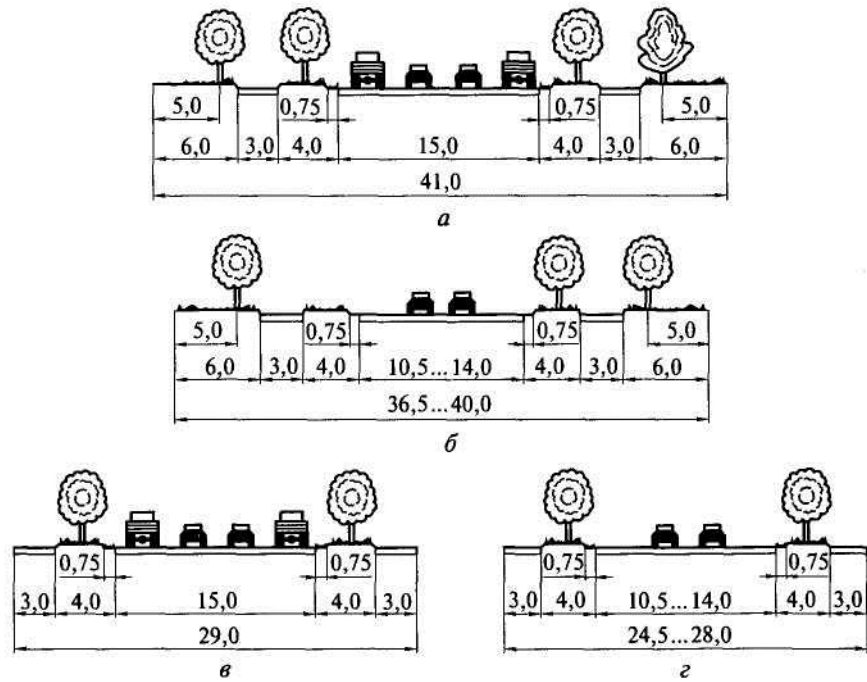


Рисунок 4 - Поперечные профили магистральных улиц районного значения (а, в) и жилых улиц (б, г):  
а, б - с зелеными полосами у застройки; в, г - без зеленых полос

2 вопрос. *Земляное полотно* - конструктивная часть дороги, выравнивающая неровности рельефа местности, служит основанием для дорожной одежды. Земляное полотно можно устраивать в насыпях и выемках; к нему относятся устройства и сооружения, предназначенные для отвода поверхностных и грунтовых вод.

Боковые поверхности земляного полотна, представляющие собой наклонные плоскости, называют откосами. Линию пересечения поверхности откоса с поверхностью земли для насыпи называют подошвой откоса, а для выемки - верхней бровкой откоса.

Крутизну откосов земляного полотна назначают из соображений их устойчивости под действием собственной массы и транспортных средств, а также под влиянием атмосферных факторов, с учетом требований безопасности дорожного движения и удобства производства земляных работ, условий незаносимости снегом или песком.

Конструкция земляного полотна зависит от категории дороги, типа дорожной одежды, природных условий и необходимости обеспечения движения транспорта с высокими расчетными скоростями.

Для устройства насыпей можно использовать грунты, состояние которых под влиянием природных факторов практически не меняется или меняется незначительно, не влияя на прочность и устойчивость земляного полотна: скальные или слабо- и легковыветривающиеся неразмягчаемые горные породы, крупнообломочные, песчаные (за исключением мелких недреннирующих и пылеватых песков) породы, легкие крупные супеси. Устойчивость земляного полотна также зависит от правильного расположения разных грунтов в насыпи, их влажности и плотности.

Для повышения несущей способности слабого основания земляного полотна применяют синтетические материалы, укладывая их на грунт перед возведением

## Основы дорожного строительства

насыпи. Такие материалы используют также для обеспечения проезда дорожных машин на участках слабых грунтов при малой толщине насыпного слоя из дренирующих материалов; для предохранения зернистых материалов от перемешивания с переувлажненными глинистыми грунтами основания; в качестве фильтра для защиты дренажных конструкций, морозозащитных и дренирующих слоев от заиливания.

Типовые поперечные профили земляного полотна приведены на рис. 5.

На дорогах I категории предусмотрены профили для четырех- и шестиполосного движения с разделительной полосой шириной соответственно 12,5 (13,5) и 5 (6) м. Предусмотрены поперечные профили насыпей высотой до 12 м, выемок глубиной 12 и 16 м в скальных слабовыветривающихся породах.

Для дорог I, II категорий разработаны поперечные профили насыпей высотой до 2 м и выемок глубиной до 1 м. Поперечные профили выемок глубиной до 1 м для дорог всех категорий запроектированы в виде разделанных под насыпь и раскрытых выемок.

Около дорог I - IV категорий при высоте насыпи 1 м предусмотрены боковые канавы-лотки или резервы при сплошном дренирующем слое, около дорог I - III категорий - продольный трубчатый дренаж. Независимо от глубины выемки и высоты насыпи в нескальных грунтах для дорог I - III категорий разработаны поперечные профили, как со сплошным дренирующим слоем, так и с продольными трубчатыми дренами, а для особых условий - канавы-траншеи.

Различают поперечные профили земляного полотна обтекаемого и необтекаемого очертания. Земляное полотно обтекаемого очертания способствует наименьшей заносимости дороги снегом, повышению безопасности дорожного движения и лучше вписывается в окружающий ландшафт. Полотно обтекаемого профиля выполняют во всех случаях. Исключение делается для стесненных условий или при проложении дороги по ценным сельскохозяйственным угодьям.

Как правило, насыпи возводят преимущественно из грунтов выемок и сосредоточенных резервов. Если дорога проходит по малоценным угодьям, используют грунт из боковых резервов, глубину которых не разрешается делать более 1,5 м. Излишний грунт из выемок при целесообразной дальности транспортирования можно использовать для уменьшения крутизны откосов земляного полотна, устройства съездов, площадок отдыха, автобусных остановок.

*Дорожной одеждой* называют многослойную конструкцию, устраиваемую на проезжей части для удобного и безопасного движения транспортных средств с расчетной скоростью. Дорожная одежда состоит из дорожного покрытия, основания и дополнительных слоев (рис.6).

*Дорожное покрытие* - верхний, наиболее прочный слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий нагрузку от транспортных средств. Дорожное покрытие может быть одно- и двухслойным.

Верхний слой дорожного покрытия благодаря ровной поверхности обеспечивает необходимые транспортно-эксплуатационные качества дороги. Верхний слой дорожного покрытия подвергается непосредственному воздействию колес транспортных средств и атмосферных факторов, поэтому его устраивают из прочных каменных материалов с применением вяжущих.

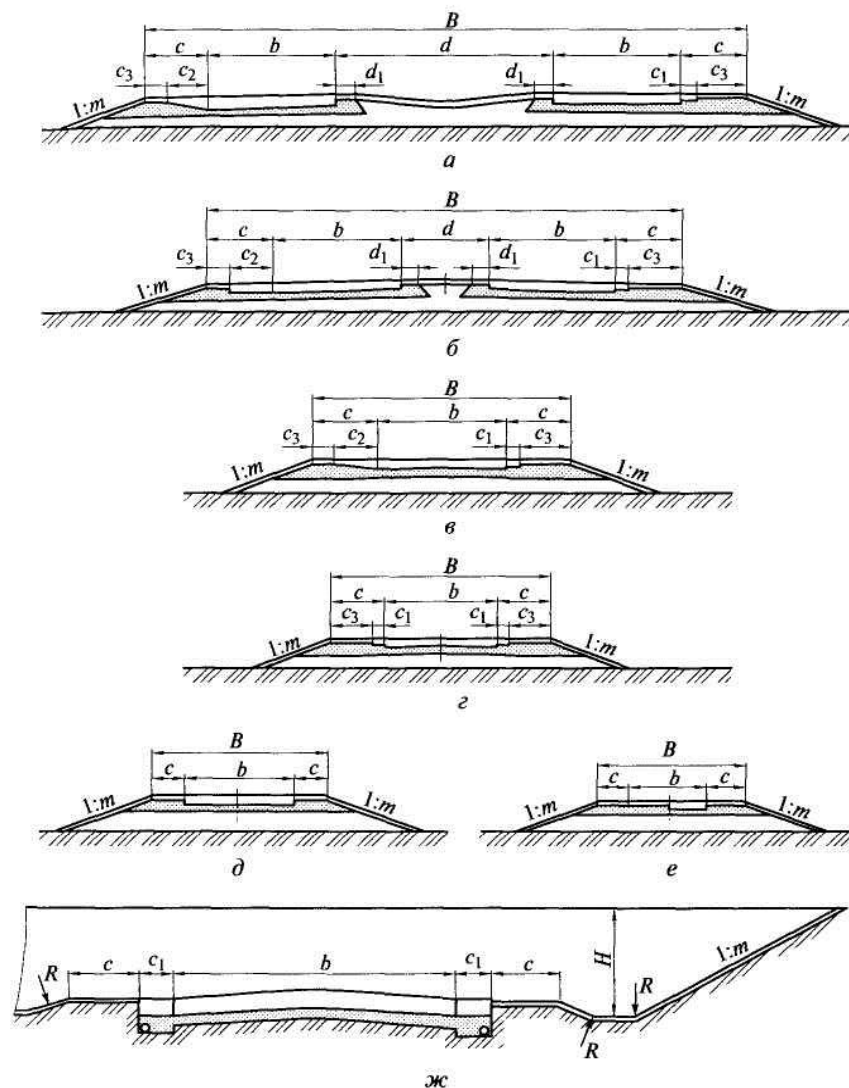
При малой интенсивности движения дорожные покрытия устраивают из местного грунта, обработанного вяжущим. Для повышения прочности на дорожных покрытиях из слабых каменных материалов устраивают тонкий слой износа из более прочных материалов, называемый защитным.

Основы дорожного строительства

*Основание* - несущая часть дорожной одежды, устраиваемая из каменных материалов или грунта, укрепленных вяжущим. Основание вместе с дорожным покрытием передает давление от транспортных средств на расположенные ниже дополнительные слои, а при их отсутствии - непосредственно на грунт земляного полотна.

Дополнительные слои располагают между основанием и грунтом земляного полотна. Дополнительный слой оснований может быть дренирующим, выравнивающим, противозаиливающим, морозозащитным.

Верхний слой земляного полотна, или подстилающий грунт, представляет собой тщательно уплотненный слой, на котором устраивают дорожную одежду. Подстилающий грунт должен быть достаточно прочным; в ряде случаев его укрепляют вяжущим.

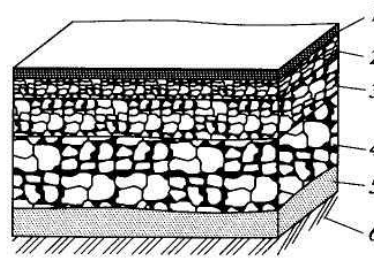


*a, б* - дорог I категории; *в, г* - дорог II категории; *д* - дорог III, IV категорий; *е* - дорог V категории; *ж* - дорог в выемке; *B* - ширина земляного полотна; *b* - ширина проезжей части; *d* - ширина разделительной полосы; *d<sub>1</sub>* - ширина укрепления; *c* - ширина обочины; *c<sub>1</sub>* - ширина дренажа; *c<sub>2</sub>* - ширина укрепительной полосы; *c<sub>3</sub>* - ширина укрепленной обочины; 1: *m* - уклон откоса; *H* - глубина выемки; *R* - радиус

Рисунок 5 - Типовые поперечные профили земляного полотна

Основы дорожного строительства

3 вопрос.



1 - слой износа; 2 - верхний слой дорожного покрытия; 3 - нижний слой дорожного покрытия;  
4 - основание; 5 - дополнительный слой; 6 - подстилающий грунт  
Рисунок 6 - Дорожная одежда.

Все конструкции дорожных одежд принято подразделять по сопротивлению изгибу на жесткие (цементобетонные) и нежесткие.

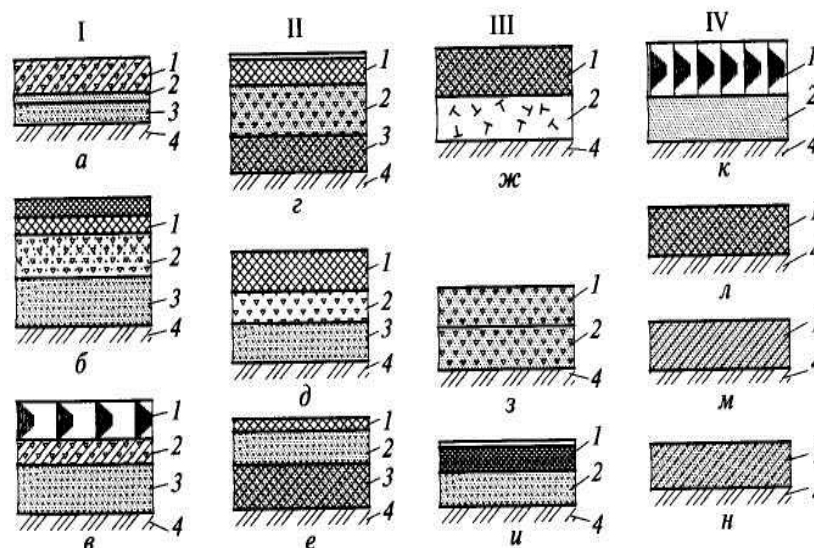
По конструкции слои дорожной одежды бывают из сыпучих материалов, уплотненных катками и движением транспортных средств, набирающие прочность в результате уплотнения и развития сил трения (расклинки), удерживающих отдельные частицы в слое; из асфальтобетонных и цементобетонных смесей, образующих монолит после укладки, уплотнения и твердения; сборные цементобетонные покрытия из плит.

Важной характеристикой дорожной одежды является ее технологичность, т.е. свойство, позволяющее использовать наиболее экономичные технологические приемы, комплексную механизацию и поточный метод.

Типы дорожных покрытий регламентированы СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги» исходя из категории дороги, следовательно, интенсивности движения и нагрузок транспортных средств (рис. 7).

На дорогах I, II категорий (в ряде случаев III и IV) устраивают усовершенствованные дорожные покрытия капитального типа цементобетонные (монолитные и сборные); асфальтобетонные из смесей, укладываемых в горячем состоянии; мостовые из брусчатки

и мозаики на бетонном или каменном основании; из смесей подобранного состава, обработанных битумом, с применением прочного щебня и вязкого битума.



а - цементобетонные монолитные и сборные;



## Основы дорожного строительства

- б* - асфальтобетонные из горячих и теплых смесей;
- в* - мостовые из брусчатки, мозаики на каменном или бетонном основании;
- г* - щебеночные из прочных щебеночных материалов подобранного состава с минеральным порошком или без него, обработанные в смесителе вязкими органическими вяжущими;
- д* - щебеночные (гравийные), обработанные по способу пропитки; *е* - из холодного асфальтобетона;
- ж* - из грунтов, обратных в установке вязким битумом;
- з* - щебеночные (гравийные), шлаковые;
- и* - грунтовые и из местных слабых материалов, обработанных органическими вяжущими;
- к* - мостовые из булыжного или колотого камня;
- л* - грунтовые, укрепленные местными скелетными материалами (гравием, щебнем и др.);
- м* - грунтовые подобранного гранулометрического состава;
- н* - грунтовые неукрепленные;
- 1 - дорожное покрытие; 2 - основание; 3 - дополнительный слой основания; 4 - грунтовое основание

Рисунок 7 - Конструктивные слои одежд для автомобильных дорог I (*а - в*), II (*г - е*), III (*ж - и*), IV (*к - н*) категорий:

Смеси готовят в асфальтосмесительных установках на асфальтобетонном заводе.

На дорогах III -V категорий при стадийном строительстве и на дорогах II, III категорий устраивают усовершенствованные облегченные дорожные покрытия: из горячих асфальтобетонных смесей, укладываемых в разогретом состоянии (кроме I дорожно-климатической зоны); из холодных асфальтобетонных смесей, укладываемых в холодном состоянии; устраиваемые по способу пропитки, полупропитки, смешения на дороге.

К усовершенствованным облегченным отнесены также дорожные покрытия из прочного щебня (не содержащего зерен мельче 5 мм), обработанного битумом (дегтем) в установке, а также способом пропитки или полупропитки; из крупнообломочных материалов (с размером фракций до 40 мм); из песчаных или супесчаных грунтов, обработанных битумной эмульсией с цементом с обязательным устройством поверхностной обработки.

На дорогах IV, V категорий, а при строительстве дорожных одежд в несколько стадий и на дорогах III - V категорий на первой стадии применяют дорожные покрытия переходного типа:

- щебеночные, гравийные, шлаковые, не обработанные вяжущим;
- из грунтов и местных малопрочных каменных материалов, обработанных вяжущими с добавкой или без добавки активных веществ;
- мостовые из булыжного и колотого камня.

Дорожные покрытия низшего типа устраивают на дорогах V категории и на внутрикарьерных дорогах при стадийном устройстве дорожных одежд и на дорогах IV категории при первой очереди строительства. К дорожным покрытиям низшего типа относятся грунты, укрепленные или улучшенные разными местными скелетными материалами, покрытия лежневые, бревенчатые, сплошные и колеиные.

## Контрольные вопросы

1. Чем отличаются поперечные профили внегородских дорог и городских улиц?
2. Какие требования предъявляются к земляному полотну дороги?
3. Из каких конструктивных слоев состоит дорожная одежда?
4. Какие существуют типы покрытий проезжей части дороги?
5. Когда применяют дорожные покрытия переходного типа?
6. Какие дорожные покрытия отнесены к усовершенствованным облегченным?

## Лекция 3

### Тема: Основные положения по организации строительства автодорог

Учебные вопросы:

1. Классификация дорожно-строительных работ.
2. Методы и технологии организации дорожно-строительных работ.
  - 2.1. Технология работ по расчистке дорожной полосы от леса и кустарника.
  - 2.2. Технология работ по расчистке дорожной полосы от растительного грунта

1 вопрос. Для выполнения больших и сложных работ по строительству автомобильных дорог, повышения производительности труда и непрерывного улучшения качества работ с одновременным снижением их себестоимости и улучшением условий труда необходимы детально разработанные организация и технология дорожно-строительных работ.

*Технология строительства автомобильных дорог* – раздел науки о механических, химических, а также иных способах и процессах обработки материалов и изделий, в результате которых создаются отдельные элементы дороги и дорога в целом.

В состав современной технологии включают технический контроль качества материалов и производственных процессов.

*Организация работ* — это разработка и осуществление комплекса мероприятий по установлению порядка работ и системы управления с определением численности и расстановки всех необходимых трудовых и материально-технических ресурсов.

Современное дорожное строительство в отличие от других строительных работ имеет ряд специфических особенностей. Линейный характер этих работ осложняет организацию, контроль и руководство ими, затрудняет ремонт и обслуживание дорожной техники, а также организацию жилищно-бытовых условий рабочих и инженерно-технических работников. Дорожно-строительные работы характеризуются неравномерностью распределения объемов и видов работ по длине дороги, а также зависимостью технологии от климатических условий, гидрологии и рельефа местности.

Все дорожно-строительные работы по содержанию их выполнения делятся на три группы:

- строительно-монтажные,
- заготовительные,
- транспортные.



## Основы дорожного строительства

*Строительно-монтажные* работы выполняют непосредственно на объекте по строительству автомобильной дороги, линейных зданий дорожной и автотранспортной служб, производственных предприятий.

Строительно-монтажные работы в зависимости от объема, повторяемости и равномерности распределения по длине дороги разделяют на *сосредоточенные (площадочные)* и *линейные*.

*Сосредоточенные работы* характеризуются большой трудоемкостью и концентрацией на незначительном протяжении. К ним относятся строительство мостов, высоких насыпей и глубоких выемок, развязок в разных уровнях, участков дороги на болотах, комплексов зданий дорожной и автотранспортной служб и других сооружений.

*Линейные работы* характеризуются значительным протяжением с небольшими изменениями в объемах и конструкциях. К линейным работам относятся строительство земляного полотна в невысоких насыпях и неглубоких выемках, дорожных одежд, малых мостов и труб установка дорожных знаков и ограждений.

*Заготовительными* называются работы по заготовке дорожно-строительных материалов, полуфабрикатов, деталей и изделий.

*Транспортными* называются работы по доставке дорожно-строительных материалов, полуфабрикатов и готовых изделий от мест заготовки, переработки или приготовления к местам использования.

2 вопрос. При строительстве автомобильных дорог применяются:

метод отдельной организации, при котором каждый строительный процесс выполняется самостоятельно;

цикловой поточный метод, применяемый на объектах, имеющих в своем составе ряд однотипных сооружений или допускающих их деление на ряд одинаковых или подобных друг другу участков;

поточный метод организации на всех линейных объектах, имеющих достаточную протяженность.

В практике строительства автомобильных дорог встречаются и такие методы:

параллельный, при котором работы выполняются одновременно на значительном протяжении специализированными дорожными организациями на самостоятельных участках;

последовательный, при котором работы развертываются на отдельных последовательно расположенных участках с переходом следующий лишь после полного окончания работ на предыдущем.

Перед началом строительства земляного полотна необходимо выполнить подготовительные работы, в состав которых входят: восстановление и закрепление трассы, расчистка дорожной полосы, пересадка деревьев ценных пород, перенос линий связи и электропередачи, снос негодных строений, разбивка элементов земляного полотна и др.

Основной целью работ по восстановлению и закреплению трассы дороги являются проверка и восстановление на местности всех точек, определяющих положение трассы в плане и профиле. Эта работа выполняется проектной организацией, которая должна сдать закрепленную трассу по акту строительной организации до начала строительных работ.

В состав работ по восстановлению и закреплению трассы входят отыскание сохранившихся, восстановление уничтоженных и установка дополнительных знаков закрепления.

## Основы дорожного строительства

При этом выполняют следующие работы:

1. выносят все углы поворота и пикеты на границу полосы отвода;
2. закрепляют вершины углов поворота; разбивают круговые и переходные кривые;
3. закрепляют начало и конец кривых; разбивают и закрепляют оси искусственных сооружений;
4. закрепляют пикеты и плюсовые точки;
5. проверяют отметки существующих реперов;
6. устанавливают дополнительные реперы;
7. проверяют продольное нивелирование всех точек и в необходимых случаях снимают поперечные профили.

На прямых участках дороги закрепление производят в зависимости от рельефа местности через каждые 200—400 м. Выносные столбы и колья между ними устанавливают на границе полосы отвода. На криволинейных участках трассы выносные столбы устанавливают на каждом пикете, т.е. через каждые 100 м. Промежуточные точки на кривых разбивают через каждые 20, 10 или 5 м соответственно радиусам кривых более 500, от 100 до 500 и менее 100 м, закрепляют вехами.

Вершины углов поворота закрепляют прочно вкопанными угловыми столбами с надписью (диаметром не менее 0,12 м и высотой над поверхностью земли 0,5—0,75 м). Столбы располагают на продолжении биссектрисы угла в 0,5 м от его вершины. На этих столбах записывают порядковый номер угла, радиус, тангенс и биссектрису кривой. Надпись обращают к вершине, которую отмечают колышком. На кривых с малыми биссектрисами устанавливают на продолжении тангенсов по две вехи через 20 м от вершины угла.

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

Высотные отметки закрепляют реперами в зависимости от рельефа местности через каждые 1—2 км. Кроме этого, дополнительно устанавливают реперы на участках пересечения с другими автомобильными или железными дорогами, у всех искусственных сооружений, у насыпей высотой более 5 м и выемок глубиной более 5 м. Реперы устанавливают в стороне от дороги, окапывают неглубокими канавками и обсыпают землей в виде конуса. В качестве реперов устанавливают столбы и прочно вкапывают их в устойчивый грунт на обеспечивающую неподвижность репера глубину, а также используют крупные валуны, выступы в скалах, цоколи зданий, опоры мостов и линий электропередачи. Тип каждого репера, его расположение по длине трассы, расстояние от ее оси и высотная отметка должны быть зафиксированы в специальной ведомости реперов.

Кроме вышеперечисленных работ по восстановлению и закреплению трассы, производят еще закрепление:

- границы подошвы насыпи колышками через 25—50 м или бороздой;
- зоны производства работ дорожными машинами колышками или вехами, обозначая линии первого зарезания автогрейдера или грейдер-элеватора;
- границы снятия растительного слоя и мест его размещения в боковых валах и др.;

водоотводных канав колышками вдоль их осей с указанием глубины в местах их установки;

резервов по бровкам земляного полотна через каждые 10—50 м колышками с указанием на них глубины разработки.

Основы дорожного строительства

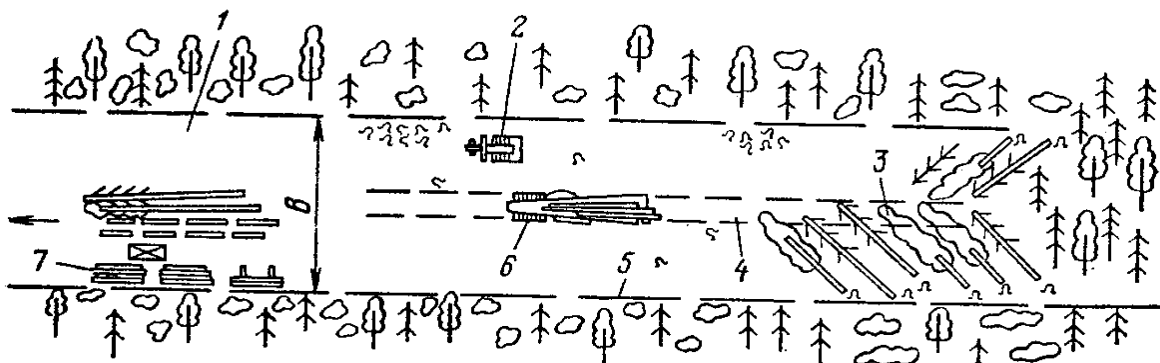
Одновременно с восстановлением трассы оформляют и закрепляют на местности полосу отвода для строительства дороги, для размещения производственных предприятий и комплексов дорожной и автотранспортной служб, размеры которой определяют по ширине подошвы насыпей и размерам выемок поверху с учетом размещения боковых и забанкетных канав, банкетов и предохранительных полос шириной 1 м с каждой стороны дороги.

2.1. Технология работ по расчистке дорожной полосы от леса и кустарника.

Дорожную полосу, отведенную для строительства дороги, расчищают от леса, пней, кустарника, валунов, а также снимают со всей ее площади растительный слой.

Расчистка полосы от леса является наиболее трудоемкой работой по подготовке дорожной полосы. Эту работу целесообразно вести в зимнее время способом спиливания, применяя при этом мотопилы «Дружба-4», «Тайга», МП-5 и электропилы ЭП-К6 и ЭПЧ-3. При спиливании оставляют пни высотой до 10 см. Для обеспечения безопасности работ перед спиливанием деревьев необходимо убрать кустарник и низко расположенные сучья. Эффективность и безопасность валки деревьев зависят и от правильности подпила. Спилывание начинают с подпила на 1/3—1/4 диаметра ствола, а затем с противоположной стороны делают глубокий пропил на уровне верхней кромки подпила, после чего валят дерево с помощью гидравлических клиньев, валочных вилок или специальных лопаток.

В летний период, особенно при небольшом количестве деревьев, валку производят с корнями (при неразвитой корневой системе), используя при этом бульдозеры или древовалы. Спеленные деревья очищают от сучьев специальными топорами или электросучкорезами и транспортируют на промежуточный склад трелевочными тракторами с щитком и лебедкой для подтягивания пачки деревьев на щит (рис. 1). Для погрузки деревьев на транспортные средства используют краны с грейферным захватом, бульдозеры с челюстным рабочим органом и специальные лесопогрузчики типа ПЛ-3.



1 – разделочная площадка; 2 – корчеватель; 3 – поваленные деревья; 4 – трелевочный волок; 5 – граница полосы отвода вырубки; 6 – трелевочный трактор; 7 – штабель древесины.

Корчевку пней и удаление кустарника надо производить обязательно при разработке мелких выемок, канав и резервов глубиной до 0,5 м и возведении насыпей высотой до 1,5 м. При высоте насыпи 1,5—2 м допускается оставление пней и кустарника, срезанных на уровне поверхности земли. При высоте насыпи более 2 м оставляют пни высотой до 10 см. Пни диаметром до 50 см корчуют корчевателями типа ДП-2А, ДП-3А, ДП-8, а при диаметре более 50 см и с сильно

## Основы дорожного строительства

развитой корневой системой и при замерзшем грунте взрывают или используют более мощные корчеватели-типа ДП-20 и др. Оставшиеся после корчевания пней или валки деревьев ямы засыпают грунтом и уплотняют, а всю поверхность основания насыпи планируют. Выкорчеванные пни и ранее срезанные сучья убирают с дорожной полосы или сжигают при тщательном соблюдении мер противопожарной безопасности.

Для срезки кустарника и мелкого леса диаметром до 20 см служат кусторезы типа ДП-4, ДП-24, которые обычно работают по круговой схеме. Срезку кустарника кусторезами производят в любое время года, но лучшие условия для этой работы создаются зимой, так как в это время корни и стрелы кустарника хорошо закрепляются в промерзшей почве, благодаря чему ножи кустореза хорошо срезают древесную растительность за один проход. Эффективно проходит срезка и в начале весны, однако в весенне-летний период ножи кустореза часто заглубляются в грунт и затрудняют работу. Производительность кустореза 0,5 га/смену, что обеспечивается эффективной работой трактора, регулярной заточкой ножей кусторезного оборудования.

Срезанный кустарник сгребают тракторными граблями или кустособирателями в большие валы или кучи. Работы по расчистке дорожной полосы от лесной растительности обычно проводят на двух участках — «пасеках» на расстоянии около 50 м для обеспечения безопасности и достаточного фронта работ. Все необходимые технологические процессы по удалению кустарника, валке леса, корчевке пней, засыпке ям и планировке поверхности основания насыпи на этих пасеках выполняют последовательно поточным методом.

В зависимости от величины и массы крупных камней (валунов) выбирают и способ их удаления с дорожной полосы. Камни диаметром до 50 см удаляют бульдозерами, корчевателями-собирающими, грузят в автомобили кранами или одноковшовыми погрузчиками. Валун объемом до 1 м<sup>3</sup> удаляют бульдозерами с предварительным подкапыванием и выворачиванием, а объемом до 2 м<sup>3</sup> — тракторами способом волочения на металлических листах. Большие валуны (объемом 2 м<sup>3</sup> и более), которые не могут быть сдвинуты с места трактором, дробят взрывным способом на более мелкие куски и удаляют бульдозером или корчевателем-собирающим. Ямы, оставшиеся на дорожной полосе после удаления камней, засыпают грунтом с послойным уплотнением.

2.2. Технология работ по расчистке дорожной полосы от растительного грунта.

Со всей площади, отведенной для строительства дороги, снимают растительный (плодородный почвенный) слой толщиной 10—35 см и укладывают в валы для последующего использования: при укреплении откосов земляного полотна, для рекультивации восстанавливаемых или малопродуктивных сельскохозяйственных земель на разделительной полосе. Для снятия и перемещения растительного слоя используют бульдозеры, автогрейдеры или скреперы.

В зависимости от ширины дорожной полосы, толщины срезаемого растительного слоя и мощности применяемого бульдозера работы производят по схемам, приведенным на рисунке 2.

При возведении насыпей из привозного грунта, когда ширина полосы, с которой необходимо снять растительный грунт, не превышает 20—25 м, применяют челночную схему работ с валиками растительного грунта, расположенными в шахматном порядке (см. рисунок 2 а).

Основы дорожного строительства

Работая по этой схеме, растительный грунт снимают и перемещают бульдозером сразу по всей дорожной полосе. При этом каждый цикл зарезания и перемещения грунта осуществляют с перекрытием предыдущего следа на 25—30 см.

При возведении насыпей из грунта боковых резервов или при разработке выемок растительный слой грунта снимают и удаляют с полосы шириной 25 м и более по челночной схеме с перемещением грунта от оси дороги сначала в одну сторону и расположением его валиков по обе стороны (см. рис 2 б).

При довольно широкой полосе снятия (более 35 м) и значительной толщине растительного слоя его снимают и удаляют бульдозером по продольно-поперечной схеме (рис. 2 в). Сначала универсальным бульдозером снимают растительный слой на всей длине захватки продольными проходами вдоль оси дороги, а затем ранее образовавшиеся продольные валики грунта бульдозером перемещают за пределы полосы косыми проходами. По этой схеме организуется и совместная (комплексная) работа бульдозера и автогрейдера.

Растительный грунт впоследствии укладывают во временные отвалы или перемещают сразу на места использования в качестве плодородного почвенного слоя. Восстановление плодородного почвенного слоя производят на участках, где в процессе строительства он был поврежден или уничтожен.



Рисунок 2 - Схемы снятия растительного грунта

2.3 Технология работ по строительству водопропускных труб.

Водопропускные трубы на автомобильных дорогах сооружают по типовым проектам. До начала работ в соответствии с проектом на местности производят разбивку оси и контура трубы. Разбивку оси трубы выполняют, используя пункты геодезической основы. Для этого с помощью теодолита восстанавливают ось трассы и стальной лентой измеряют расстояние от ближайшего пикета до



## Основы дорожного строительства

продольной оси трубы, от которой в обе стороны разбивают очертание котлована под тело трубы и оголовков, забивая для этого колья. Определяют отметки в характерных точках и вычисляют соответствующие глубины котлована. Впоследствии в ходе строительства трубы проверяют положение в плане и по высоте фундаментов, тела трубы, заданный уклон, отметки лотка оголовков (входного и выходного), выполняют разбивку русел.

Водопропускные трубы, как правило, сооружают из сборных элементов, изготовленных на полигоне или заводе ЖБИ. Их строят комплексные специализированные бригады рабочих-бетонщиков под руководством бригадира или мастера. Постройка трубы включает:

подготовительные работы и рытье котлована,  
монтаж фундамента и трубы с оголовками,  
устройство гидроизоляции и засыпку трубы с уплотнением,  
укреплением русла и откосов насыпи.

Для выполнения работ бригаду оснащают машинами, оборудованием и инструментом.

В подготовительные работы входят:

1. строительство временной дороги к строительной площадке;
2. размещение машин и установка оборудования, а при необходимости и организация складов материалов и элементов труб.

Готовые элементы труб к месту монтажа доставляют на бортовых автомобилях или трейлерах, буксируемых автомобилями-тягачами. Для выполнения всего комплекса работ по постройке трубы наиболее удобной строительной машиной является самоходный колесный или гусеничный экскаватор небольшой мощности, снабженный различным сменным оборудованием: обратной лопатой или драглайном для разработки узких котлованов; бульдозерным отвалом для разработки более широких котлованов и засыпки труб; крановым оборудованием для разгрузочных и монтажных работ; грейферным оборудованием для подачи гравийно-щебеночных материалов в котлован. Для монтажа труб целесообразно использовать автомобильные краны грузоподъемностью 5—7 т.

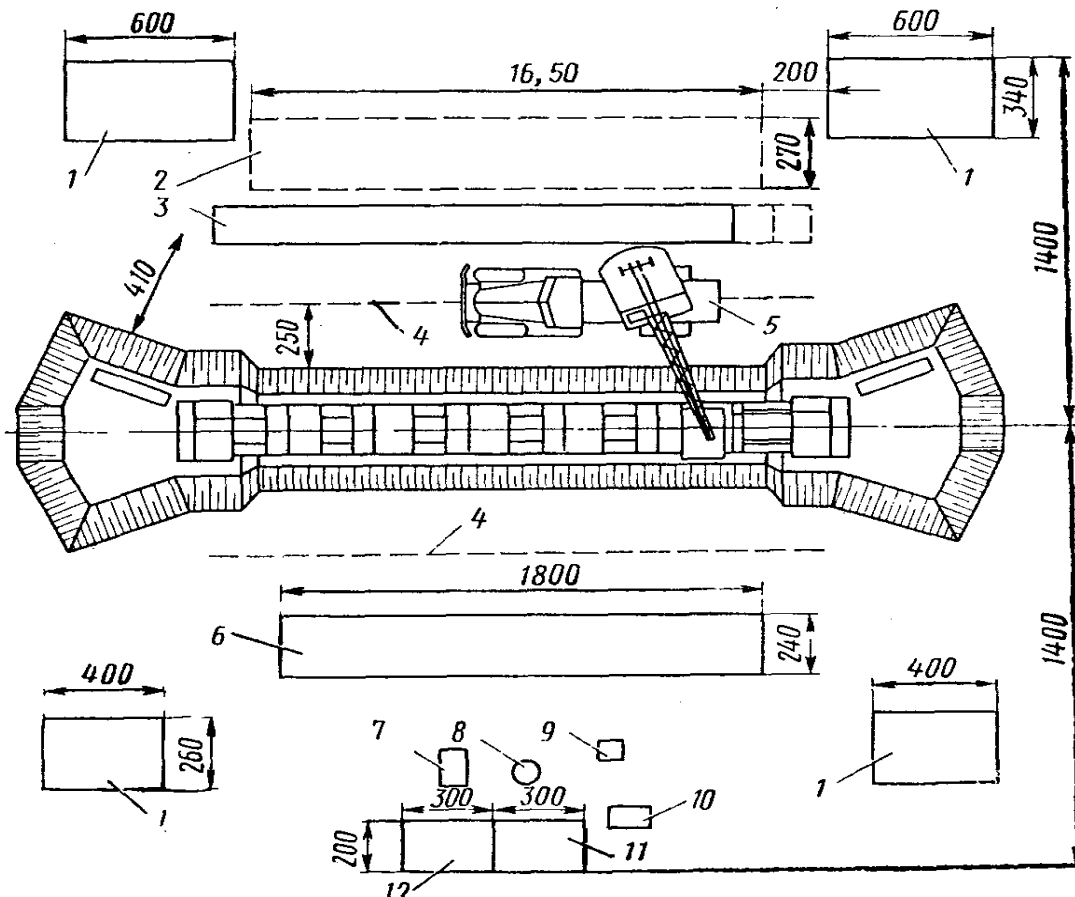
Постройка сборных труб выполняется непосредственно после приемки котлована и проверки правильности закрепления положения оси труб и ее элементов на разбивочной обноске.

Для монтажа труб целесообразно использовать автокраны грузоподъемностью 5-7т. Постройка сборных труб выполняется непосредственно после приемки котлована и проверки правильности закрепления положения оси труб и ее элементов на разбивочной обноске.

Основание трубы в виде гравийно-щебеночной подушки после планировки с приданием ему проектного уклона и требуемого строительного подъема тщательно уплотняют механическими или электрическими трамбовками. Монтаж трубы (рис. 3) начинают с укладки блоков фундамента в направлении от выходного оголовка к входному секциями с оставлением температурных (деформационных) швов между ними.



## Основы дорожного строительства



1 — склад блоков оголовков; 2 — то же, фундаментов; 3 — склад лекальных блоков;

4 — путь движения крана; 5 — кран; 5 — склад звеньев трубы; 7 — емкость с цементом; 8 — бетономешалка; 9 — емкость с водой; 10 —

Монтаж оголовков и звеньев труб следует вести по монтажным (раскладочным) схемам, начиная с выходного оголовка. Звенья трубы устанавливают на место предварительно очищенными и сразу в проектное положение с выверкой их деревянными клиньями. Швы между звеньями труб по окончании монтажа заполняют проваренной в битуме паклей, а затем заливают битумной мастикой. Сверху в местах стыков швов наклеивают полосы двухслойной рулонной гидроизоляции шириной 25 см, а поверхность трубы, соприкасающуюся с грунтом, обмазывают битумной мастикой, нагретой до температуры 150—170 °С. С внутренней стороны стыки швов заделывают цементным раствором.

В пределах оголовков устраивают лотки из монолитного бетона на гравийно-щебеночной подготовке толщиной 30 см и только после этого устраивают гидроизоляцию. Гидроизоляцию необходимо выполнять не только наружных поверхностей труб, но и внутренних, находящихся в зоне переменной влажности, поэтому целесообразно покрывать поверхность труб еще при изготовлении звеньев и оголовков лаком этинолем, который в это время служит средством ухода за бетонными элементами трубы, а в процессе эксплуатации предохраняет их от воздействия агрессивной воды. Кроме того, покрытие лаком обеспечивает водонепроницаемость трубы.

## Основы дорожного строительства

Смонтированную трубу после гидроизоляции засыпают грунтом. Вначале засыпку выполняют одновременно с обеих сторон горизонтальными слоями толщиной 15—20 см с тщательным уплотнением пневмо-электро-трамбовками на высоту до 0,5 м и более тяжелыми средствами на большую высоту. Затем землеройными машинами отсыпают насыпь из однородного грунта горизонтальными слоями толщиной не более 15 см с тщательным послойным уплотнением. До проектного профиля трубу обычно засыпают грунтом при сооружении земляного полотна. Высота засыпки над трубой должна быть не менее 0,5 м.

Укрепление русла и откосов насыпи выполняют специализированными бригадами после ее отсыпки и обязательно при положительных температурах воздуха. Спланированные и уплотненные откосы укрепляют в соответствии с общими требованиями укрепления откосов насыпей.

В настоящее время перспективными являются стальные гофрированные трубы. Они не требуют громоздких фундаментов, удобны в перевозке и монтаже, легко стыкуются, экономичны.

Такие трубы без ущерба качеству можно строить круглый год, а их стоимость и трудовые затраты ниже, чем железобетонных такой же длины.

### Контрольные вопросы

1. Как классифицируются дорожно-строительные работы?
2. Назовите методы организации дорожно-строительных работ.
3. В чём заключается технология работ по расчистке дорожной полосы от леса и кустарника?
4. Какие работы включает в себя постройка водопропускной трубы?
5. Опишите схему расчистки дорожной полосы от леса.

## Лекция 4

### Тема: Технология строительства земляного полотна

Учебные вопросы:

1. Технология строительства земляного полотна бульдозерами.
2. Технология строительства земляного полотна скреперами.
3. Технология строительства земляного полотна экскаваторами.
4. Технология строительства капилляропрерывающих прослоек.
5. Строительство земляного полотна в зимний период.

1 вопрос. Бульдозеры – наиболее широко применяемые дорожно-строительные машины. Область применения бульдозеров: землеройно-планировочные работы (планирование площадок, послойное разравнивание привозного грунта и перемещение его к голове насыпи, снятие растительного слоя и перемещение его за полосу отвода), сооружение земляного полотна из выемок в насыпь и из боковых резервов в насыпь высотой до 1 – 1,5 м (рис. 1), а также сооружение полувыемки-полунасыпи на косогорах, перемещение на небольшие расстояния (10-30 м) и окучивание строительных материалов при выполнении складских операций, уборка валунов и пней после корчевки, корчевка и валка мелколесья, вспомогательные работы в притрассовых карьерах. Состав бульдозерного звена дан в таблице.

При резании грунта бульдозером применяются следующие схемы:

Основы дорожного строительства

- прямая траншейная (прямоугольная) – дает тонкую стружку, использование мощности трактора 50-70% применима для всех видов грунтов;
- клиновая – дает стружку значительной толщины при 100%-ном использовании мощности трактора, пригодна для мягких и слегка влажных грунтов;
- гребенчатая – дает стружку переменной величины при полном использовании мощности трактора, пригодна для твердых и пересохших грунтов.

Скреперы применяют для землеройно-транспортных работ при возведении насыпей из резервов или грунтовых карьеров и при разработке грунта в выемках с перемещением его в насыпь или кавальер. Скреперы в отдельных случаях используют также в качестве землевозных тележек для транспортирования грунта при разработке его экскаваторами.

При поперечной разработке грунта из боковых резервов с перемещением его в насыпь, а также при разработке грунта в выемке с продольным перемещением его в насыпь применяют схемы движения скреперов. (рис. 1). Самой рациональной схемой является зигзагообразная схема, работы по которой ведут при длине участка 200-300 м и более. При разработке грунта из односторонних резервов и небольшой длине участка (около 100м) рекомендуется эллиптическая схема, а из двухсторонних резервов – спиральная схема движения скрепера. Работы следует выполнять одновременно на двух захватках: на одной – отсыпка насыпи, на другой – разравнивание и уплотнение грунта.

Работу скреперов организуют таким образом, чтобы оба поворота скрепера выполнялись при порожнем ковше. (рис. 2)

Длину забоя принимают кратной пути набора грунта ковшом скрепера.

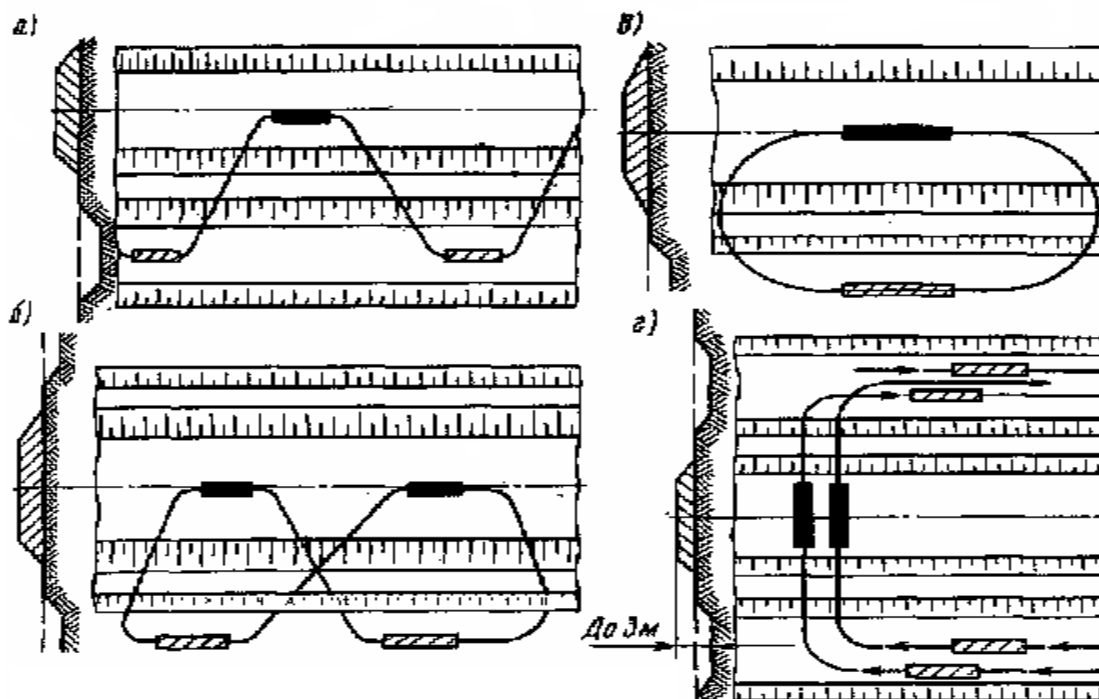


Рисунок 1 - Схемы движения скреперов при разработке грунта: а — по зигзагу; б — по восьмерке; в — по эллипсу; г — по спирали

## Основы дорожного строительства

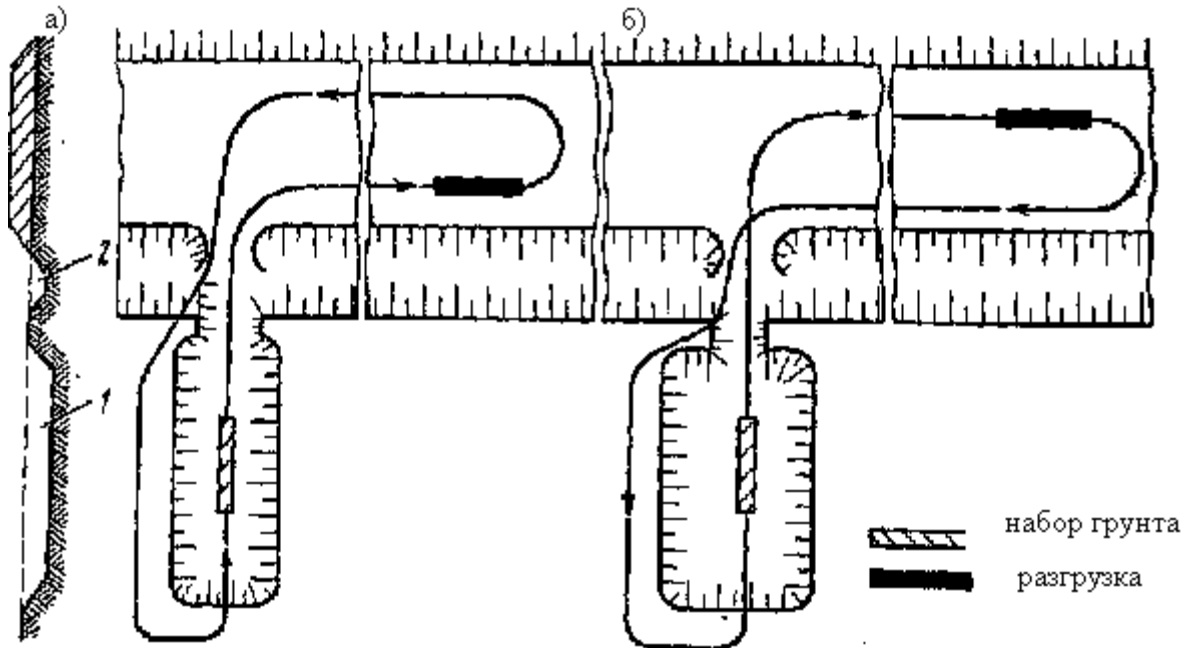


Рисунок 2 - Технологические схемы разработки грунта скреперами в сосредоточенном резерве с перемещением его в насыпь: а — при отсыпке правой части земляного полотна; б — при отсыпке левой части земляного полотна; 1 - сосредоточенный резерв; 2 — боковая канава

3 вопрос. Одноковшовые экскаваторы применяют при производстве сосредоточенных земляных работ и отсыпке насыпей из отдаленных резервов. Кроме того экскаваторы применяют при выторфовывании (с ковшом драглайн, обратная лопата), на разработке и погрузке взорванной породы и сыпучих материалов.

До начала разработки выемки или резерва должны быть обследованы условия залегания грунтов и их состав. Необходимо осуществить отвод воды или искусственно понизить уровень грунтовых вод, а также устроить нагорные каналы. Разработку как выемки, так и резервов начинают с низовой стороны, чтобы из забоя был обеспечен отвод воды во время производства работ.

Разработку проходок экскаватором в забое ведут параллельными рядами, лучеобразно или участками по ломанной линии.

Разновидностью параллельного способа является лобовая разработка забоя, при которой транспорт подают сзади экскаватора по дну образуемой выемки. Этот способ менее удобен, так как при увеличивается угол поворота стрелы, а следовательно, удлиняется цикл работы экскаватора и снижается производительность. По ломанной линии разработки ведут обычно при устройстве насыпи на болоте. При выторфовывании сначала разрабатывают участок слева от оси трассы, затем справа на всю длину стрелы; после перемещения на следующий поперечник последовательность операций разработки повторяется.

При выборе транспортного средства для работы с экскаватором необходимо учитывать объем кузова и объем ковша: объем кузова должен позволять грузить в него не менее 2-4 ковшей. Для эффективной работы необходимо обеспечивать погрузочный фронт у экскаватора, позволяющий подавать одновременно не менее двух транспортных единиц, а также хорошее состояние подъездных дорог, выездов и съездов на отсыпаемых насыпях.

Основы дорожного строительства

Движение транспортных средств, занятых на перемещении грунта, следует регулировать по всей ширине отсыпаемого слоя насыпи, чтобы не образовывать колеи и обеспечивать более равномерное уплотнение слоя. Предварительная планировка слоя обязательна.

Глубокие выемки разрабатывают экскаваторами, как правило, в летний период при минимальном дебите ГВ и с осуществлением мероприятий, предусмотренных проектом, по устройству дренажей и укреплению откосов. В осеннее-весенний периоды допускается разработка только верхней части таких выемок до горизонта на 2 м выше УГВ первого водоносного слоя. Наиболее рационально весь грунт из выемок направлять в насыпи.

Таблица 1 - Порядок работы экскаваторов при разработке выемок

| Порядок производства работ   | Вспомогательные средства механизации   |
|--|--|
| Прямая лопата (при погрузке в транспортные средства)   |  |
| <p>Разработка лобовым способом пионерной траншеи, начиная с устройства съезда от нулевой отметки до отметки, обеспечивающей нормальный набор грунта (крутизна съезда не более 15‰)</p> <p>Погрузка грунта в транспортные средства (их располагают по обеим сторонам траншеи) или (при малой высоте забоя) отвал грунта по сторонам траншеи</p> <p>Дальнейшая разработка выемки продольными проходками; землевозные пути располагают с одной или двух сторон (параллельно проходке экскаватора) в одном или разном уровнях</p> <p>Экスカвація уширенным забоем (на полную ширину выемки)</p>                | <p>Бульдозер для разработки или пробивки пионерной траншеи</p> <p>Тракторные тележки, думперы или автомобили-самосвалы</p> <p>Тракторные тележки, думперы или автомобили-самосвалы, или конвейерный транспорт</p> <p>Бульдозер или автогрейдер для зачисток и планировки землевозных путей</p> |
| Ковш драглайн (при разработке грунта в отвал или с погрузкой в транспортные средства)  |  |
| <p>Обрушение образующихся на откосах козырьков</p> <p>Разработка выемок продольными проходками: при погрузке в транспортные средства порядок и условия работы те же, что и при использовании прямой лопаты; ход экскаватора челночный</p> <p>Боковые проходки применяют для разработки выемок в отвал; переброска грунта в отвал обеспечивается стрелой большой длины</p> <p>Применение лобовых проходов при крутых откосах; экскаватор перемещается вдоль оси выемки при условии, если грунт можно выгружать в обе стороны, а размеры выемки позволяют разрабатывать её за один проход экскаватора.</p> | <p>Экскаватор или другие средства</p> <p>Транспортные средства те же, что и для экскаватора с прямой лопатой</p> <p>Бульдозеры для оправки отвалов</p> <p>Бульдозеры для оправки отвалов</p>   |

Разработку выемок одноковшовыми экскаваторами ведут с недобором грунта до проектного очертания выемки во избежание нарушений естественной



## Основы дорожного строительства

структуры грунта в основании и на откосах выемки. Объем недобора входит в профильный объем выемки. Срезку недобора выполняют автогрейдерами или экскаваторами-планировщиками с вывозкой в последующем транспортными средствами.

*Возведение насыпей из грунта выемок или грунтовых карьеров.* Грунты, получаемые при разработке выемок, необходимо использовать для возведения ближайших насыпей. Только в редких случаях эти грунты перемещают в отвалы. Такое положение бывает при производстве работ в горных условиях. Иногда грунт оказывается не пригодным для возведения насыпи из-за избытка влажности или неблагоприятного минералогического состава. В большинстве случаев приходится изыскивать источники грунта для насыпей, так как в условиях равнины или слабопересеченной местности выемок несравненно меньше, чем насыпей. Основную массу грунта получают в грунтовых карьерах, расположенных на различных расстояниях от строящейся дороги.

При разработке неглубоких выемок (до 6 м) из полученного грунта возводят небольшие участки прилегающих насыпей. При этом перемещение грунта не превышает 100 м, в связи с чем для таких работ применяют бульдозеры. Разработку выемки ведут ярусно-траншейным способом. Возведение насыпи осуществляют преимущественно послойным способом. Укладку грунта в каждом слое начинают с наиболее отдаленной части выемки от краев к середине.

Подготовку основания насыпи и удаление растительного слоя с площади, занятой выемкой, производят перед началом основных работ; планировку поверхностей и укрепление откосов выполняют после окончания основных работ.

При неэффективности дренажных устройств и невозможности поднять земляное полотно над уровнем грунтовых и длительно стоящих поверхностных вод на требуемую высоту в теле земляного полотна устраивают водонепроницаемые (гидроизолирующие), капиллярпрерывающие и дренирующие прослойки. Технология производства работ по устройству водонепроницаемых прослоек стоит из подготовки земляного полотна,

Поверхность нижней части насыпи тщательно планируют и профилируют автогрейдером с поперечным уклоном к бровкам не менее 30‰ и уплотняют самоходными, прицепными или полуприцепными катками на пневматических шинах.

Гидроизолирующие слои из рулонных материалов (изол, полиэтиленовая пленка, стабилизированная сажей и др.) устраивают с перекрытием полос на 0,1—0,15 м, начиная с низовой стороны по отношению к направлению стока воды. Отдельные полотнища материалов необходимо склеивать между собой или сваривать. Поверх гидроизолирующего слоя по способу «от себя» на толщину не менее 0,25 м отсыпают первый слой грунта, который разравнивают автогрейдерами или бульдозерами. Дальнейшую отсыпку выполняют обычным способом.

Допускается применение водонепроницаемой прослойки из грунта, обработанного органическими вяжущими материалами. При этом обработка слоя может быть выполнена дорожной фрезой или однопроходной грунто-сметельной машиной. Возможно устройство водонепроницаемой прослойки из грунта (песка, супеси), обработанного битумом в передвижной или стационарной грунто-сметельной установке.

5 вопрос. Строительство земляного полотна в зимний период. Выполнение земляных работ в зимний период позволяет: продлить строительный сезон; полнее и равномернее использовать дорожно-строительные машины в течение

Основы дорожного строительства

всего года; закрепить на стройке постоянные кадры квалифицированных рабочих; ускорить строительство и уменьшить накладные расходы. При производстве земляных работ в зимних условиях выполняют общие требования к устройству и уплотнению земляного полотна и специально установленные правила для работ в зимних условиях.

В зимний период разрабатывают выемки с отсыпкой грунта в отвал или насыпь, а также грунтовые карьеры в сухих грунтах и возводят насыпи из них. Зимой также возводят насыпи на болотах при условии промерзания их на глубину 18—35 см, обеспечивающую проходимость машин (меньшая глубина относится к болотам I типа, большая — к болотам III типа), что является преимуществом зимних работ.

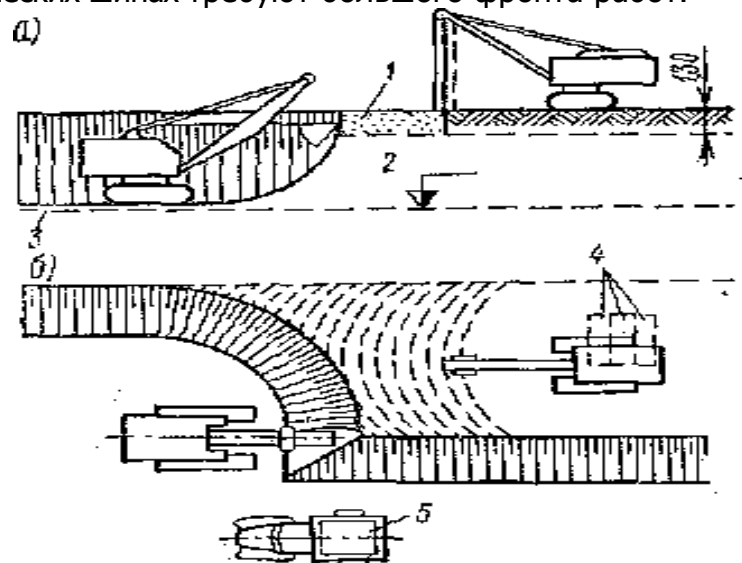
В связных грунтах зимой целесообразно выполнять лишь сосредоточенные земляные работы, в том числе разработку выемок экскаваторами с укладкой грунта в отвалы. В зимнее время не выполняют линейные работы с отсыпкой невысоких насыпей из связных грунтов и разработкой мелких резервов большой протяженности.

Во всех случаях разработки в зимнее время выемок и грунтовых карьеров еще осенью, до наступления морозов, выполняют подготовительные работы: участки, намеченные к разработке, предохраняют от промерзания путем вспашки и боронования, а также утепляют теплоизоляционными материалами (слоем пены, листвой, опилками, соломой, торфом, шлаком).

*Разработка выемок и возведение насыпей.* Разрабатываемую поверхность выемки или резерва очищают от снега и льда не более чем на одну смену вперед и в дальнейшем площадь очистки перед началом работ определяют по суточной производительности землеройной машины при соответствующей температуре воздуха.

Длину захватки определяют исходя из необходимости закончить уплотнение талого грунта до того момента, когда его температура понизится до 2° С. Длина захватки не должна превышать 100 м. Соседние захватки сопрягают уступами шириной 2—3м.

Грунт в насыпи укладывают горизонтальными слоями во избежание образования плоскостей скольжения. Толщина слоя зависит от имеющихся средств уплотнения. Лучше всего зимой применять трамбуемые плиты или решетчатые катки; катки на пневматических шинах требуют большого фронта работ.



### Основы дорожного строительства

Схема разработки выемок глубиной до 5 м в зимних условиях экскаватором, оборудованным прямой лопатой, при рыхлении мерзлого слоя дизель-молотом, смонтированным на экскаваторе:

*a* — разрез; *б* — план;

1 — мерзлый слой; 2 — проектная отметка дна выемки; 3 — недобор грунта 0,2 м; 4 — шаг передвижки; 5 — автомобиль-самосвал.

Рисунок 3

6 вопрос. Сущность идей Мак-Адамас сводится к следующему:

1. Прочность дороги обеспечивается грунтовым основанием. До тех пор не удастся строить дороги, не подверженные влиянию сезонных и погодных факторов, «пока не будут полностью осознаны, признаны и проведены в жизнь следующие принципы, а именно, что нагрузка от движения фактически воспринимается естественным грунтом... этот естественный грунт должен быть предварительно осушен».

2. Роль дорожной одежды сводится в основном к предохранению подстилающего грунта от размывания. «Опыт показывает, что, если вода проникает через дорогу и насыщает естественный грунт, одежда дороги... разрушается на куски». Мак-Адам полагал, что для любой нагрузки достаточна толщина одежды 10 дюймов в плотном теле.

3. Дорожная одежда должна возвышаться над поверхностью земли и не быть уложенной в открытом в ней корыте. «Первым действием при постройке дороги должен быть отказ от отрывания корыта. Дорожная одежда не должна быть погружена ниже уровня окружающего грунта... . Это может быть достигнуто или путем устройства дрена для понижения уровня воды или, если это неосуществимо в связи с особенностями местности, грунт должен быть приподнят на несколько дюймов над уровнем воды».

4. Дорожная одежда должна быть ровной, связной и водонепроницаемой.

5. Для устройства одежды следует применять одномерный чистый щебень или гравий. «Размер камней, используемых для дороги должен быть пропорционален месту, занимаемому колесом обычных размеров на гладкой ровной поверхности. Каждая щебенка, уложенная в дорогу, которая в каком-либо измерении превысит эту величину, является вредной».

6. Прочность щебеночной коры, по мнению Дж. Мак-Адама, обеспечивается взаимной заклинкой щебенки. Поэтому дорожные одежды следует устраивать из чистого щебня. «Каждая дорога должна строиться из дробленого камня, без примеси земли, глины, мела или каких-либо других материалов, впитывающих воду и подверженных воздействию мороза. Не следует ничего добавлять к чистому щебню для придания связности. Щебень будет объединяться благодаря своей угловатости в гладкую плотную поверхность, на которую не влияют превратности погоды или смещающее воздействие колес, которые будут проходить по ней без подсакивания, не вызывая повреждений». Одежда должна быть однородной на всю толщину. «Единственное средство избежать движения камней в дороге — это использовать в ней до самого низа камни одинакового размера».

7. В период уплотнения движением каменного материала за дорогой необходим усиленный уход. «После укладки гравия на дорогу ежедневно нанимают рабочих для засыпки колес и одновременного удаления граблями с поверхности камней, слишком мягких или неправильной формы, вроде длинных кремней или слишком больших». При уплотнении щебеночной россыпи в основном

## Основы дорожного строительства

проездом транспортных средств Дж. Мак-Адам отмечал, что «для первой осадки гравия с успехом можно применять тяжелый железный каток диаметром от 4 до 5 футов (1,2—1,5 м) не менее.

8. Поперечный уклон дороги должен быть не слишком крутым. «Я полагаю, что дорога, обеспечивая сток воды, должна быть возможно более плоской... Я обычно делаю дорогу в середине на 3 дюйма выше, чем по краям, при ширине 18 футов... Если дорога сделана плоской, едущие не будут придерживаться только ее середины, как делают при чрезмерной выпуклости». В результате многократных попыток улучшения проезда по дорогам россыпью новых материалов на них образовывались толстые слои каменной наброски. Эти слои разбирали и заменяли щебеночными покрытиями, для которых в стороне от дороги дробили удаленный с дороги крупный камень. Поэтому перестройка дорог по методу Мак-Адама, для которой не требовался новый камень, вытеснила трудоемкую и более дорогую перестройку дорог с устройством одежды по типу Т. Тельфорда. Объем выполнявшихся работ ограничивался необходимым минимумом и поэтому Дж. Мак-Адам подчеркивал, что «на каждой дороге я был вынужден изменять способ работ в зависимости от местных условий, а часто от финансирования».

### Контрольные вопросы

1. Какие схемы применяются при зарезании грунта бульдозером?
2. Какие схемы применяются для работы скрепера?
3. Какими способами ведут разработку проходок экскаватором?
4. Как осуществляется строительство земляного полотна в зимний период?

## Лекция 5

### Тема: Организация строительства и реконструкции автомобильных дорог

Учебные вопросы:

1. Технология и организация строительства при реконструкции автомобильных дорог.
2. Планировочные, отделочные и укрепительные работы.

1 вопрос. Реконструкция дороги — перевод дороги в более высокую категорию—вызывает перестройку ее по нормам СНиП 2.05.02-85. При этих работах наиболее целесообразно сохранить старую дорогу для местного движения, а новую дорогу строить по новому направлению или рядом со старой. Но во многих случаях стремятся совместить новую дорогу со старой. Эти мероприятия обосновывают необходимостью хотя бы частичного использования земляного полотна и дорожной одежды старой дороги. При этом движение переводят на объездные дороги или пропускают по старой со значительным снижением скорости и неудобствами для проезжающих.

В большинстве случаев при реконструкции необходимо уширение земляного полотна, так как с повышением категории ширина земляного полотна увеличивается.

В зависимости от величины этого уширения назначают способы работ и машины. На участках, на которых намечено увеличение радиусов закруглений, уширение может быть различным на протяжении этих участков. В ряде случаев при реконструкции дороги учитывают замеченные недостатки при ее

## Основы дорожного строительства

эксплуатации — наличие участков, подвергающихся воздействиям пучин, оползней, грунтовых вод и др. Это вызывает в свою очередь изменение земляного полотна, работы по удалению пучинистых грунтов, строительству дренажей и других специальных устройств.

Одна из важных особенностей организации работ при реконструкции дорог – необходимость обеспечения бесперебойного пропуска транспортных средств через участки, где идут работы. Обычно это осуществляют путем устройства временных объездов по грунтовым дорогам, а при интенсивном движении и неблагоприятных условиях устраивают твердые покрытия на объездах, что усложняет и удорожает строительство. Поэтому при реконструкции обычно сокращают фронт работ, ведут строительные работы поочередно на каждой половине дороги, планируют так производство работ, чтобы пропуск транспортных средств по объездам приходился на сухое время года. Для бесперебойного и безопасного проезда предусматривают службу технической помощи, специальную сигнализацию, дорожные знаки и ограждения.

*Уширение земляного полотна* — наиболее часто встречающийся вид работ при реконструкции дороги. Это уширение составляет от 2 до 7 м. На дорогах I и II категорий приходится для второй проезжей части строить новое земляное полотно. При реконструкции дорог, построенных по ранее действовавшим нормам, предусматривавшим меньшие ширины проезжей части и обочин, размеры уширения земляного полотна могут быть разнообразными — от 1 до 10 м. Проведение уширения возможно с двух сторон старого земляного полотна при совпадении новой трассы с осью старой дороги (рис.). При назначении такого уширения следует учитывать способ производства работ и особенности землеройных машин. В целях наибольшего сохранения земляного полотна, если оно из доброкачественных грунтов и нет необходимости в их замене, — это послойная присыпка уширяемой части с применением бульдозеров, авто-грейдеров и катков. Машины работают на рабочей полосе шириной не менее 2,0—2,5 м. При необходимости подвозки грунта по уширяемой полосе ширина ее должна быть не менее 2,5—3,0 м. При высоких насыпях уплотнение производят катками не ближе чем на 0,5 м от края по условиям техники безопасности. Поэтому ширина уширения в зависимости от типа катка и автомобилей-самосвалов, подвозящих грунт, должна быть не менее 3 м. Уширение на меньшую величину не может быть выполнено качественно с применением машин, серийно выпускаемых промышленностью. При узких полосах грунт придется подвозить по верху старого земляного полотна и сыпать вниз на уширяемую полосу.

Недостатком такого способа является трудность разравнивания и невозможность уплотнения грунта. В этом случае дорожная одежда (если уширяемая ее часть попадает на уширенное земляное полотно), особенно капитального типа, может быть устроена только спустя продолжительное время, за которое произойдет естественное уплотнение грунта. Этот период времени измеряется годами и в ряде случаев может оказать решающее значение при выборе варианта.

Для узких полос уширения необходимы специальные машины, что удорожает и усложняет производство работ. Поэтому при необходимости уширения с каждой стороны менее чем на 2,0—2,5 м предпочтительно проведение уширения с одной стороны (рис.). Однако в этом случае возникает необходимость переноса оси дороги на новое место и соответственно одностороннее уширение дорожной одежды. При этом желательно, чтобы



## Основы дорожного строительства

уширяемая часть новой дорожной одежды была расположена в пределах старого земляного полотна с устоявшимися и уплотнившимися за время эксплуатации дороги грунтами. При небольшом уширении земляного полотна (двустороннем и одностороннем), когда новая дорожная одежда не будет расположена над уширяемыми частями насыпи, может быть допустима отсыпка грунта без устройства уступов и хорошего уплотнения. После его естественной осадки и уплотнения легко можно досыпать грунт до проектных отметок и уплотнить обычным способом, применяя серийные машины. На высоких насыпях с крутыми откосами в целях повышения безопасности работ полосу уширения желательно иметь не менее 3—4 м.

Могут встретиться случаи необходимости уширения меньше чем на 1,5—2 м. При этом уширяемую часть увеличивают до 2—3 м, хотя бы и с превышением ширины земляного полотна против нормы, или отказываются от уширения на незначительную величину — 0,5—1 м. Для проведения такого уширения необходимо снять укрепление старого земляного полотна и срезать его для образования из старого и нового грунтов уширяемой полосы шириной 2,5—3 м для возможности прохода грузовых автомобилей и землеройных машин.

Возникает также необходимость в уширении земляного полотна в выемках и на косогорах, В этих случаях с учетом глубины выемки и объема работ целесообразно проводить уширение с одной стороны (рис.). Для этого предварительно снимают растительный грунт с откосов. При глубоких выемках растительный грунт снимают экскаватором драглайн и откладывают в сторону выемки. При неглубоких выемках растительный грунт снимают автогрейдерами или экскаватором с обратной лопатой. После снятия растительного слоя, срезая грунт с откоса, тщательно засыпают и уплотняют грунт в боковой канаве. После такой подготовки выемки начинают разработку уширяемой полосы постепенно с ее начала. Часть грунта откладывают для уширения дорожного полотна, остальной грунт грузят экскаваторами в автомобили-самосвалы, которые отвозят его в места уширения насыпей.

Уширяемое земляное полотно должно быть тщательно уплотнено. При устройстве дорожной одежды в тот же год следует уширяемую часть дорожной одежды обязательно располагать на старой части земляного полотна.

Для сопряжения старой насыпи с новой присыпаемой и достижения надежного омоноличивания их сопрягают уступами в виде ступеней. Размеры ступеней по высоте назначают равными толщине слоев присыпаемой насыпи. Последние назначают в зависимости от вида грунта и уплотняющих машин. Земляные работы ведут по общим правилам производства работ, принятым при новом строительстве. Сначала снимают укрепление откосов и удаляют в сторону. Если укреплением являлся растительный грунт, его срезают автогрейдерами и передвигают в сторону бульдозерами. На высоких насыпях, недоступных для работы автогрейдеров, растительный грунт срезают экскаваторами-драглайн или с обратной ропатой и грузят в автомобили для отвозки в места возможного их применения или отваливают в сторону для повторного использования на откосах новой насыпи. Растительный грунт также срезают автогрейдерами или бульдозерами с полосы уширения с одновременным устройством примыкания к старой насыпи. Очищенную полосу будущего подстилающего грунта доуплотняют катками. Затем доставляют автомобилями-самосвалами грунт из карьера, разравнивают его автогрейдером и уплотняют катками. По уплотненному первому слою укладывают также второй, предварительно срезав уступ на откосе старой насыпи. Работы ведут

## Основы дорожного строительства

поточным способом с последовательным проходом всех машин посменной захватке. Целесообразно размер захватки назначать по длине равным возможной длине выполняемого участка одного слоя. Для большей устойчивости присыпанных частей насыпи предварительно разрыхляют поверхность откоса старой насыпи экскаватором-драглайном с ковшом с зубьями, а затем после отсыпки грунта уплотняют поверхность откоса и верхнюю часть. Для уплотнения грунта на откосе можно использовать тот же драглайн, оборудованный вместо ковша прицепным катком допустимой для экскаватора массы. Верхнюю часть можно уплотнять трамбующей плитой или площадочным вибратором.

В ряде случаев при реконструкции дороги в целях улучшения и смягчения продольного профиля меняют расположение трассы в высотном положении. При желании улучшить водно-тепловой режим земляного полотна верхнюю часть необходимо отсыпать из более доброкачественного грунта, а также изменять продольный профиль путем повышения земляного полотна. По способам работ следует рассматривать три варианта. При первом, когда старая дорожная одежда не представляет ценности, на нее сразу отсыпают земляное полотно. Считают, что в этом случае старая дорожная одежда может играть роль водо- и паронепроницаемого слоя и улучшит водно-тепловой режим нового отсыпаемого земляного полотна и дорожной одежды. При втором варианте стремятся использовать материал старой дорожной одежды. Поэтому предварительно до отсыпки земляного полотна производят разломку старой одежды, полученные материалы погрузчиками или экскаваторами грузят в автомобили-самосвалы и вывозят для строительства основания новой одежды на участках, где земляное полотно уже отсыпано.

После вывозки материала поверхность оставшегося земляного полотна выравнивают автогрейдерами. По окончании подготовительных работ земляные работы выполняют по общим правилам: послойной отсыпкой с разравниванием и уплотнением.

Но повышение земляного полотна в редких случаях может ограничиться такими работами. Это возможно только тогда, когда старое земляное полотно имеет достаточную ширину. В большинстве случаев необходимо предварительно провести уширение земляного полотна с учетом, чтобы при выдерживании требуемой крутизны откосов и необходимой ширины дорожного полотна расстояние между бровками в готовом виде соответствовало бы современным нормам (рис.). Таким образом, предварительно осуществляют одно- или двухстороннее уширение земляного полотна. При этой работе упрощается решение, так как при отсутствии дорожной одежды ось ее может быть назначена в любом месте нового земляного полотна.

Досыпать и уширять насыпи следует теми же грунтами, из которых была сооружена старая насыпь.

При повышении отметок в выемке работы облегчаются тем, что в большинстве случаев выемку можно расширять односторонне. После снятия растительного слоя на участке будущей присыпки засыпают боковую канаву и производят уширение насыпи, как было указано ранее. После проведения уширения отсыпают грунт на всю ширину будущего дорожного полотна.

2 вопрос. После окончания основных работ по возведению насыпи или выемки производят планировку, а затем укрепление поверхности земляного полотна. Планировка необходима для того, чтобы выровнять верхнюю часть земляного полотна и откосы в соответствии с проектными отметками, обеспечить требуемую ровность и создать необходимые условия для стока воды.

Основы дорожного строительства

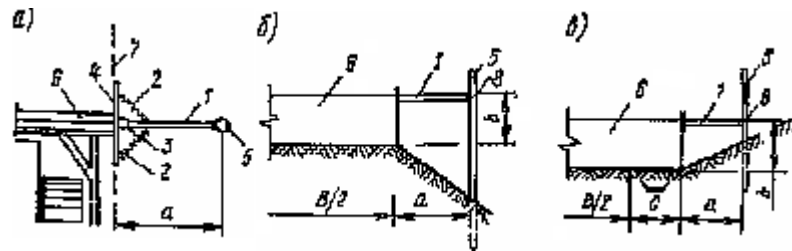
Планировку откосов насыпей производят после планировки поверхности земляного полотна, а в выемках, наоборот, вначале планируют откосы, а потом дно выемки.

После планировки целесообразно сразу укрепить откосы для защиты их от размыва водой или воздействия других факторов.

Планировочные и отделочные работы выполняют в общем технологическом потоке возведения земляного полотна автодороги послойно на каждой рабочей захватке.

Планировку поверхности насыпи и дна выемки выполняют автогрейдерами. Эту работу рационально выполнять машинами, оборудованными системой автоматического управления отвалом, например системой «Профиль П». Работа этой системы основана на функционировании автоматической системы от датчиков, перемещающихся по специально установленной копирной проволоке или спланированной поверхности земляного полотна.

При планировке автогрейдером, не имеющим системы автоматического управления отвалом, предварительная подготовка заключается в разметке работ путем установки специальных разбивочных вешек или кольев. На вешках имеются высотные метки, по которым водитель судит о необходимости заглабления или поднятия отвала.



а – положение рейки-указателя относительно вешки в плане; б – то же в поперечном профиле на насыпи; в – то же в поперечном профиле в выемке; 1 – рейка-указатель; 2 – пружины компенсатора; 3 – шарнир; 4 – планка; 5 – вешка; 6 – отвал бульдозера или автогрейдера; 7 – граница откоса; 8 – высотная метка на вешке.

Рисунок 1 – Контроль плана и профиля земляного полотна

По окончании планировки заглаживают поверхность тыльной стороной отвала автогрейдера, идущего задним ходом; отвал при этом должен быть расположен перпендикулярно направлению движения автогрейдера.

Планировку откосов насыпей и выемок выполняют различными машинами-бульдозерами и автогрейдерами с откосниками, экскаваторами-планировщиками (гидравлические одноковшовые экскаваторы с телескопической стрелой), экскаваторами-драглайн с обычным ковшом или со специальным двухотвальным планировщиком.

Пологие откосы насыпей с заложением 1 : 3 и более планируют автогрейдером при непосредственном движении по ним.

Основы дорожного строительства

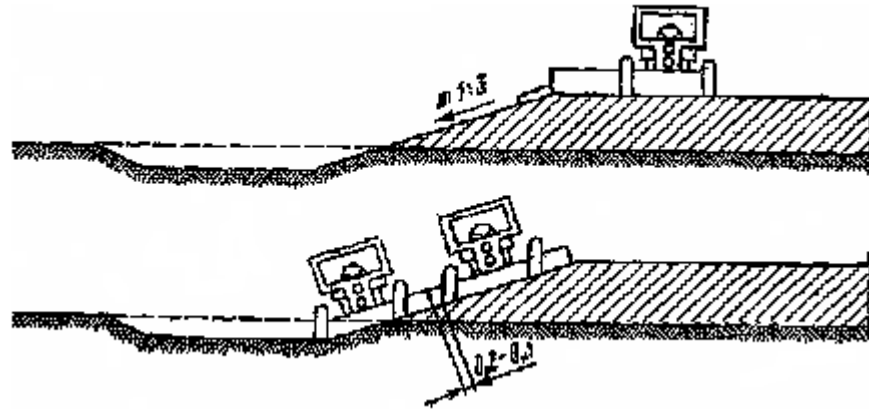


Рисунок 2 - Планировка пологих откосов автогрейдером.

Пологие откосы с заложением 1:3 и более можно планировать бульдозером при движении непосредственно по откосу перпендикулярно оси дороги сверху вниз. Крутые откосы с заложением менее 1:3 планируют автогрейдером или бульдозером, оборудованными удлинителем ножа с выносом его в сторону.

Откосы высоких насыпей и глубоких выемок планируют с помощью экскаваторов. При насыпях до 5—7 м целесообразно применять экскаватор-планировщик с телескопической стрелой, при большей высоте насыпей (до 14 м) — экскаватор с двухотвальным планировщиком или драглайн с обычным ковшом.

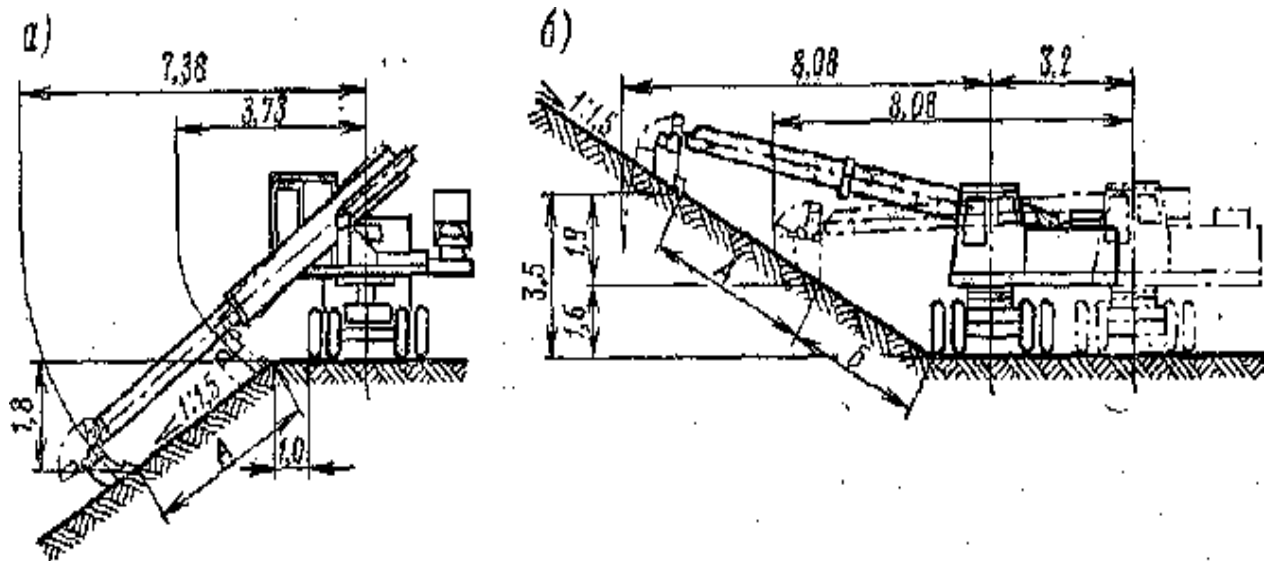


Рисунок 3- Планировка откосов экскаватором-планировщиком с телескопической стрелой.

## Основы дорожного строительства

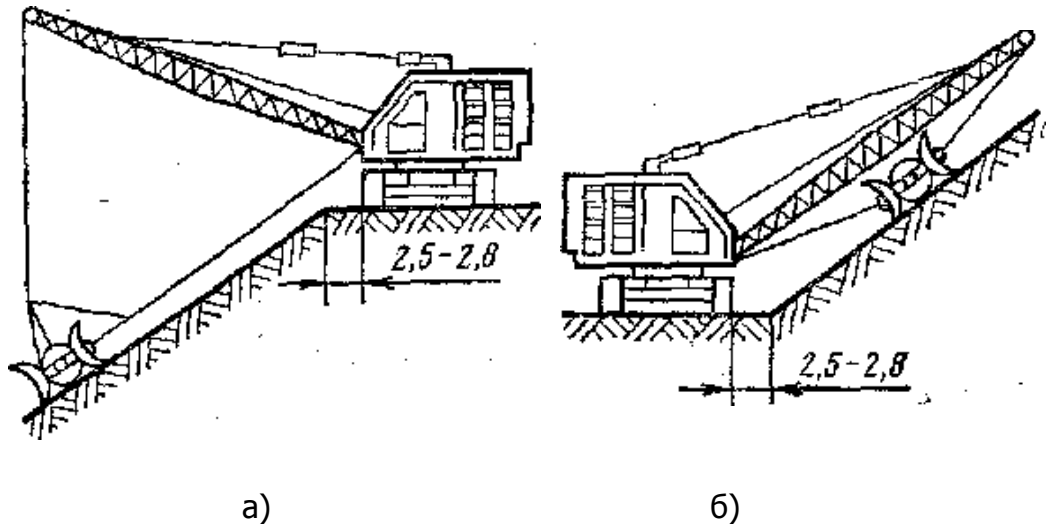


Рисунок 4 - Планировка откосов экскаватором с двухотвальным планировщиком: а – планировка верхней части откоса; б – планировка нижней части откоса.

При более глубоких выемках или более высоких насыпях планировку откосов производят по ярусам, разделяемым полками шириной не менее 5 м, по которым и перемещаются экскаваторы.

При планировке откосов осуществляют контроль за ровностью поверхности и соблюдением необходимого уклона откоса. Для этого применяют переносные откосные лекала различных конструкций.

*Укрепление откосов.* Конструкции укрепления откосов земляного полотна различны. Их выбирают с учетом размеров и уклона откосов; погодноклиматических и гидрологических условий района свойств грунтов и других факторов.

Простейшим укреплением считают создание на поверхности откосов растительного травяного покрова. В отдельных случаях откосы укрепляют посадкой деревьев и кустарника. Применяют укрепления из слоев грунта, обработанного вяжущим, из отдельных железобетонных элементов, сплошных цемента- или асфальтобетонных покрытий.

Укрепление откосов созданием дернового покрова может быть осуществлено двумя способами: механизированным посевом трав по слою растительного грунта, уложенного на откосах; гидропосевом трав без предварительного создания растительного слоя на откосах.

При первом способе на откос укладывают растительный грунт слоем 10 – 15 см, а затем с помощью специального агрегата производят посев трав.

Гидропосев предпочтителен, так как при этом отпадает трудоемкий процесс по созданию растительного слоя на откосах. При гидропосеве применяют смесь, состоящую из семян трав, минеральных удобрений, мульчирующего материала, пленкообразующего компонента и воды. Мульчирующий материал (измельченная солома, опилки) и пленкообразующий (битумная эмульсия или латекс) создают на откосе благоприятные условия для роста и развития трав и предохраняют откос от водной и ветровой эрозии.

Состав смеси семян трав подбирают из различных сортов с учетом климатических условий района. Посев трав возможен с ранней весны до поздней осени, при засушливой погоде применяют искусственное увлажнение.



## Основы дорожного строительства

Для гидропосева применяют специальные машины типа ДЭ-16, состоящие из цистерны с лопастной мешалкой, насоса, шлангов и гидромонитора для разбрызгивания смеси по откосу. Смесь распределяют по откосу при движении машины вдоль нижней или верхней части откоса. Как правило, распределение смеси производят за несколько проходов гидросеялки на одной захватке, чтобы избежать стекания рабочей смеси с откоса.

*Укрепление откосов из сборных железобетонных элементов* с образованием решетчатой конструкции производят в следующей технологической последовательности: подготовка откосов - планировка и уплотнение; устройство бетонного упора у подошвы откоса; монтаж железобетонных элементов решетчатой конструкции; заполнение клеток растительным грунтом с посевом трав (клетки могут быть заполнены также щебнем или гравием).

Монтаж решетчатой конструкции укрепления из сборных элементов осуществляют снизу вверх. Подачу деталей производят краном; места стыковки омоноличивают; грунт, гравий или щебень для заполнения ячеек подают также краном, оборудованным грейферным ковшом. Перед началом монтажа сборных элементов выполняют разбивку для закрепления осевых линий разбивочными колышками.

Кроме сборных решетчатых конструкций для укрепления неподтопляемых откосов применяют укладку гравия или щебня слоем 10—15 см. После распределения и разравнивания этого материала на откосе производят его уплотнение с помощью площадочных вибраторов или катком, монтируемым на тросах к экскаватору-драглайну.

*Укрепление скальных откосов* в выемках и полувыемках, подверженных естественному разрушению (выветриванию), выполняют методом пневмонабрызга бетоншприцмашиной. При этом способе на поверхность откоса с помощью сжатого воздуха распределяют известково-гипсовую, цементогрунтовую, цементопесчаную или цементобетонную смесь. Пневмонабрызг позволяет укладывать смеси без опалубки и не требуется последующего уплотнения смеси. Толщина наносимого слоя различна и ее определяют в зависимости от прочности породы и характера воздействия атмосферных факторов.

Рабочую смесь наносят на откос снизу вверх. Для создания благоприятных условий твердения и роста прочности осуществляют уход путем последующего увлажнения поверхности укрепленного откоса.

Сухую смесь проектного состава приготавливают в стационарных смесителях и транспортируют к месту производства работ автомобилями-самосвалами. Возможно приготовление сухой смеси в передвижной бетономешалке непосредственно на месте работ.

*Укрепление песчаных откосов.* В засушливых районах откосы песчаных насыпей укрепляют путем создания на них покрытия из щебня, гравия, грунта, обработанного вяжущими материалами, или глинистого грунта. Щебень (гравий) распределяют по откосу слоем 0,10—0,15 м. В основании откоса материал распределяют на ширину 1 м для создания упора.

Для укрепления песчаных грунтов применяют органические вяжущие материалы — битум, деготь, нефтяные остатки и отходы промышленности. Откосы обрабатывают путем розлива вяжущих или распределения по откосу предварительно приготовленной смеси из обработанного грунта.

*Укрепление откосов каменной наброской* производят для защиты откосов от размыва и подмыва текущей водой и разрушающего действия волн. Благодаря

## Основы дорожного строительства

простоте осуществления, надежности и больших сроков службы защита откосов каменной наброской является распространенным типом укрепления. Для этого применяют различный камень по минералогическому составу и размерам, обладающий морозостойкостью не менее 100—150. Толщину наброски принимают равной 2—3 размерам наибольших камней.

Каменную наброску укладывают по слою подготовки по принципу обратного фильтра. При применении для наброски несортированного камня подготовку не устраивают, если состав камня обеспечивает создание естественного обратного фильтра.

Укрепление откосов созданием бетонных покрытий служит для защиты их от воздействия течения воды, ударов волн и ледохода.

Все типы бетонных покрытий укладывают на слой щебня или гравия толщиной 0,1—0,2 м. В нижней части откоса у основания насыпи делают бетонный упор из сборных бетонных элементов или монолитного бетона. Иногда вместо бетонного упора отсыпают каменную упорную призму (рисберму), а при укреплении подтопленного откоса предварительно отсыпают берму из камня до отметки на 0,25 м выше над уровнем воды (в период строительства). Мелкие бетонные плиты укладывают на откосах без соединения их друг с другом, крупные железобетонные плиты соединяют металлическими хомутами (по одному на каждую сторону), создающими шарнирное соединение, или путем сварки выпусков арматуры или специальных закладных деталей. Покрытия из наиболее крупных плит омоноличивают для создания отдельных карт, разделенных температурными швами.

## Контрольные вопросы

1. Как производится укрепление откосов из сборных железобетонных элементов?
2. Какой самый простой способ укрепления откосов ?
3. Как производят планировку поверхности насыпи?
4. Что такое «уширение» ?
5. Что такое реконструкция дороги?

## Раздел 2. Транспортные сооружения

### Лекция 6

#### Тема: Виды и характеристика транспортных сооружений

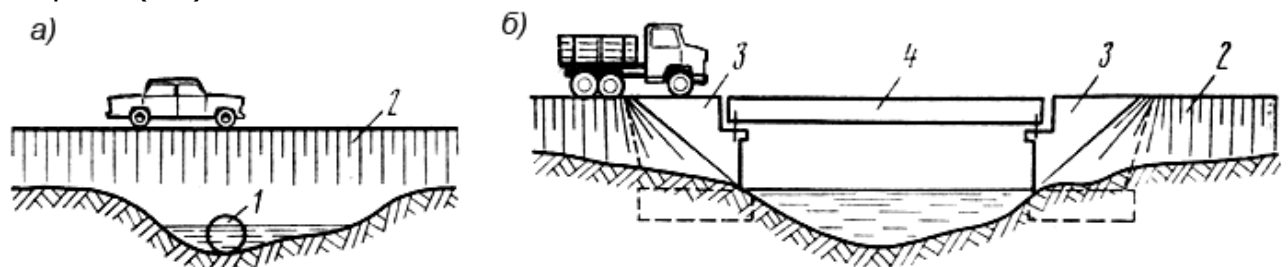
Учебные вопросы:

1. Виды транспортных сооружений.
2. Требования, предъявляемые к транспортным сооружениям.

1 вопрос. *Труба* – сооружение для пропуска малых расходов воды (до  $100\text{ м}^3/\text{с}$ ), находящееся в теле насыпи. Существенная особенность трубы – непрерывность земполотна над ней. Поэтому проезжающие над трубой автомобили не испытывают никаких изменений в условиях движения. (1а)

Пересечение реки дорогой или другой транспортной артерией представляет собой *мостовой переход* – комплекс инженерных сооружений, состоящий из собственно моста, подходов к нему и регуляционных сооружений, предназначенных для плавного пропуска воды под мостом.

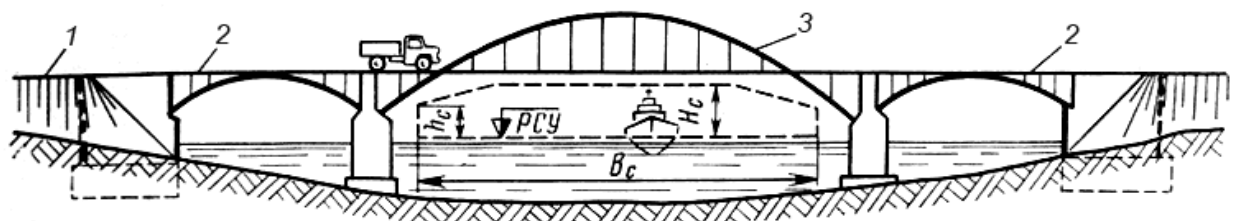
*Мост* – искусственное сооружение для пропуска дороги через водоток, состоящее из опор и пролетных строений, перекрывающих пространство между опорами. (1 б)



1 - труба; 2 - насыпь дороги; 3 - устой моста; 4 - пролетное строение моста.

Рисунок 1 - Основные виды искусственных сооружений

*Мосты обычного типа, или высокого уровня* возводятся на такой высоте над рекой, чтобы свободно пропускать высокие воды при паводке и не препятствовать судоходству и сплаву (рис. 2). В некоторых случаях устраивают мосты, имеющие лишь небольшое возвышение над горизонтом меженных вод. Такие мосты, называемые *низководными*, не способны пропускать высокие воды и при проходе паводков затопляются (*затопляемые мосты*) или же их приходится разбирать (*разборные мосты*). Их применяют как кратковременное средство связи между берегами, а также в военное время.

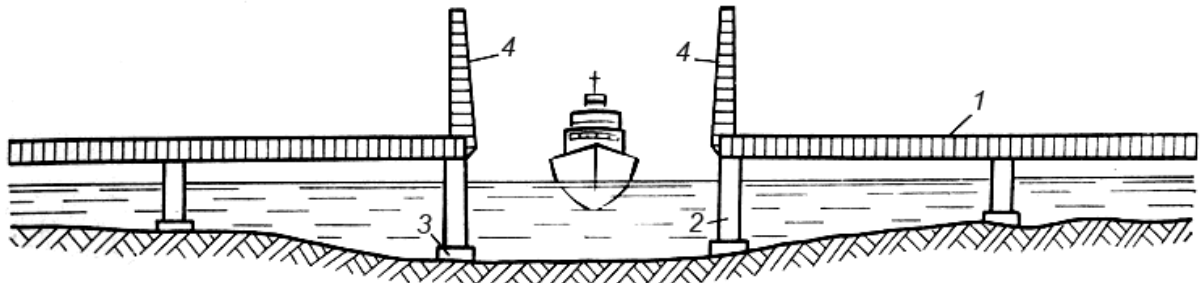


1 - насыпь подхода; 2 - пролетное строение с ездой поверху; 3 - пролетное строение с ездой посередине.

Рисунок 2 - Высоководный мост, предназначенный для судоходства.

Основы дорожного строительства

В *разводных мостах* устраивается специальный разводной пролет, имеющий размеры, требуемые судоходством. Разводные мосты располагают на уровне, недостаточном для прохода под ним судов. Поэтому часть моста (разводное пролетное строение) делают раскрывающейся вверх или в стороны (рис.3). В разводных мостах неизбежны перерывы движения транспортных средств по дороге при раскрытом состоянии моста или по реке, когда мост сведен.



1 - пролетное строение с ездой поверху; 2 - промежуточная опора (бык); 3 - фундамент опоры; 4 - разводное пролетное строение.

Рисунок 3 - Разводной мост

*Трансбордеры или мосты-паромы* устраивают в случае необходимости пересечения широкого водного пространства при слабом движении между берегами. *Трансбордер* (рис.4) состоит из легкой конструкции, перекрывающей водное препятствие и имеющей пути для тележки, поддерживающей подвесную платформу, служащую для перевозки грузов.

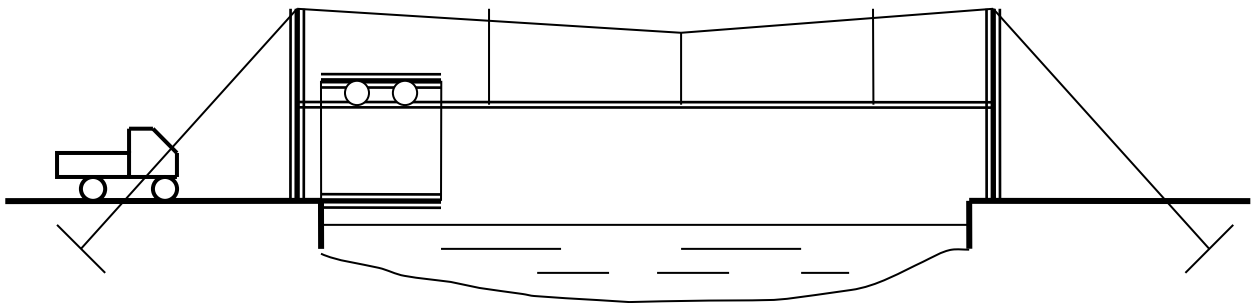
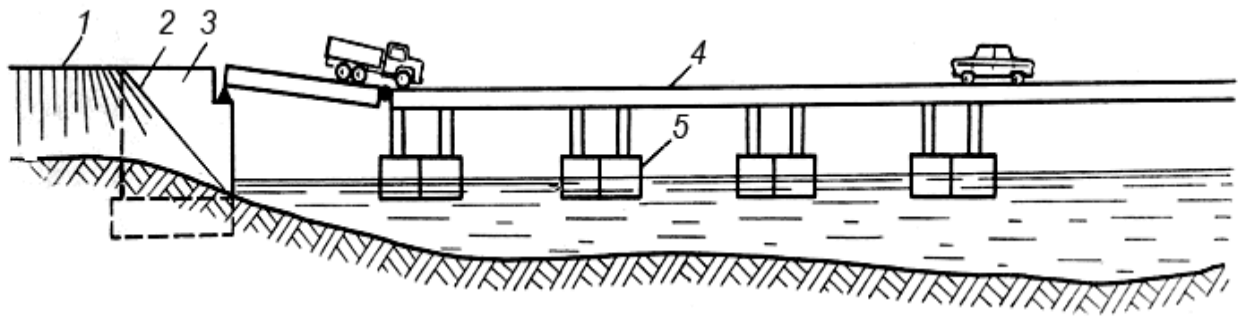


Рисунок 4 - Трансбордер.

*Наплавные мосты* устраивают на плавучих опорах, на понтонах или баржах, плавающих в воде и поддерживающих проходящую по ним конструкцию моста (рис.5). Такие мосты применяют на широких и глубоких реках, когда устройство высоководного моста слишком дорого и не оправдано ожидаемой интенсивностью движения по мосту. Для пропуска судов устраивают выводные секции. На время ледохода, а иногда на весь период ледостава наплавные мосты разбирают.

Основы дорожного строительства



1 - насыпь подхода; 2 - конус насыпи; 3 - устой; 4 - пролетное строение с ездой поверху; 5 - плавучая опора.

Рисунок 5 - Наплавной мост

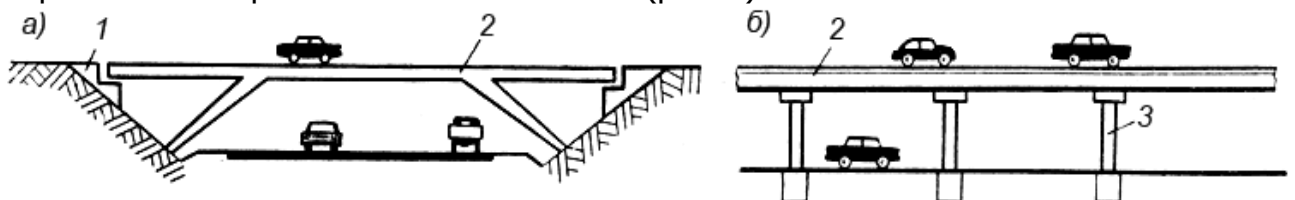
При пересечении крупной реки дорогой со слабым автомобильным движением можно применять *паромную переправу*. Такая переправа имеет пристани на обоих берегах реки и плавучий паром, служащий для перевозки автомобилей и пешеходов между пристанями.

Разновидностями мостов являются путепроводы, эстакады и виадуки.

*Путепроводы* предназначены для пропуска одной дороги над другой (пересечение в разных уровнях): взаимное пересечение двух автодорог с интенсивным движением, автомагистрали с городскими улицами, автодороги с ж/д путями. (рис. 6а)

*Эстакада* – мостовая конструкция для пропуска дороги над поверхностью земли так, чтобы нижележащее пространство могло быть использовано для проезда или других целей. Эстакады часто сооружают в городах на пересечениях улиц или вдоль них, а за городом на сложных пересечениях автомобильных дорог, на болотах и т.п. (рис. 6б)

*Виадуки* устраивают при пересечении дорогой глубоких лощин, оврагов или суходолов. Обычно виадук оказывается выгоднее насыпи при глубине пересекаемого препятствия более 20-25м. (рис. 7)



1 - устой путепровода; 2 - пролетное строение путепровода и эстакады; 3 - промежуточная опора.

Рисунок 6 - Путепроводы и эстакады.

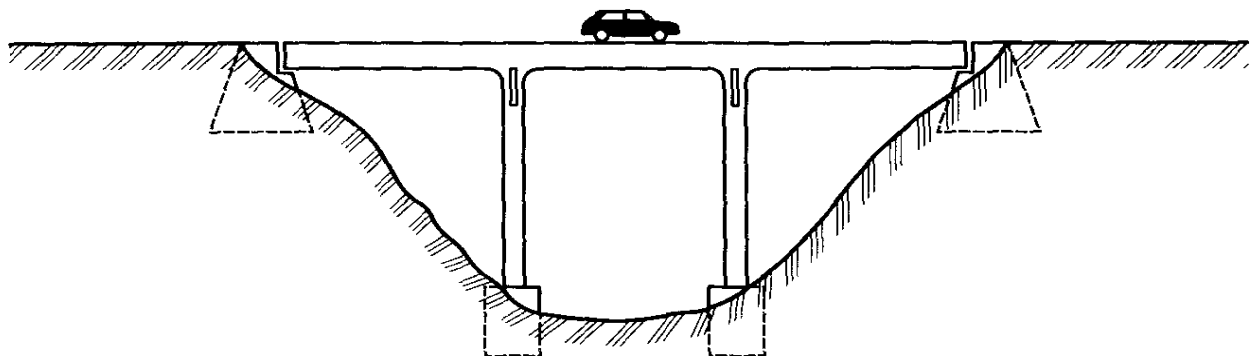


Рисунок 7а - Виадук.





Рисунок 7 б - Виадук.

1.1 Разновидности мостов в зависимости от уровня проезда, материала пролетных строений и подвижных нагрузок.

В зависимости от расположения уровня проезда на мосту различают:

*мосты с ездой по верху*, когда проезжая часть расположена по верху пролетных строений;

*мосты с ездой по низу*, в которых проезжая часть расположена вдоль низа пролетных строений;

*мосты с пониженной ездой или ездой посередине*, имеющие проезжую часть, расположенную в пределах высоты пролетного строения.

Мосты также подразделяют на деревянные, каменные, бетонные, железобетонные и металлические, в зависимости от материала, из которого сделаны пролетные строения.

По роду обращающихся подвижных нагрузок различают мосты:

*Автомобильные* – предназначенные для пропуска по ним всех видов движения, имеющихся на автомобильных дорогах;

*Железнодорожные* – служащие для пропуска только железнодорожного движения;

*Пешеходные* – предназначенные для пропуска только пешеходного движения;

*Городские* – под автомобильное, трамвайное и пешеходное движение в городских условиях;

*Совмещенные* – для пропуска как автомобильной, так и железной дороги одновременно;

*Специального назначения* – для пропуска трубопроводов, кабелей и др.

2 вопрос. Требования, предъявляемые к транспортным сооружениям. Потребительские свойства сооружений.

Дорожные искусственные сооружения должны удовлетворять производственным, эксплуатационным, расчетно-конструктивным, экономическим и архитектурным требованиям.

## Основы дорожного строительства

Производственными и эксплуатационными требованиями предусматривается обеспечение удобного и безопасного движения по мосту или другому искусственному сооружению без снижения скорости.

Применяемые конструкции искусственных сооружений должны отвечать требованиям индустриального изготовления (на заводах, полигонах) и механизированного возведения при высоких темпах строительства и хорошем качестве работ.

На автомобильных дорогах и, особенно в городах мосты желательно устраивать с ездой поверху. Они имеют конструктивные преимущества и, кроме того, для проезжающих по мосту окружающий пейзаж остается открытым, а в городских условиях такой мост не нарушает общего вида прилегающей застройки.

Расчетно-конструктивные требования направлены на то, чтобы сооружение в целом и отдельные его элементы были прочными, устойчивыми и жесткими.

Ширина проезжей части и тротуаров сооружения должна соответствовать расчетной пропускной способности с учетом перспективы роста интенсивности движения. Полотно проезжей части должно быть устроено из прочного износостойкого материала. Необходим хороший отвод воды с поверхности полотна. Схема моста, величины пролетов и возвышение конструкции над уровнем воды в реке должны обеспечивать безопасный пропуск паводков и ледохода, а также удовлетворять требованиям судоходства. Все сооружения должны иметь конструкцию с длительным сроком службы и удобную для осмотра в процессе эксплуатации. Предпочтение следует отдавать таким видам сооружений, материалам и конструкциям, которые в дальнейшем потребуют минимальных эксплуатационных затрат на содержание и ремонт.

Прочность сооружения достигается, если усилия (или напряжения) во всех его элементах и соединениях не превосходят допускаемых. Устойчивость обеспечивается, если пролетные строения и опоры устойчивы против опрокидывания и сдвига, а сжатые элементы - против выпучивания от продольного изгиба. Требования к жесткости сооружения соблюдаются, если деформации его под действием нагрузок не превосходят допускаемых величин. Значительные деформации (недостаточная жесткость) вредны, а иногда и опасны для сооружения. Так, например, если мост недостаточно жесток и под нагрузкой дает большие прогибы, то это может затруднять движение по нему автомобилей с большими скоростями. Возникновение значительных вибраций моста неприятно для пешеходов и может быть опасным для его конструкции.

Архитектурные требования связаны с необходимостью выбора такого варианта, при котором сооружение имеет лучший внешний вид и гармонирует с окружающей местностью или городской застройкой. При этом архитектурные требования должны быть органически увязаны со строительно-техническими. Особо серьезные архитектурные требования предъявляются к городским мостам, которые должны вписываться в общий архитектурный ансамбль окружающей застройки.

Экономические требования вытекают из необходимости выбора при проектировании такого решения, при котором затрата средств и материалов для постройки сооружения, а также трудоемкость работ будут наименьшими. Ввиду трудности учета всей совокупности экономических требований часто пользуются строительной стоимостью как экономической характеристикой сооружения. Однако оценка экономичности по одной только строительной стоимости недостаточна. Необходимо также учитывать срок службы, эксплуатационные условия, расходы на содержание, ремонт и возможную реконструкцию

## Основы дорожного строительства

сооружения. Кроме того, надо оценивать имеющиеся местные ресурсы и возможности, а также общие народнохозяйственные условия, влияющие на выбор экономически обоснованного варианта.

Спроектированные и построенные в строгом соответствии с приведенным выше комплексом требований мостовые сооружения приобретают для эксплуатации в дальнейшем ряд *потребительских свойств*, среди которых наибольшее значение имеют:

- пропускная способность;
- грузоподъемность;
- безопасность движения;
- долговечность.

*Пропускная способность мостовых сооружений* характеризуется максимально возможной интенсивностью транспортного движения, а также возможностью пропуска под ним в поперечном направлении судов, водного потока, ледохода, транспорта (для путепроводов), а также коммуникаций. Она обеспечивается выполнением и сохранением содержащихся в эксплуатационных требованиях норм габаритов проезда и подмостовых габаритов, расчетами отверстий мостов и труб.

*Грузоподъемность моста* — это его характеристика, определяемая максимальной временной подвижной нагрузкой определенного вида (например, в виде автомобиля или равномерно распределенной нагрузки с тележкой), воздействие которой является безопасным для его несущих элементов при расчете по первому предельному состоянию. Для эксплуатируемых мостов грузоподъемность характеризуется величиной предельной массы транспортного средства определенного вида. Грузоподъемность мостов и труб обеспечивается расчетами на прочность и устойчивость и задается нормами нагрузок в эксплуатационных требованиях к их проектированию.

*Безопасность движения* транспортных средств характеризуется максимальной допустимой скоростью автомобильного движения по транспортным сооружениям. Она обеспечивается эксплуатационными требованиями к плану и профилю дорожного и мостового полотна, а также к прочности и энергоемкости ограждающих устройств. Безопасность движения пешеходов обеспечивается требованиями к прочности и высоте перильных ограждений и к качеству покрытия тротуаров.

*Долговечность транспортного сооружения* — его свойство сохранять работоспособное состояние при установленной системе содержания и ремонта в течение определенного времени без капитального ремонта или реконструкции, характеризуется ресурсом или сроком службы, для нового сооружения он определяется проектной календарной продолжительностью эксплуатации, для сооружения после капитального ремонта или реконструкции — календарной продолжительностью после возобновления эксплуатации до момента ее прекращения.

долговечность сооружений задается сроками их службы и обеспечивается выполнением требований к выбору соответствующих материалов и конструктивных решений.

На долговечность сооружения оказывает существенное влияние его живучесть — свойство сохранять несущую способность при повреждении или разрушении отдельных его частей или элементов.

## Контрольные вопросы

1. Виды транспортных сооружений.
2. Требования, предъявляемые к мостам.
3. Условия назначения и применения мостовых сооружений.
4. Каковы потребительские свойства мостовых сооружений?

## Лекция 7

### Тема: Тоннели. Основные сведения

Учебные вопросы:

1. Назначение тоннелей и их виды.
2. Гидроизоляция обделок, водоотводные устройства, вентиляция и освещение в тоннелях.
3. Подпорные стены. Виды. Назначение, конструкция.

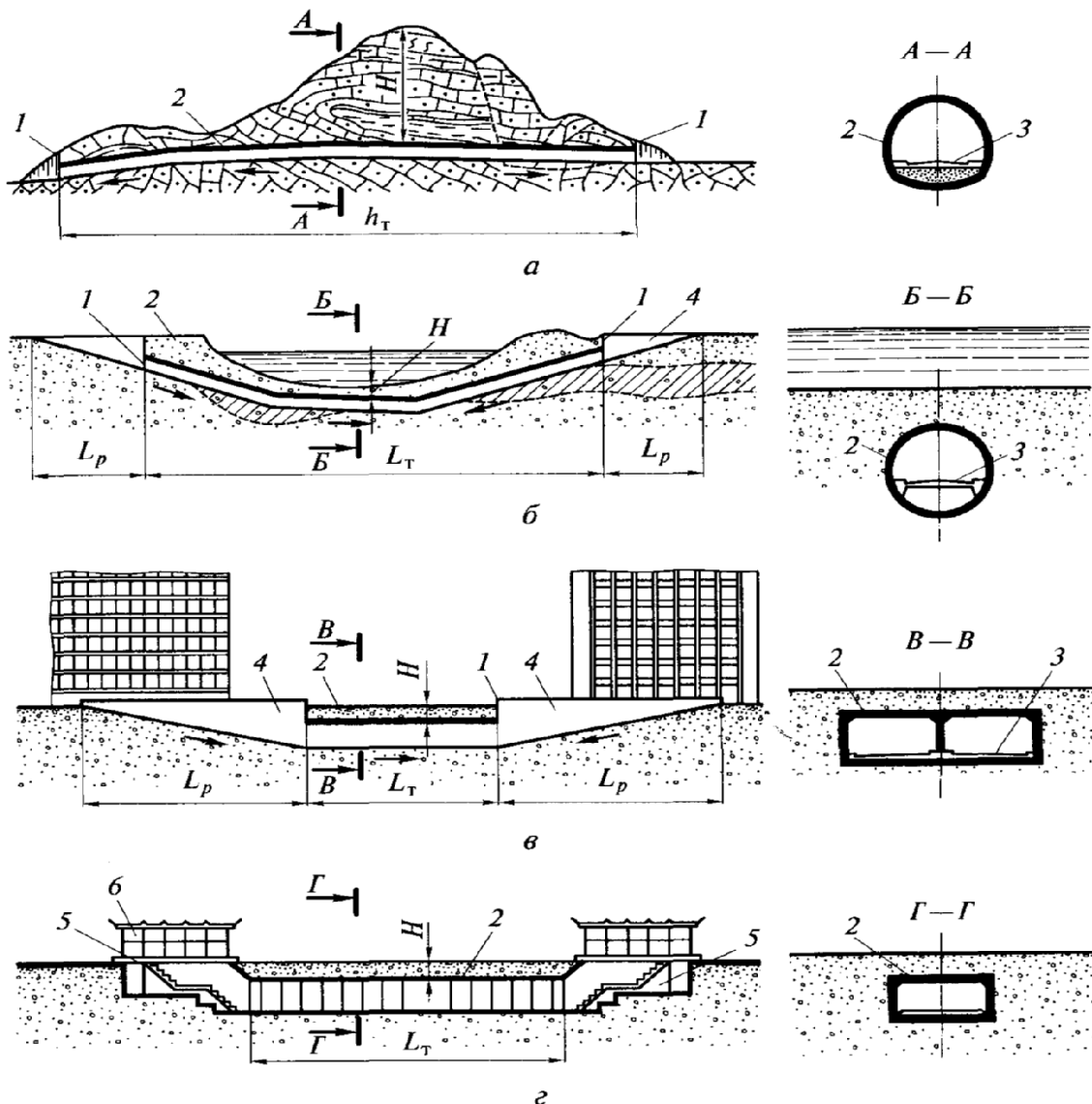
1 вопрос. Тоннелем называют горизонтальное или наклонное подземное искусственное сооружение, имеющее значительную протяженность, предназначенное для транспортных целей, пропуска воды, прокладки городских коммунальных сетей или размещения производственных предприятий. Тоннели на путях сообщения служат средством для преодоления различного рода препятствий или для развития пути под землей с использованием ограниченного уклона

Классификация транспортных тоннелей определяется признаками, положенными в их основу. Так, по местонахождению можно разделить тоннели на горные, подводные и городские тоннели. На автодорогах могут быть сооружены тоннели:

- горные, прокладываемые через горные хребты или возвышенности (рис. 1,а);
- подводные, устраиваемые под реками, морскими проливами и заливами вместо мостового перехода (рис. 1,б);
- городские, предназначенные для пропуска транспортных потоков или пешеходов в городах (рис. 1,в,г).



Основы дорожного строительства



1-портал; 2- тоннель; 3- проезжая часть; 4 - рампа; 5 -лестничный сход; б - павильон

Рисунок 1 - Схемы автотранспортных (а—в) и пешеходного (г) тоннелей:

В зависимости от глубины расположения от поверхности земли различают тоннели глубокого ( $H > 10-15\text{ м}$ ) или мелкого заложения ( $H < 10\text{ м}$ ). Городские тоннели в пересечениях улиц и площадей, а также пешеходные тоннели, как правило, делают мелкого заложения.

Тоннели глубокого заложения проходят на большой глубине в толще горных пород (горные тоннели) или ниже уровня воды (подводные тоннели). Возведение тоннелей глубокого заложения требует специальных методов производства работ.

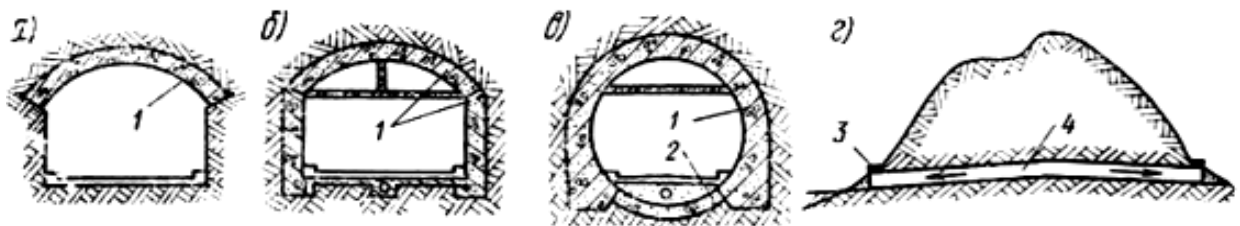
Способы сооружения тоннелей весьма разнообразны и определяются их протяженностью, глубиной заложения, топографическими, инженерно-геологическими и градостроительными условиями, а также экономическими и экологическими соображениями.

Для нормальной эксплуатации тоннелей необходимо предусматривать в них обустройства для отвода воды, вентиляции (при длинных тоннелях), освещения, а также обеспечения безопасности движения автомобилей.



Основы дорожного строительства

*Горные тоннели.* В зависимости от характера грунтов, через которое проходит тоннель, конструкция его, называемая тоннельной обделкой, бывает различной. При проходе крепких скальных пород тоннель может быть оставлен без всякой обделки. Если есть опасность выветривания поверхностного слоя породы в тоннеле, то устраивают легкую его облицовку. При необходимости поддерживать горную породу применяют несущую тоннельную обделку, обычно в виде свода. Очертание свода перекрытия должно быть по возможности близким к кривой давления от действующей на него нагрузки. В настоящее время обделку горных тоннелей делают преимущественно бетонной или железобетонной. Раньше обделку всегда делали монолитной. В настоящее время получают распространение сборные конструкции обделки. В крепких скальных породах, не оказывающих бокового давления, можно применить тоннельную обделку в виде свода, опирающегося пятнами на породу (рис.2,а).



1 - обделка; 2 - обратный свод обделки; 3 - портал; 4 - горный тоннель.

Рисунок 2 - Основные виды горных обделок и схема горного тоннеля

В менее крепких породах обделка должна укреплять также и боковые стены тоннеля. Тогда ее делают в виде свода, поддерживаемого боковыми вертикальными стенками (рис. 2, б).

При слабых породах, оказывающих большое давление как сверху, так и с боков, а иногда и снизу, обделке придают криволинейное очертание, устраивая внизу так называемый обратный свод (рис.2, в).

Для защиты от проникания грунтовых вод тоннельную обделку покрывают гидроизоляцией.

На концах тоннель имеет порталы (рис.2, г), обеспечивающие устойчивость лобового откоса выемки подхода и служащие также для отвода воды и предохранения от падения камней с горного склона.

Тоннельную обделку рассчитывают на горное давление, действующее на свод и боковые стенки тоннеля и зависящее от характера окружающих тоннель пород.

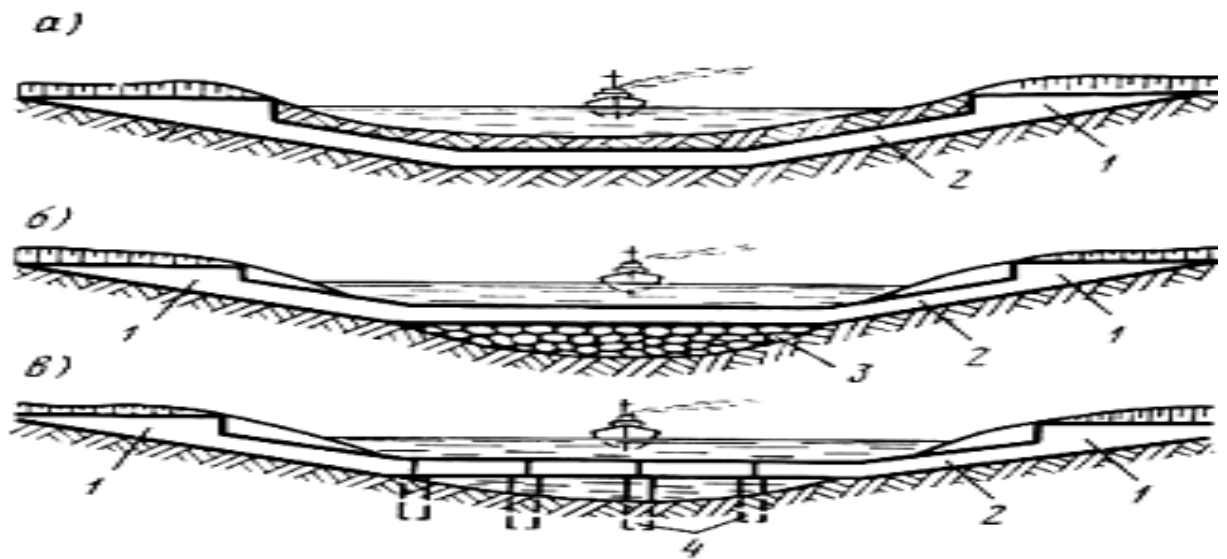
Горные тоннели сооружают, постепенно разрабатывая породу и укрепляя ее в случае необходимости временными деревянными или металлическими (реже железобетонными) крепями. Мягкие породы разрабатывают механизированными щитами или инструментом, а скальные - буро-взрывным методом.

К маркшейдерским работам относят все подземные геодезические работы.

Устройство подводного тоннеля оказывается целесообразным при необходимости пересечения автомобильной дорогой крупной реки, морского залива или пролива, когда постройка моста нежелательна из-за стеснения судоходства или других соображений. Различают тоннель, проходящий в толще естественного грунта под руслом реки (рис.3, а), тоннель, уложенный по

Основы дорожного строительства

выровненному дну или подводной дамбе (рис.3, б) и тоннель-мост, опирающийся на отдельные подводные опоры (рис.3, в).



1 - рамповый участок; 2 - подводный участок; 3 - дамба; 4 - опоры тоннеля.

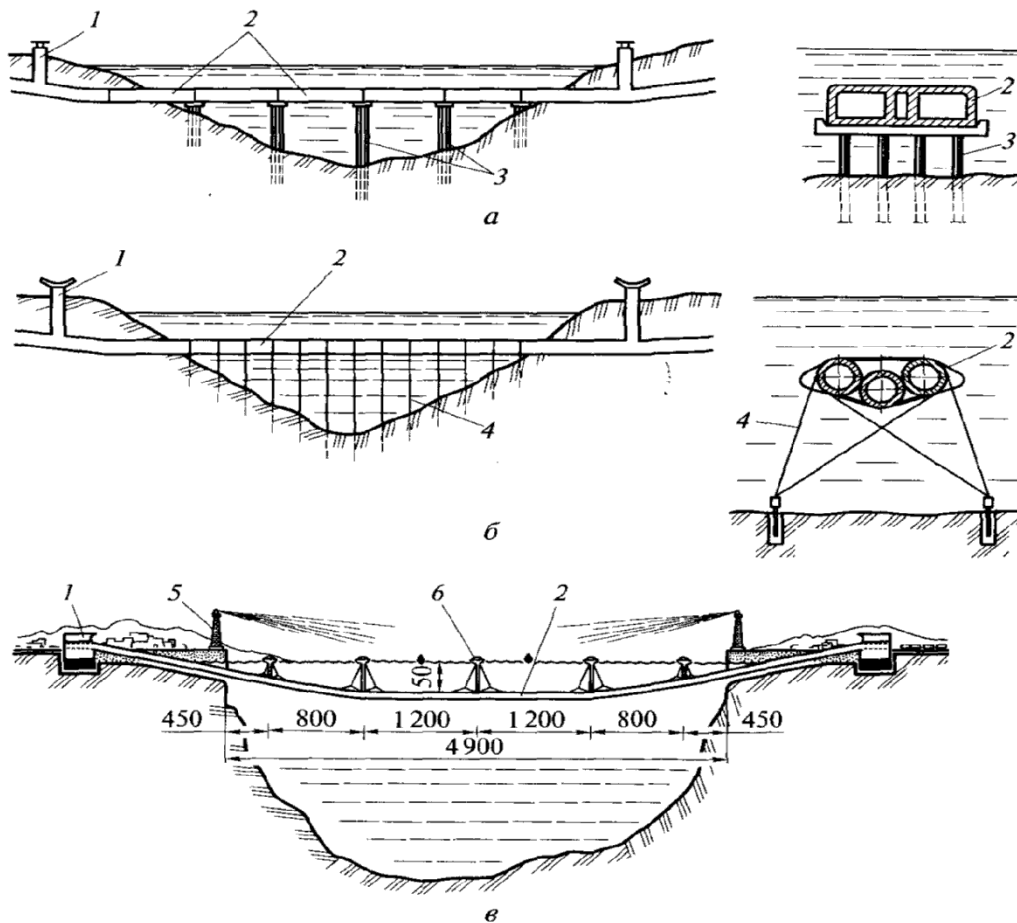
Рисунок 3 - Схемы подводных тоннелей

Для преодоления глубоких, но сравнительно узких водных преград эффективны подводные тоннели на отдельных опорах (тоннели-мосты) (рис. 4, а), а также «плавающие» тоннели, укрепленных оттяжками, закрепленными анкерами в дно или удерживаемые на плаву специальными плавающими опорами (рис. 4, б, в).

Такие тоннели располагаются на сравнительно небольшой глубине от поверхности воды (15,.. 20 м), необходимой для пропуска судов. Таким образом, значительно сокращается длина тоннельного перехода и улучшаются эксплуатационные показатели трассы.

Подводные автодорожные тоннели сооружают для пропуска в одном уровне 2-, 4-, 6-полосного движения; возможно строительство и двухъярусных тоннелей.

Основы дорожного строительства



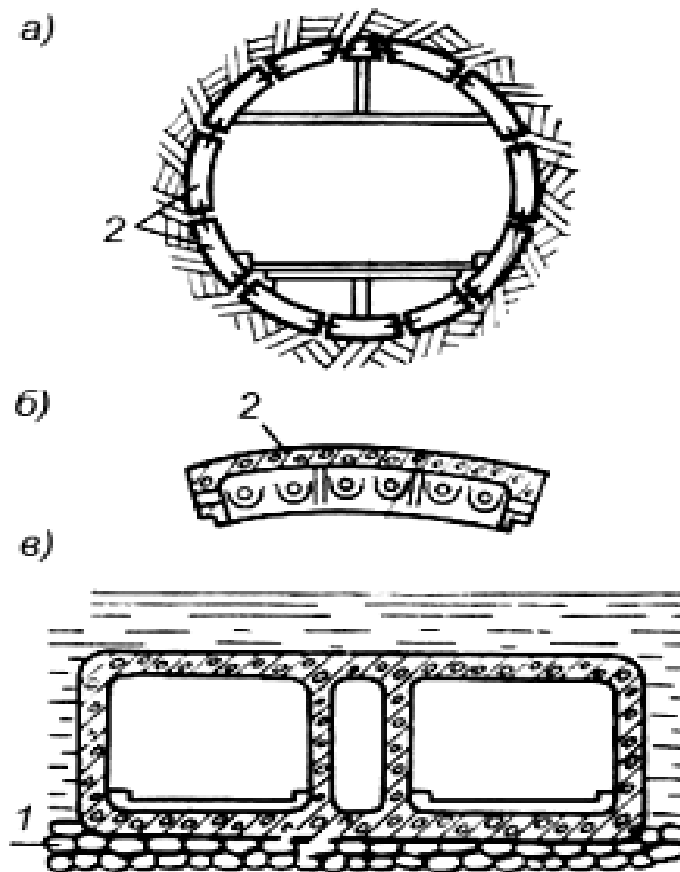
1 - вентиляционное здание; 2 - тоннель; 3 - свайные опоры; 4 - тросовые оттяжки; 5 - маяк; б - плавающие опоры.

Рисунок 4 - Виды (а—в) подводных тоннелей:

Подводные тоннели, проходящие в толще грунта, чаще всего делают кругового очертания из чугунных (рис.5, а) или железобетонных тубингов - блоков (рис.5, б), из которых образуется обделка тоннеля. Тубинги соединяют между собой болтами, обеспечивая герметичность сопряжений.

Подводные тоннели, укладываемые по дну водного препятствия, в большинстве случаев делают железобетонными, часто прямоугольного сечения (рис.5, в). Такие тоннели сооружают, опуская на дно подведенные наплаву готовые секции и объединяя их между собой подводным способом. Аналогично возводят и мосты-тоннели.

Основы дорожного строительства



1 - дамба; 2 - тубинг тоннельной обделки.

Рисунок 5 - Схемы подводных тоннелей

2 вопрос. Гидроизоляция обделок, водоотводные устройства, вентиляция и освещение в тоннелях.

Цель гидроизоляции – недопущение подземных вод во внутреннее пространство тоннеля. Гидроизоляция обеспечивается водонепроницаемостью конструкции, и дополняется нагнетанием за обделку вначале ПЦ, а затем цементного раствора. Раствор заполняет трещины и полости в обделке и массиве породы, преграждая путь подземным водам. Радикальным средством является включение в конструкцию обделки замкнутых водонепроницаемых мембран, из гибких рулонных материалов, приклеенных к внутренней поверхности обделки и прижимаемой внутренней ж/б конструкцией (рубашкой).

В качестве гибких изолирующих материалов используют гидроизол - асбестовый картон, пропитанный битумом, а также стеклорубероид и стеклобит. Несмотря на принятие мер по водонепроницаемости, в различные периоды эксплуатации тоннелей может скапливаться вода. Удаление воды и ее сброс за пределы порталов выполняется посредством водоотливных лотков, продольный уклон которых соответствует уклону пути в тоннеле и должен быть не менее 3‰.

Поперечный уклон выравнивающего бетонного слоя в сторону лотка - не менее 2‰. Сечение лотка не менее 30х30см. Для предотвращения замерзания воды используют утепляющую засыпку или листы теплоизоляции. Водоотводные лотки в тоннелях не должны проходить под проезжей частью.

## Основы дорожного строительства

Вентиляция должна обеспечивать эксплуатацию автодорожного тоннеля в следующих режимах:

А — нормальный — осуществляется безостановочное движение транспорта с максимальной разрешенной скоростью при интенсивности, соответствующей часу «пик»;

Б — замедленный — осуществляется безостановочное движение транспорта со скоростью менее 20 км/ч;

В — транспортная пробка — имеет место остановка транспорта с работающими двигателями длительностью до 15 мин.

Тоннели должны иметь искусственное стационарное освещение. В средней части автодорожных тоннелей с любой трассой длиной более 1300 м в дневном, вечернем и ночном режимах горизонтальную освещенность на расстоянии 500 м от въездного портала допускается снижать. Управление режимом общего освещения автодорожных тоннелей следует предусматривать автоматическим в зависимости от естественной освещенности снаружи тоннеля, а также дистанционным — из помещения дежурного.

Включение вечернего и ночного режима освещения должно производиться при снижении естественной освещенности до 100 лк.

3 вопрос. . Подпорные стены. Виды. Назначение, конструкция.

На горных дорогах возникает необходимость в специальных искусственных сооружениях, связанных с особенностями прокладки дорог в горных местностях.

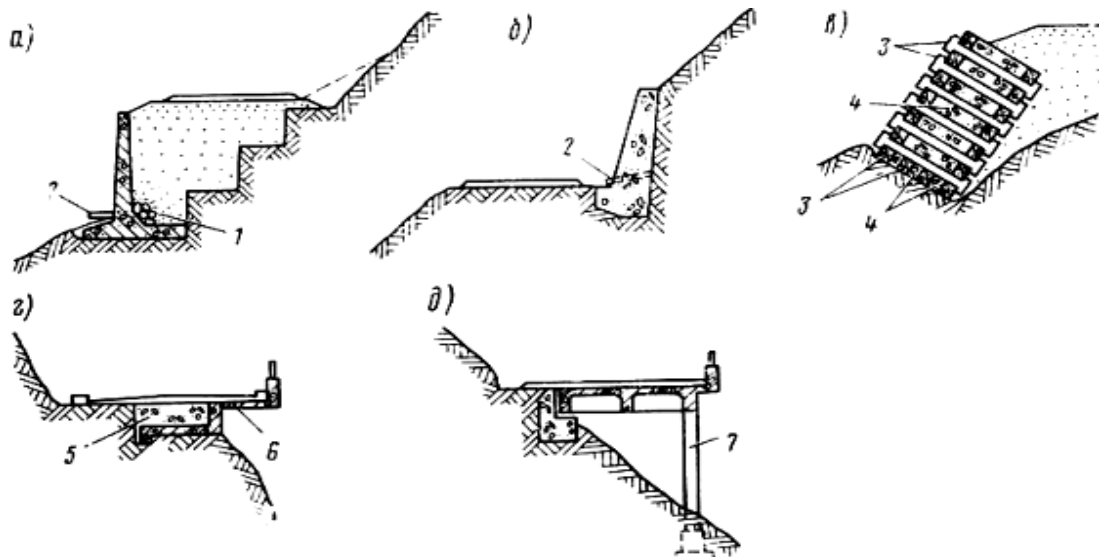
Когда дорога идет по кособоку и требует выемки, насыпи или полувыемки-полунасыпи, то для уменьшения объема земляных работ часто устраивают подпорные стенки. Подпорные стенки служат для поддержания низового откоса насыпи (рис.6, а), верхового откоса выемки (рис.6, б) или обоих откосов.

Стенки делают массивными из бетонной и каменной кладки или железобетонными монолитными или сборными. Очертание массивных подпорных стенок назначают так, чтобы равнодействующая давлений, действующих на стенку, проходила возможно ближе к ее оси. Для этого стенки устраивают ступенчатыми или наклонными (см. рис.6, б).

Чтобы избежать дополнительных напряжений от неравномерных осадок, а также температурных и усадочных деформаций, стенки разделяют деформационными швами, располагаемыми друг от друга не далее 10-15 м при бетонных стенках и 20-30 м при каменных. Для отвода воды из-за стенок в них устраивают дренажные отверстия. Заднюю поверхность стенки покрывают гидроизоляцией.



Основы дорожного строительства



1 - дренаж; 2 - водоотводная трубка дренажа; 3 - железобетонные брусья; 4 - каменное заполнение; 5 - пригруз из тощего бетона; 6 - блок сборной конструкции; 7 - опора полумоста

Рисунок 6 - Специальные искусственные сооружения на горных дорогах

Железобетонные подпорные стенки имеют значительно меньшие толщины, чем массивные. Обычно они состоят из вертикальной или наклонной сетки, заделанной внизу в фундаментную плиту (см. рис.35, а). Такие стенки могут быть монолитными или сборными. В сборных конструкциях готовые блоки фундаментной плиты и стенки устанавливают на место и соединяют между собой сваркой арматуры и омоноличиванием. Оригинальная разновидность сборных подпорных стенок имеет вид ряжа, составленного из железобетонных брусьев и заполненного камнем (рис.35, в).

Контрольные вопросы:

1. Назовите виды тоннелей.
2. Какие искусственные сооружения на горных дорогах вам известны.
3. Назначение гидроизоляции тоннелей.

## Лекция 8

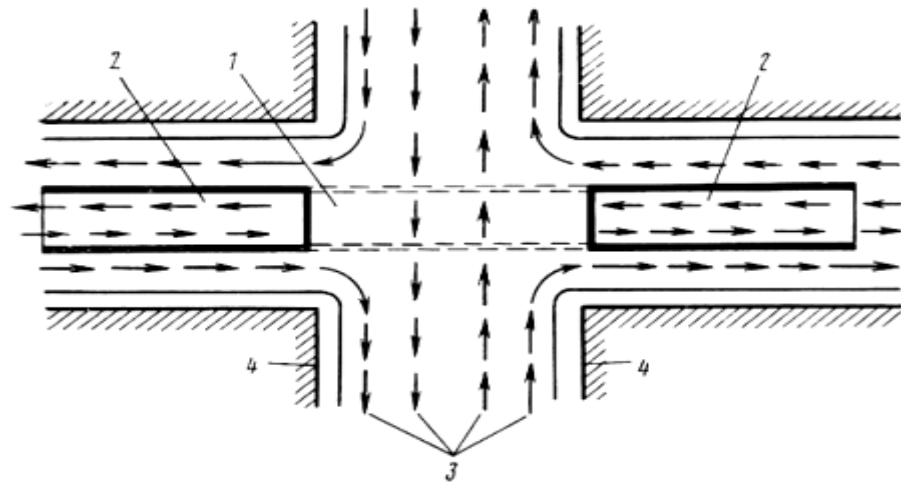
### Тема: Городские дорожные сооружения

Учебные вопросы:

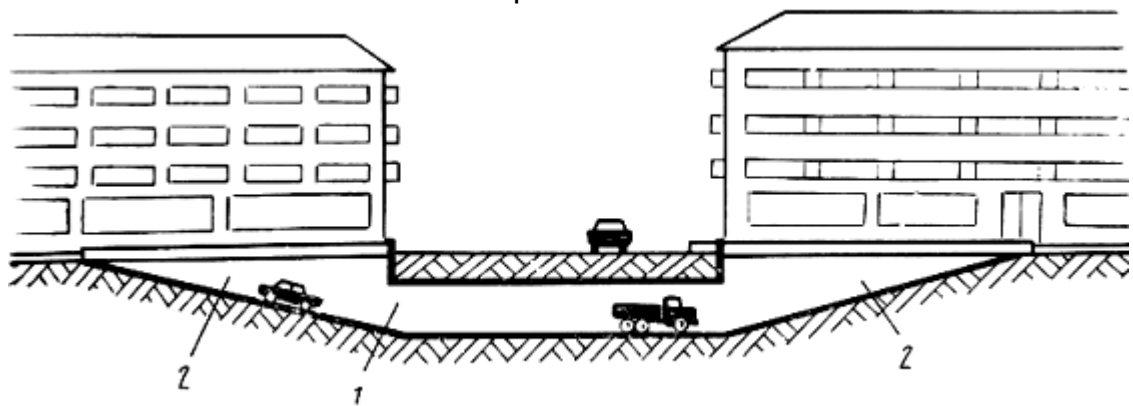
1. Городские тоннели.
2. Подземные пешеходные переходы.
3. Свойства бетона.
4. Арматура.

1 вопрос. Городские тоннели устраивают для пропуска транспортных потоков под улицами или площадями, а иногда и под путями железных дорог. Как правило, такие тоннели имеют мелкое заложение, что позволяет уменьшить их длину и уклоны на въездах. Глубина заложения городских тоннелей зависит также от наличия на месте их устройства подземных коммуникаций (кабелей, трубопроводов). Въезды в тоннели, т.е. рампы (рис. 1) обычно устраивают открытыми в выемках с ограждением подпорными стенками (см. рис.1).

Основы дорожного строительства



1 - тоннель; 2 - рампа; 3 - направление движения автомобилей; 4 - городская застройка.

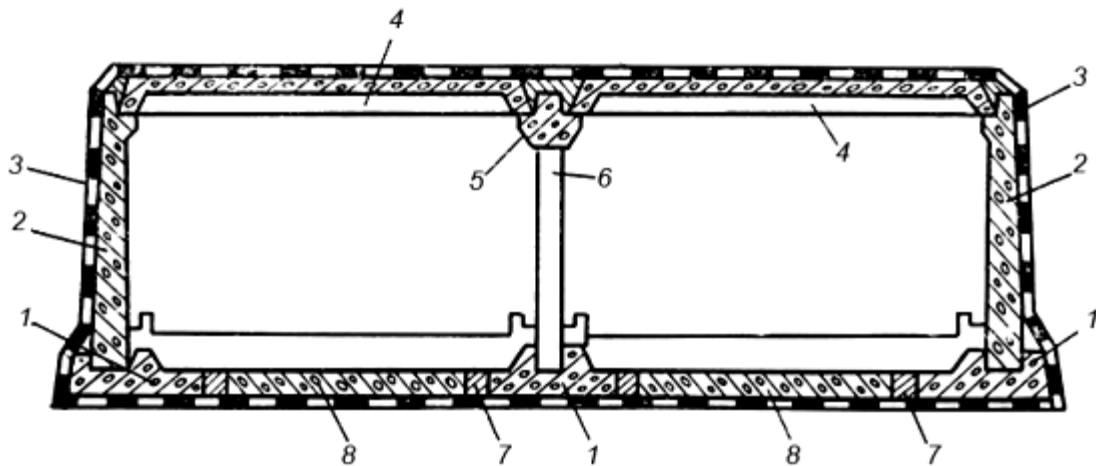


1 - тоннель; 2 - рампа

Рисунок 1 - Схема городских транспортных тоннелей

Транспортные и пешеходные тоннели, как правило, имеют прямоугольное поперечное сечение в виде однопролетной, а для широких тоннелей - двухпролетной конструкции (рис.2) преимущественно из сборного железобетона. Обычно конструкция их состоит из фундаментных блоков, в которых укрепляют стеновые блоки и средние стойки (см. рис.2). Между фундаментными блоками укладывают лотковые, служащие для поддержания покрытия проезжей части, а также для обеспечения замкнутости конструкции тоннеля. На средние стойки укладывают продольный прогон, поддерживающий вместе с боковыми стенками верхнее покрытие из плоских или ребристых железобетонных блоков. Швы между блоками заполняют цементным раствором или бетоном для объединения их в единую конструкцию. Наружную поверхность тоннеля покрывают гидроизоляцией.

Основы дорожного строительства



1 - фундаментный блок; 2 - стеновой блок; 3 - гидроизоляция; 4 - блок перекрытия; 5 - прогон; 6 - средняя стойка; 7 - стык омоноличивания; 8 - лотковый блок.

Рисунок 2 - Схемы городских транспортных тоннелей

Пешеходные тоннели служат для прохода людей под улицами, площадями, а также загородными автомагистралями с интенсивным автомобильным движением. Такие тоннели всегда делают мелкого заложения, чтобы уменьшить высоту лестниц, преодолеваемых пешеходами. На площадях пешеходные тоннели часто сооружают разветвляющимися или комбинируют их с подземным залом. В больших городах подземные тоннели иногда используют для входа на станции метрополитена.

Транспортные и пешеходные тоннели мелкого заложения обычно приходится сооружать на улицах с интенсивным движением. Это требует всемерного сокращения сроков строительства и соответствующей организации работ. При невозможности переноса движения на другие улицы городские тоннели строят участками по их длине, временно закрывая движение на части ширины пересекаемой улицы или площади.

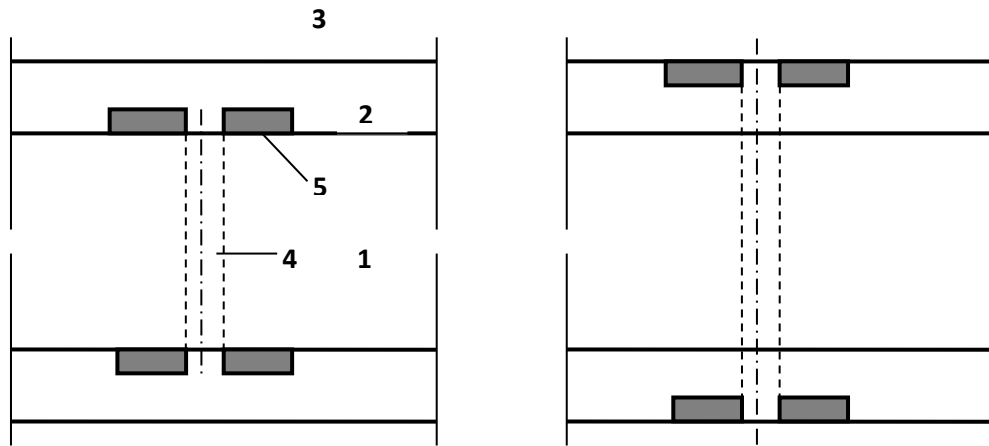
Работы по постройке тоннелей мелкого заложения чаще всего ведут в открытом котловане. При наличии грунтовых вод, а также в стесненных условиях котлованы ограждают шпунтовыми стенками. Для возведения тоннелей мелкого заложения начинают в настоящее время применять и щитовой метод, позволяющий повысить механизацию работ.

Подземные переходы прокладывают в виде тоннелей под проезжей частью улицы с лестничными и пандусными входами и выходами.

Типы подземных пешеходных переходов по своей планировке весьма многообразны в городских условиях и более однотипны на дорогах общего пользования.

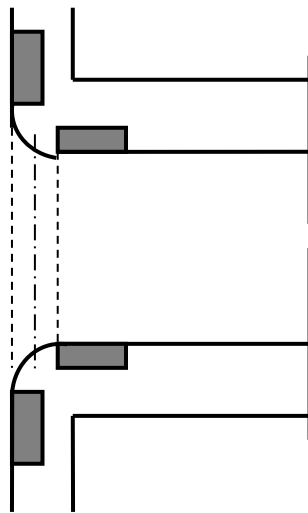
Типы 1 и 2: Переходы с двумя лестничными сходами с каждой стороны улицы.

Основы дорожного строительства

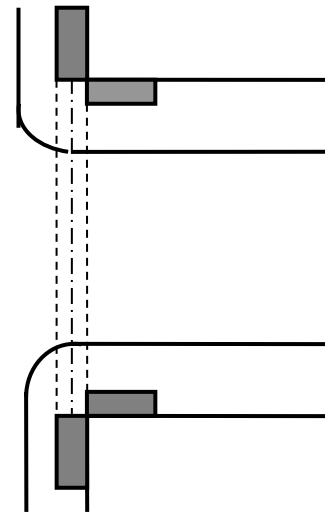


1- проезжая часть; 2- тротуар; 3- застройка; 4- тоннель пешеходного перехода; 5- лестничные сходы.

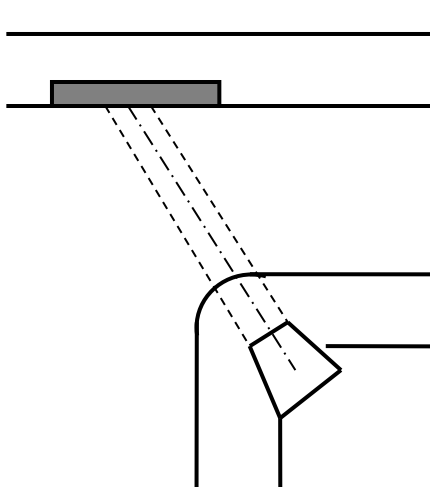
Типы 3 и 4: Переходы с двумя лестничными сходами с каждой стороны, расположенными на тротуарах примыкающих под углом двух улиц.



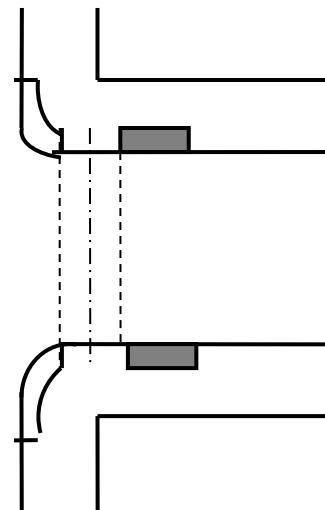
Тип 1а (с раструбным входом)



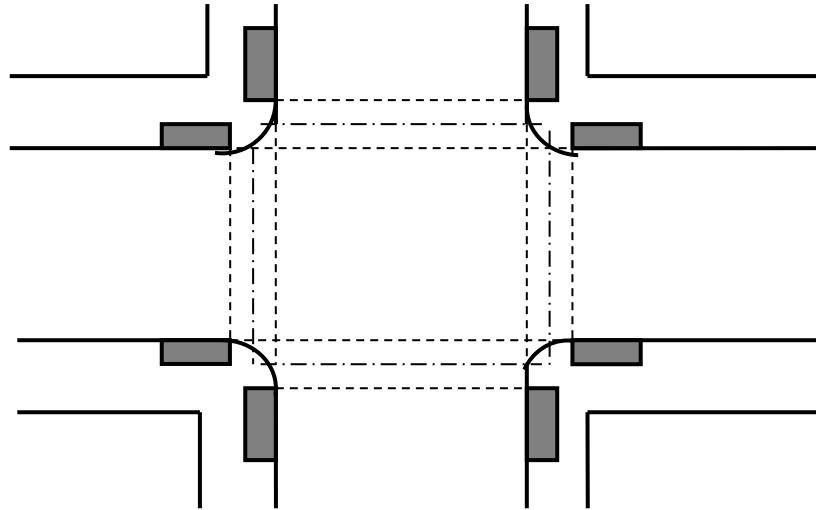
Тип 1б с дугowymi лестничными сходами



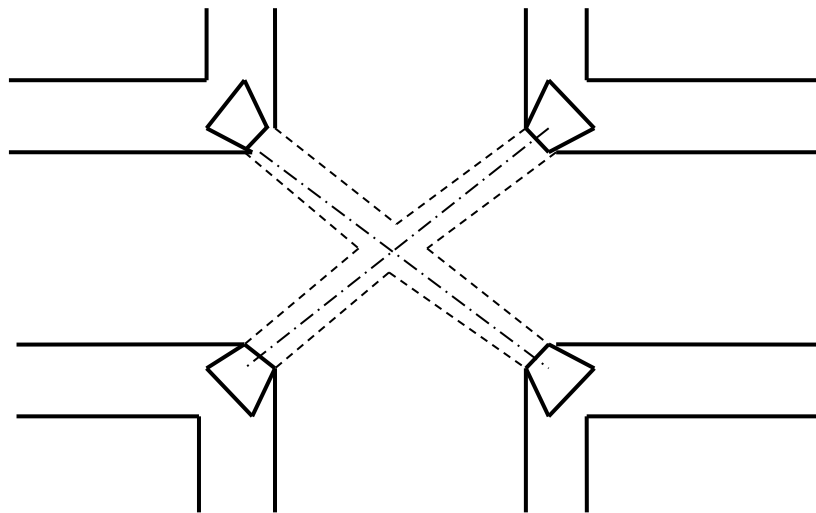
Тип 5а (прямоугольный переход)



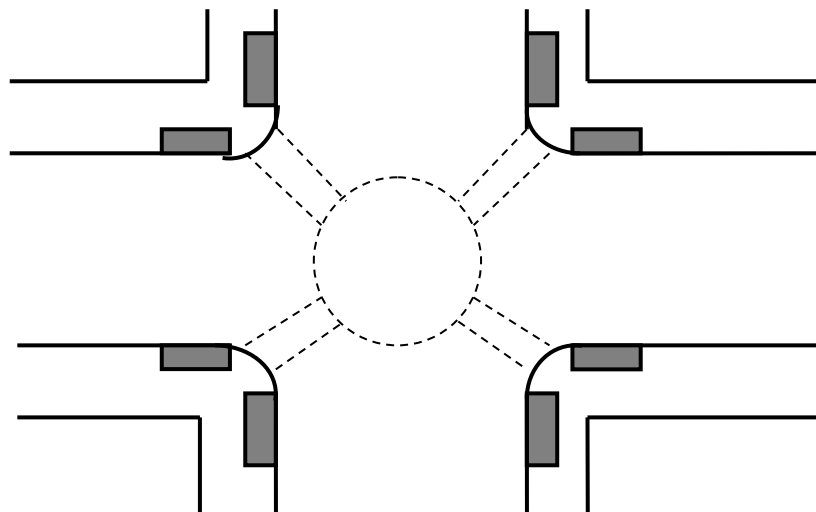
Основы дорожного строительства



Тип 5б (X-образный переход)



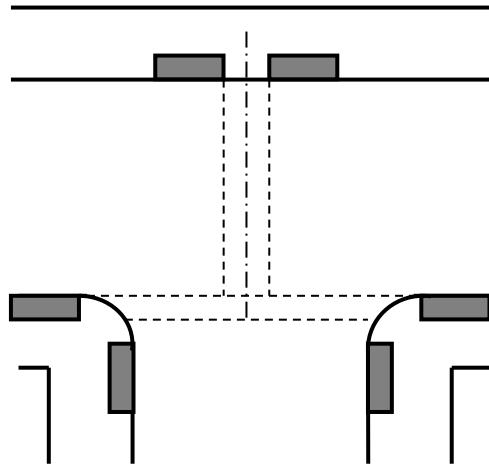
Тип 5 в (переход с центральным залом)



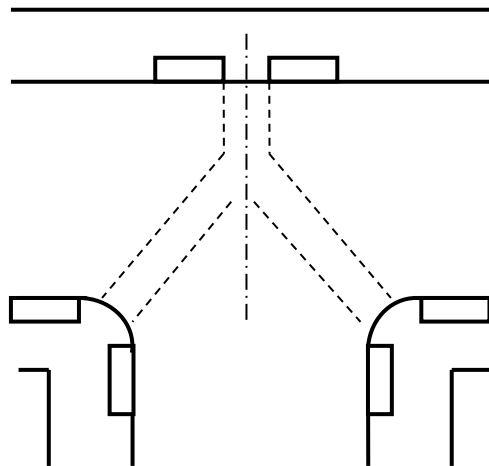
Тип 5 г (переход на Т-образном перекрестке)



## Основы дорожного строительства



Тип 5 д (переход на V-образном перекрестке)



Пешеходный переход и лестничные спуски в него должны по возможности располагаться в створе направлений пешеходного потока. Пути движения пешеходов через переходы должны быть удобны, наиболее короткие, без возвратных направлений.

Основными геометрическими размерами подземных пешеходных переходов являются: ширина тоннеля и отдельных лестниц или пандусов; суммарная ширина лестниц или пандусов; уклон тоннелей, лестничных сходов и длина марша; высота тоннелей; глубина заложения тоннеля; минимальное расстояние от парапета входа до борта проезжей части.

Ширина перехода определяется интенсивностью движения пешеходов в час пик. Ширина полосы движения пешеходов по переходу принимается 1м. Ширина перехода принимается в 4, 6, 8, 10, 12м. При малой интенсивности пешеходного движения принимается также ширина в 2,5 и 3м. минимальная ширина лестничных сходов должна быть 2-2,5м, пандусов 2-2,75м. При размещении входов в переход на тротуаре, ширина оставшегося пространства для транзитных пешеходов должна составлять не менее 3м.

Нормативы глубины заложения тоннеля 3,2 м и высоты потолка 2,2-2,3 м исходят из условий устройства лестничных сходов.

## Основы дорожного строительства

3 вопрос. Ж\б – материал, состоящий из искусственного камня (бетона) и арматуры (стальных стержней). Бетон готовят из цемента, воды, а также заполнителей – песка и щебня или гравия. Бетон обладает высокой прочностью на сжатие (в мостовых конструкциях до 700 кгс/см<sup>2</sup>) и низкой прочностью на растяжение (до 40 кгс/см<sup>2</sup>), что вызывает необходимость применения арматуры в растянутых зонах ж/б конструкций.

Основные свойства бетона, применяемого в мостах: прочность, стойкость против внешних воздействий, сроки твердения, усадка и ползучесть, подвижность бетонной смеси при укладке.

Прочность характеризуется маркой – нормативным сопротивлением сжатию образца размером 20х20х20 см в возрасте 28 суток. Для ж/б мостовых конструкций применяют бетон марок от 200 до 700.

В мостостроении применяется преимущественно конструкционный тяжелый бетон с плотностью от 2200 до 2500 кг/м<sup>3</sup>, реже – мелкозернистый – от 1800 до 2200 кг/м<sup>3</sup> и легкий бетон от 800 до 2000 кг/м<sup>3</sup>, а также ячеистые и специальные напрягающие бетоны. Бетон делится на классы по прочности на сжатие (B20; B25; B27,5; B30; B35; B40; B50; B60), на марки по морозостойкости F200 – для бетона, F300 – для железобетона; F400 – для облицовки, на марки по водонепроницаемости W4 – подводные и подземные конструкции, W6 – водопропускные трубы, укрепления регуляционных сооружений, блоки облицовки опор при температуре выше – 40° , W8 – то же, при температуре ниже – 40°.

В несущих, особенно преднапряженных, конструкциях мостов целесообразно применять высокие марки бетона, для получения которых могут быть использованы следующие пути:

- Применение цементов высоких марок (до 600-700);
- Увеличение расхода цемента (неэкономичный путь, связанный с опасностью увеличения деформаций);
- Уменьшение водоцементного отношения и применение жестких смесей, дающих хорошие результаты, при этом удобоукладываемость бетона обеспечивается введением пластифицирующих добавок, вибропрессование и др.;
- Повышение прочности заполнителей (промывка для удаления глинистых и илистых частиц);
- Подбор заполнителей по гранулометрическому составу: при равномерном составе песка и щебня по крупности пространство между более крупными зернами заполняется более мелкими, причем содержание цементного камня в бетоне уменьшается, а прочность бетона увеличивается.

Марку по морозостойкости назначают в проекте в зависимости от климатических условий, типа конструкции и ее расположения по отношению к уровням воды. Для повышения морозостойкости целесообразно употреблять воздухововлекающие добавки, которые создают мелкие воздушные поры, обеспечивающие свободное расширение воды при замерзании. Для элементов конструкций, подверженных действию агрессивной среды, используют бетон со специальными добавками на сульфатостойких портландцементов или принимают конструктивные и другие меры по защите бетона.

Усадка – свойство бетона уменьшать свои размеры в процессе твердения и высыхания. Это приводит к образованию трещин, если не принять специальных мер.

Ползучесть бетона (способность медленно деформироваться под нагрузкой) приводит к перераспределению внутренних усилий в конструкции, в частности к падению усилий преднапряжения. Подвижность бетонной смеси

Основы дорожного строительства

(удобоукладываемость бетона) имеет большое значение для получения качественных конструкций без раковин, пористых участков и др.

4 вопрос. Арматуру, применяемую в ж/б мостах можно разделить на две группы: ненапрягаемую и получающую предварительное напряжение при изготовлении конструкций. В качестве ненапрягаемой арматуры применяют гладкие круглые стержни  $\varnothing$  до 40 мм из стали класса А1, стержни периодического профиля  $\varnothing$  до 40 мм из стали класса А11 и такие же стержни из низколегированной стали класса А111, а также фасонный прокат из сталей, применяемых для металлических мостов.

Для напрягаемой арматуры применяют пучки из 3-60 стальных круглых проволок  $\varnothing$  3-5мм, обладающих высокой прочностью. Используют гладкую проволоку и проволоку периодического профиля.

Усиление пролетных строений методом установки дополнительной внешней преднапряженной арматуры применяют с целью повышения несущей способности в случаях:

- недостаточной грузоподъемности пролетного строения, построенного по устаревшим нормам или имеющего дефекты и повреждения, снижающие грузоподъемность;
- необходимости увеличения габарита проезда за счет уширения консолей плит крайних балок или устройства накладной плиты (либо другими методами);
- необходимости пропуска по мосту сверхнормативной нагрузки.

Предлагаемый метод усиления дает возможность повысить несущую способность пролетных строений в 1,5-2 раза.

Усилие натяжения арматурных пучков передают на балки с помощью стальных:

- внутренних цилиндрических упоров, устанавливаемых в просверленные в бетоне балки отверстия;
- двусторонних парных накладных упоров, прикрепляемых сквозными болтами к боковым поверхностям балки;
- закладных деталей (опорных плит), устанавливаемых на стенку балки.

| №№ схем | Схема усиления | Область применения   |
|---------|----------------|--|
| I       |                | Усиление балок на действие изгибающего момента и поперечной силы |
| II      |                | Усиление балок на действие изгибающего момента                   |

## Основы дорожного строительства

1 - усиливаемая балка; 2 - плита балки; 3 - уширение в нижней части стенки балки; 4 - омоноличиваемый упор; 5 - отгибающее устройство; 6 – пучок

Рисунок 3 - Рекомендуемые схемы усиления балок пролетных строений и области их применения.

### Контрольные вопросы

1. Какие существуют виды тоннелей?
2. От чего зависит глубина заложения городских тоннелей ?.
3. Из каких элементов состоит схема городских транспортных тоннелей?
4. Виды городских тоннелей.
5. Характеристика бетона.
6. Виды арматуры.
  7. Что такое усадка бетона.
  8. Классы бетона.

## Лекция 9

### Тема: Охрана труда при проведении дорожного строительства и содержание мостовых сооружений

Учебные вопросы:

1. Техника безопасности при строительстве автомобильной дороги.
2. Техника безопасности при работе на строительной технике.
3. Техника безопасности при устройстве дорожных покрытий.
4. Содержание мостовых сооружений.

1 вопрос. Техника безопасности при строительстве автомобильной дороги  
Техника безопасности - система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.

Требования к видимости на дорогах

На прямом горизонтальном участке водитель видит перед собой дорогу на большом расстоянии. Рисунок 1. На кривых в плане и у переломов продольного профиля видимый участок дороги значительно уменьшается. В таких местах при проектировании должна быть специально обеспечена расчётная видимость – расстояние перед автомобилем, на котором водитель должен видеть перед собой дорогу, чтобы, заметив препятствие, осознать его опасность и успеть объехать или затормозить и остановиться. В теории проектирования дорог предложено много схем видимости, учитывающих условие движения автомобилей, а также расположение автомобилей и препятствий на дороге. Их можно разделить на 2 группы:

- схемы, предусматривающие остановку автомобиля перед препятствием или встречным автомобилем;

- схемы, исходящие из объезда автомобилем препятствия или обгона попутного автомобиля с заездом на смежную полосу движения. В зависимости от исходных предпосылок может рассматриваться остановка автомобиля перед препятствием или встречное движение двух автомобилей по одной полосе. В последнем случае расстояние видимости складывается из суммы тормозных путей двух автомобилей и зазора безопасности между ними. Многочисленные схемы для расчёта видимости из условия обгона основаны на определении пути,

Основы дорожного строительства

необходимого для обгона автомобиля, едущего с меньшей скоростью, более быстрым, и неизбежно содержат ряд допущений о режимах и траекториях движения автомобилей. Наблюдаемые на практике режимы движения при обгоне зависят от многих факторов и не могут быть охвачены какой-либо одной схемой. Поэтому целесообразно исходить из схем, достаточно простых и обеспечивающих запас надёжности.

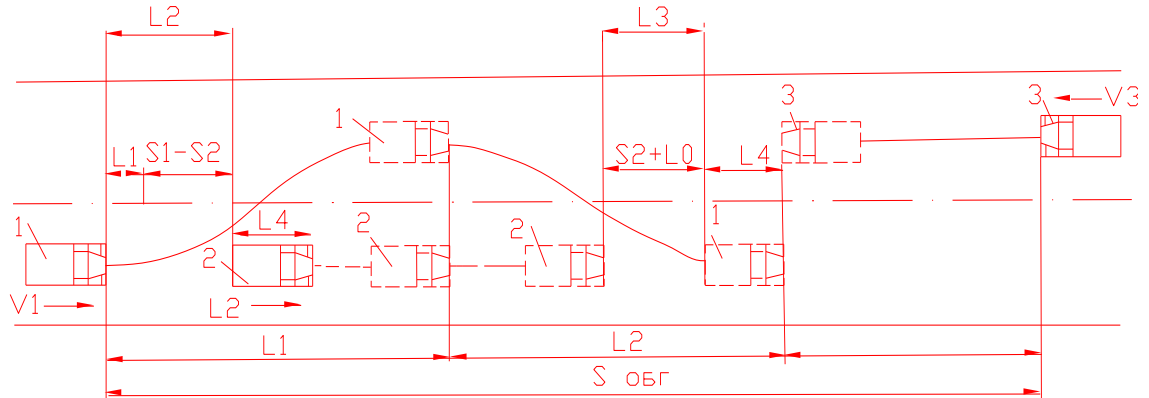


Рисунок 1

Обеспечение безопасности при устройстве насыпи земляного полотна.

Основным требованием, предъявляемым насыпям следует считать обеспечение надежности и устойчивости земляного полотна во время строительства и эксплуатации дороги.

На надежность и устойчивость насыпи прежде всего влияет ее конструкция, принимаемая в зависимости от рельефа местности, влажности основания, типа грунтов, высоты насыпи и др. Прочность земляного полотна и нормальная работа дороги зависят также от крутизны откосов, принимаемой в зависимости от типа грунта и крутизны насыпи.

2 вопрос. Техника безопасности при работе на строительной технике

Техника безопасности при работе бульдозером

При работе с бульдозерами всех типов необходимо соблюдать следующие правила безопасности:

1. Оператор должен внимательно следить за режущей кромкой отвала и при обнаружении значительных препятствий остановить машину.

Во время перемещения грунта на подъеме необходимо следить за тем, чтобы отвал не врезался в грунт. Уклоны, на которых допускается работа, не должны превышать 20-25° при подъеме и 35° при спуске.

При сталкивании бульдозером грунта под откос запрещается выдвигать отвал за бровку откоса насыпи, так как это может привести к оползанию машины вниз.

Во избежание поломок и опрокидывания запрещается поворачивать бульдозер с загруженным или заглубленным отвалом. Работа бульдозера в глинистых грунтах в дождливую погоду не разрешается.

Работа бульдозера в пересеченной местности или переезд на плохой дороге разрешается только на первой и второй передаче трактора.

Монтаж навесного оборудования бульдозера нужно вести под присмотром механика.

Категорически запрещается до полной остановки двигателя машины и выключения мотора находиться в пространстве между трактором и рамой бульдозера, между трактором и отвалом, или забегать под трактор. При случайной



## Основы дорожного строительства

остановке бульдозера во время работы нельзя оставлять его с поднятым отвалом, а нужно опускать последний на землю.

Поднимать тяжелые части бульдозера следует только исправным домкратом.

Особое внимание должно быть уделено безопасности в момент включения муфты сцепления и рукояток управления.

Техника безопасности при работе экскаватора

Экскаватор является одной из наиболее сложных машин, работающих к тому же в очень тяжелых условиях. Экскаватор работает обычно совместно с транспортными средствами, которые подают под погрузку и убирают после загрузки. Эти обстоятельства увеличивают возможность несчастных случаев, причинами которых может быть неправильная организация и содержания рабочего места экскаватора, забоя, неправильная эксплуатация самого экскаватора и обслуживающих его транспортных средств, а так же нарушение требований безопасности при ремонтах. Площадка на которой устанавливается для работы экскаватор, должен быть ровной и горизонтальной. Гусеницы экскаватора необходимо затормозить. Закрепить экскаватор подкладыванием под гусеничные ленты или катки гусениц досок, бревен, камней и других предметов запрещается. Устанавливать экскаватор нужно с таким расчетом, чтобы расстояние между забоем и кабиной при любом ее положении было не менее 1 м.

До начала работы экскаватора любого типа проверяют состояние грунта, а при работе обратной лопатой и драглайн - так же устойчивость откоса выемки или траншеи.

Перед перемещением экскаватора в забой предварительно выравнивают путь его следования и убирают все имеющиеся на нем препятствия.

Во время перемещения экскаватора в слабых грунтах к перекладке щитов на которые установлен экскаватор. Это осуществляется с помощью ковша экскаватора, для чего ковш экскаватора, для чего ковш снабжают специальным приспособлением.

Очертание забоя при экскаваторных работах зависит от вида применяемого сменного оборудования. Забой представляет собой стенку, возвышающуюся над поверхностью стояния экскаватора и наклоненную под углом естественного откоса грунта в сторону от экскаватора.

Вертикальные или близкие к ним стенки забоя допускаются лишь в плотных грунтах.

Забой от обратной лопаты представляет собой поверхность, находящуюся ниже поверхности стояния экскаватора и образующую торцовую стенку траншеи, на бровке которой находился экскаватор.

Высоту забоя прямой лопаты принимают равной максимальной высоте копания ковша. Обязательным условием является удаление свесов (козырьков), могущих при обрушении засыпать экскаватор или людей, обслуживающих его. Во избежание несчастных случаев при обрушении стенки забоя воспрещается нахождение людей на его бровке в пределах призмы обрушения или внизу вблизи стенки забоя.

Машинист экскаватора обязан следить за состоянием забоя и при возникновении опасности обрушения немедленно отвести экскаватор в безопасное место и поставить об этом в известность производителя работ.

Извлеченные из грунта крупные камни и предметы надо размещать так, чтобы они не мешали быстрому отходу экскаватора от забоя в случае необходимости. В зимнее время необходимо применять меры против промерзания

## Основы дорожного строительства

грунтов забоя, отогревать его пропариванием, рыхлить специальным оборудованием (шорами, клиньями).

- Ответственным за соблюдение правил техники безопасности и противопожарных правил при работе экскаватора является сменный машинист, который обязан следить за выполнением этих правил всеми рабочими, обслуживающими экскаватор и транспортные средства.

Во время работы машинист не должен оставлять экскаватор, а при необходимости кратковременной отлучки должен поручить наблюдение за ним ответственному лицу.

Каждый экскаватор необходимо оборудовать звуковой сигнализацией без чего эксплуатация запрещается. Сигнал нужно подавать перед началом работы машины, с изменением характера работы, а так же перед перемещением экскаватора. Таблицу со значением сигналов вывешивают на видном месте и знакомят с ней всех рабочих, обслуживающих экскаватор и транспортные средства. Для входа в кабину экскаватора устраивают лестницу с перилами высотой не менее 1 м. В зимнее время лестницу счищают от снега и льда и посыпают песком или золой. Для обслуживания механизмов, находящихся внутри кабины экскаватора, устанавливают в случае необходимости трапы, лестницы, ступеньки и прочее, которые - должны содержаться в исправном состоянии. Кабину экскаватора запрещается загромождать посторонними предметами. Пребывать в кабине экскаватора разрешается только лицам, занятым непосредственно управлением экскаватора и обслуживанием его механизмов, а так же лицам обучающимся этому.

В ночное время забой, место погрузки и кабина экскаватора должны: быть освещены.

Во избежание пожара запрещается хранить топливо в кабине экскаватора. Топливо должно храниться в плотно закрытых металлических бочках, расположенных на расстоянии не менее 20 метров от экскаватора.

До начала работы сменный машинист, принимающий машину должен осмотреть экскаватор, обращая внимание на общее состояние машины, проверить надежность болтовых и заклепочных соединений. Машинист должен проверить достаточно ли воды в системе охлаждения и масла в картере двигателя. Затем проверяется состояние смазки экскаватора и наличие в необходимых местах ограждения вращающихся частей.

Перед пуском экскаватора в ход должен быть дан сигнал свистком или сиреной. Пуск экскаватора в ход заключается в пуске двигателя и последующем включении соответствующих механизмов. В процессе работы экскаватора, оборудованного прямой лопатой, необходимо соблюдать следующие требования техники безопасности.

Не допускать чрезмерного врезания ковша в грунт при наполнении.

Это создаст изменение нагрузки на его зубья, вследствие чего задняя часть на бок. Во время подъема ковша прямой лопаты не допускается упор блока ковша в блок стрелы.

При опускании ковша нельзя производить напорного движения, так как это вредно отражается на канатах. При опускании стрелы или ковша нельзя допускать ударов об их раму или гусеницу, а так же ударов ковша о грунт.

При пробивке траншеи экскаватором необходимо следить, чтобы при повороте на выгрузку хвостовая часть не задевала о стенку забоя. Имеющиеся в забое препятствия, могут вызвать перегрузку ковша или его повреждения.

## Основы дорожного строительства

Запрещается кому-либо находиться в зоне действия экскаватора, в частности запрещается вести разного рода подсобные работы и выравнивать площадку в радиусе 15 метров. По окончании работы машинист обязан: поставить поворотную платформу так, чтобы ковш был отведен от стенки забоя; повернуть стрелу вдоль оси экскаватора и опустить ковш на грунт, остановить двигатель и поставить все рычаги в нейтральное положение; очистить экскаватор от грязи и пыли; осмотреть механизмы и устранить все обнаруженные неисправности; уходя, передать машину сменщику или закрыть ее на замок.

Для уплотнения грунтов используют различные катки и трамбующие плиты. Начинать земляные работы, в местах где имеется подземное хозяйство (кабели, трубопроводы, и пр.) можно только при получении письменного разрешения соответствующих организаций.

В этих случаях принимают все меры предосторожности, усиливают технический надзор и дополнительно инструктируют рабочих. В местах проложения электрических кабелей, высоконапорных водопроводных магистралей и газопроводов не разрешается применять металлические инструменты, так как они могут вызвать повреждение кабеля. Надо использовать деревянные лопаты, окованные листовой сталью.

При обнаружении на разрабатываемых участках коммуникаций и сооружений, не предусмотренных проектом организации работ, необходимо приостановить работы впредь до точного выяснения и принятия соответствующих мер предосторожности.

Рабочие должны быть проинформированы о методах борьбы с вредными газами, способах индивидуальной защиты. Для защиты от газов рабочие должны быть обеспечены достаточным количеством противогазов и индикаторов. При неожиданном обнаружении газов работы должны быть немедленно прекращены, а рабочие удалены от пораженного места.

Крепления откосов земляного полотна, выемок, стенок ежедневно до начала работ осматриваются ответственными лицами. Обнаруженные дефекты исправляют, а слабые места усиливают до начала работы.

За участками, где возможны сдвиги и оползни земляных масс, устанавливают ежедневные наблюдения.

При прокопке траншей и котлованов в местах общественного пользования, вблизи мест работ, а так же вдоль рельсовых путей устанавливают ограждения с предупреждающими надписями. В ночное время огражденные места освещаются. Во время прогрева грунта пропариванием паровыми иглами или турбинами должны приниматься меры против ожогов рабочих паром. Размещение штабелей материалов допускается не ближе 0,5 метров от бровки выемки. Разравнивают грунт автогрейдерами и бульдозерами, уплотнять грунт можно трамбовкой или укаткой. Опасные моменты во время работы прицепных пневмокотков могут возникнуть при прицепке одноосного пневмокотка к тягачу и при загрузке катка балластом. Прицепка одноосного пневмоколесного катка к тягачу разрешается только при незагруженном кузове. При этом переднюю часть катка поднимают только при помощи подъемного устройства. Нахождение кого-либо во время прицепки сзади кузова катка запрещается. Загружать катки балластом нужно до снятия домкратов. В процессе укатки прицепным катком запрещается движение тягача задним ходом. Во время укатки высокой насыпи расстояние между краем насыпи и ходовыми частями тягача должно быть не менее 1,5 метров. Отцеплять катки можно только после полной остановки трактора.

## Основы дорожного строительства

Безопасность при укрепительных работах достигается соблюдением осторожности во время подачи камня, плит, а так же других материалов. Подачу материалов необходимо максимально механизировать. При подаче на укрепляемый откос материалов необходимо прекратить доступ рабочих в зону, где возможно падение материалов. Для прохода рабочих и подноски материала откосы должны быть оборудованы стремянками. При сварке концов арматуры, выступающих из плит, нужно соблюдать требования безопасности при сварочных работах и принимать меры, предупреждающие возможность падения сварщика с откоса.

### 3 вопрос. Техника безопасности при устройстве дорожных покрытий

Безопасность при работе машин для укладки асфальтобетона обеспечивается соблюдением общих правил техники безопасности при обслуживании машин, перемещающихся в процессе работы, эксплуатации двигателей внутреннего сгорания и электрооборудования, ограждением вращающихся частей. Кроме того необходимо соблюдать требования для используемых машин. При распределении вяжущего материала автогудронатором, в связи с высокой температурой распределяемых материалов, возникает опасность получения ожогов, кроме того, автогудронатор представляет собой значительную пожарную опасность, так как он имеет два бензиновых двигателя, систему подогрева и огнеопасный груз. Поэтому при работе авто-гудронатора, помимо соблюдения требований безопасности, связанных с эксплуатацией машины и с обслуживанием двух бензиновых двигателей, необходимо:

- при наборе вяжущего материала на базе надежно присоединить шланг к всасывающему патрубку, об окончании набора материала гудронаторщик должен сообщить водителю и лишь после этого разрешается выезд к месту розлива;
- зажигать и регулировать форсунки только находясь сбоку от них, в противном случае возможен ожог;
- до начала розлива форсунки погасить и закрыть вентили трубопровода подачи топлива.

Категорически запрещается, кому бы то ни было находиться во время розлива ближе 10 метров от распределительных труб, так как возможны тяжелые ожоги горячим битумом.

Для предупреждения несчастных случаев при работе автогудронатора особую роль играют знание и строжайшее выполнение противопожарных правил. Автогудронатор должен быть снабжен огнетушителем, помещенным в кабине водителя.

Асфальтобетонные смеси укладываются специальными самоходными укладчиками. До начала работы необходимо убедиться в исправности конвейерного питателя асфальтоукладчика и всех механизмов машины. При загрузке бункера во избежание ожогов горячей смесью воспрещается находиться вблизи стенок бункера. При опускании навесной части оператор должен убедиться в отсутствии людей сзади машины.

Рабочие должны быть предупреждены о получении ожогов в случае прикосновения к кожуху находящемуся над выглаживающей плитой. Требования безопасности к разравниванию готовой смеси зависят от выбора применяемых машин. В данном проекте применяется асфальтоукладчик, который выпускают до пуска погрузчика и устанавливают таким образом, чтобы готовая смесь из мешалки попадала прямо в бункер укладчика.

До начала работ по устройству покрытия участок ограждают и оформляют объезд, по которому направляют движение. Ввиду работы машин -

## Основы дорожного строительства

асфальтоукладчиков, катков, и грузовых автомобилей, доставляющих асфальтобетонную смесь, для рабочих занятых на укладке, намечают безопасные места для их работы, а также схему вывода и входа в рабочую зону асфальтоукладчика.

В ночное время место работ должно быть освещено прожекторами и фонарями. Все рабочие должны иметь специальную одежду установленного образца и обувь для работы с горячими материалами, рукавицы.

Запрещается работа при неисправном звуковом сигнале. При одновременной и совместной работе двух или более асфальтоукладчиков дистанция между ними должна быть не менее 10 метров.

По характеру конструкции и технологии рабочего процесса катки могут представлять опасность тогда, когда не соблюдаются элементарные правила осторожности, связанные с обслуживанием движущихся машин, когда отсутствуют ограждения вращающихся частей и когда не выполняются правила безопасности при обслуживании двигателей внутреннего сгорания.

4 вопрос. В состав работ по содержанию мостовых сооружений включаются:

- надзор, состоящий из определенной системы наблюдения, с целью своевременного обнаружения повреждений и дефектов, снижающих транспортно-эксплуатационные качества сооружения, или предупреждения возможности возникновения этого явления;

- уход – комплекс организационных и технических мероприятий по сбору и удалению с мостового сооружения вредных веществ и посторонних предметов для предотвращения образования дефектов и повреждений, обеспечивающий надлежащее состояние сооружению и его внешнему виду;

- профилактика – предупредительные меры для поддержания мостового сооружения в исправном и работоспособном состоянии, обеспечивающие устранение небольших дефектов на стадии, когда они не являются опасными для сооружения (грузоподъемности, безопасности движения и долговечности) и требуют для их устранения минимальных затрат (износ элементов сооружения не превышает 10 %);

- планово-предупредительный ремонт (ПНР) обеспечивает устранение дефектов на ранней стадии износа элементов сооружения (до ~ 25 %) при относительно малых денежных затратах и предупреждает снижение грузоподъемности, безопасности движения и долговечности сооружения.

Работы по уходу за сооружениями отнесены к группе так называемых нормативных работ, т.е. работ, которые выполняют на всех сооружениях постоянно в течение года (сезона). Работы нормативного содержания направлены прежде всего на поддержание сооружения в чистоте, обеспечение безопасности движения и являются обязательными независимо от типа и состояния сооружения и выполняются регулярно в соответствии с установленной периодичностью. Нормативные работы оплачиваются по соответствующим нормативам, установленным Росавтодором. Однозначно определенный уровень требований позволяет в любое время оценить качество выполнения нормативных работ по содержанию мостовых сооружений.

Периодичность работ по уходу за мостовыми сооружениями определяется действительными условиями эксплуатации и состоянием элементов конструкций и может колебаться от ежедневных работ до еженедельных и реже. Средние значения периодичности этих работ учитываются при определении денежных нормативов на содержание мостовых сооружений. Работы по очистке элементов сооружений в летний и осенний периоды проводят с учетом местных условий с



### Основы дорожного строительства

апреля по октябрь. Периодичность работ по уборке снега, борьбе с зимней скользкостью на мостах и подходах следует принимать с учетом климатологических данных (количество и интенсивность твердых и смешанных осадков, количество дней с гололедом и т.д.) из условия максимальной толщины слоя рыхлого снега на проезжей части не более 10 мм. В среднем денежные затраты на нормативные работы по содержанию составляют 0,8-1,0 % от стоимости нового строительства сооружения.

### Контрольные вопросы

1. Какие мероприятия проводятся для безопасности при работе на строительной технике?
2. Какие мероприятия проводятся для безопасности при работе при устройстве дорожного полотна?
3. Что входит в состав работ по содержанию мостовых сооружений?