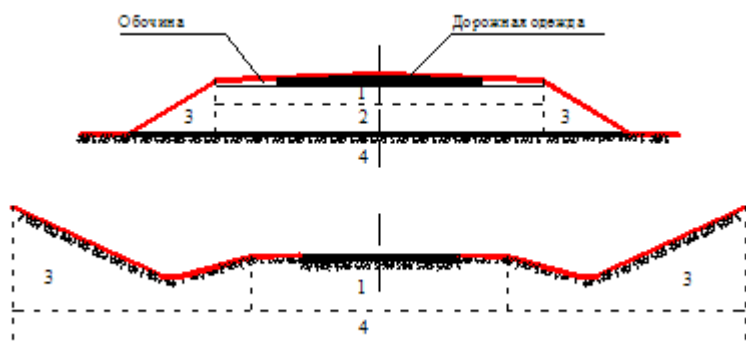


Тема: "Земляное полотно автомобильной дороги"

Земляное полотно – это конструктивный элемент автомобильной дороги, обеспечивающий её проектное положение, прочность, устойчивость, незаносимость и безопасность движения по ней.

Элементы земляного полотна



- 1 – Рабочий слой
(верхняя часть земляного полотна)
- 2 – Ядро насыпи
- 3 – Откосные части
- 4 – Основание насыпи (выемки)

автомобильной дороги

Материалы для земляного полотна

- грунт из выемки;
- грунт из притрассового резерва;
- грунт из сосредоточенного карьера.

Существует две группы грунтов: скальные и нескальные.

Скальные грунты – каменные породы, залегающие монолитными мощными напластованиями.

Нескальные грунты – образовавшиеся в результате разрушения скальных грунтов, органических и неорганических процессов и деятельности человека.

Подгруппы нескальных грунтов:

- крупнообломочные:
 - валунный (содержание фракции более 200 мм свыше 50%);
 - галечниковый (содержание фракции более 10 мм свыше 50%);
 - гравийный (содержание фракции более 2 мм свыше 50%);
- обломочные песчаные:
 - песок гравелистый (содержание фракции более 2 мм свыше 25%);
 - песок крупный (содержание фракции более 0,5 мм свыше 50%);
 - песок средней крупности (содержание фракции более 0,25 мм свыше 50%);
 - песок мелкий (содержание фракции более 0,1 мм свыше 75%);
 - песок пылеватый (содержание фракции более 0,1 мм менее 75%);
- обломочные глинистые:

Тип глинистого грунта	Число пластичности	Разновидность по зерновому составу	Содержание песчаных частиц размером 2-0,25 мм, % по массе
Супесь	1 - 4	Лёгкая крупная	> 50
	1 - 4	Лёгкая	> 50
	4 - 7	Пылеватая	20 - 50
	4 - 7	Тяжёлая пылеватая	< 20
Суглинок	7 - 12	Лёгкий	> 40
	7 - 12	Лёгкий пылеватый	< 40
	12 - 17	Тяжёлый	> 40
	12 - 17	Тяжёлый пылеватый	< 40

Глина	17 - 27	Песчаная	> 40
	17 - 27	Пылеватая	< 40
	> 27	Жирная	Не нормируется

Примечание. При содержании в грунте 25 – 50 % частиц крупнее 2 мм к наименованию грунта добавляется слово “гравелистый” при окатанных или “щебенистый” при неокатанных частицах. При содержании 15 – 25 % частиц крупнее 2 мм указывается соответственно “с гравием” или “со щебнем”.

-органические грунты – торфы и илы – обладают значительной склонностью к объёмным изменениям при колебаниях влажности.

Пылеватые грунты с большим содержанием мелких фракций (менее 0,25 мм) подвержены зимнему влагонакоплению, морозному пучению и обладают большой величиной капиллярного поднятия, вследствие большой поверхностной активности мелких частиц.

Гравийные и песчаные грунты водонепроницаемы и не склонны к накоплению влаги при промерзании. Однако из-за малой сопротивляемости размыву дождевой водой и развеиванию ветром откосы насыпей и выемок в песчаных грунтах необходимо укреплять.

Супесчаные грунты содержат небольшое количество глинистых частиц, достаточное для придания им связности в сухом состоянии. При увлажнении супесчаные грунты сохраняют сопротивление нагрузкам, необходимое для устойчивости земляного полотна.

Глинистые грунты обладают значительной связностью и очень малой водопроницаемостью, в связи с чем они медленно насыщаются водой и столь же медленно просыхают. Уплотнённые при оптимальной влажности, глинистые грунты практически водонепроницаемы и мало подвержены пучению.

Расположение грунтов в теле насыпи

При разработке дорожно-строительными машинами, естественное сложение грунтов нарушается, они раздробляются на отдельные комки. При недостаточном уплотнении грунта, вода просачивается в насыпь по порам между крошками и вызывает его быстрое размокание.

Наклонные слои связных грунтов, оказавшихся в теле насыпи, особенно, если они подверглись уплотнению проездом в период строительства, могут образовывать при увлажнении поверхности скольжения, по которым происходит оползание части насыпи. Поэтому при использовании грунтов различного и свойств необходимо соблюдать определённые правила размещения их в теле насыпи, обеспечивающие устойчивость земляного полотна.

Разнородные грунты следует размещать в насыпи горизонтальными слоями, менее водопроницаемые в нижних слоях, хорошо дренирующие – в верхних; исключением являются случаи, когда дренирующий грунт предназначен для прерывания капиллярного поднятия воды в насыпь из переувлажнённого основания.

Поверхностям слоёв водонепроницаемых грунтов придают двухскатный профиль с уклоном 40 промилле, что обеспечивает сток из насыпи просачивающейся воды; из слоёв водопроницаемых грунтов должен быть обеспечен вывод воды.

Не следует отсыпать насыпи в виде замкнутого ядра из одного грунта, прикрытого сверху и с боков другим грунтом, за исключением случаев уширения земляного полотна при реконструкции дорог, когда для устойчивости присыпной части предусматривают специальные мероприятия; не разрешается уширение водонепроницаемым грунтом насыпей из дренирующего грунта.

Воспрещается бессистемная, случайная отсыпка различных по свойствам грунтов, при которой в теле насыпи могут образовываться водонасыщенные линзы и увлажнённые наклонные поверхности, по которым возможно оползание.

Виды деформаций насыпей:

- осадка от уплотнения грунта в теле насыпи;
- деформация осадки от растекания переувлажнённого грунта;
- оползание откоса насыпи;
- смещение насыпи по косоугору;
- осадка со сжатием грунта основания;

- осадка из-за выжимания слабого основания;
- смещение из-за оползания склона.

Виды деформаций выемки:

- оползание откосов;
- выжимание слабого грунта.

Требования к степени уплотнения грунта земляного полотна

Необходимая степень уплотнения земляного грунта в теле насыпи, при которой не происходит дальнейших деформаций, зависит от напряжений, действующих в грунте при эксплуатации дороги.

Степень уплотнения грунта характеризуется объёмным весом твёрдой фазы (скелета грунта). Таким образом, для того, чтобы в теле насыпи не возникли просадки грунта от уплотнения, его плотность должна соответствовать напряжениям, действующим внутри насыпи.

Потребную степень уплотнения грунта в разных слоях насыпи назначают в соответствии с действующими в её пределах напряжениями.

Требования к степени уплотнения σ_n грунта в земляном полотне выражают в долях от оптимального уплотнения σ_0 :

$$\sigma_n = k \sigma_0, \text{ где}$$

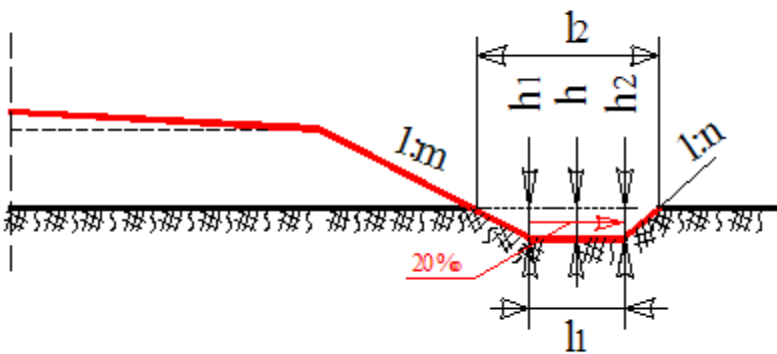
k – коэффициент оптимального уплотнения.

Величина коэффициента уплотнения в зависимости от условий работы части земляного полотна, глубины расположения слоя, дорожно-климатической зоны колеблется от 1,05 до 0,90.

Подсчёт объёмов земляных работ

При использовании грунта из выемки для возведения насыпи должно выполняться условие $V_n = V_v$, т. е. Необходимо стремиться к нулевому балансу земляных работ.

Определение размеров резервов



- h – не более 1,5 м;
- уклон дна 20 промилле в направлении от оси дороги;
- при $l_1 > 10$ м - принимается двухскатный резерв с уклонами к середине;
- крутизна внутреннего откоса резерва равна крутизне откоса насыпи;
- крутизна внешнего откоса резерва принимается 1:4 – 1:6.

Размеры резерва определяются из равенства площади резерва и среднего значения площади насыпи F_{cp} для рассматриваемого участка.

$$\omega = l_1 h + \frac{h^2}{2} (m + n);$$

$$F_{cp} = B H_{cp} + m H_{cp}^2 - (b + 2c') h_{до} - 2c''' h_y$$

- где l_1 [м] – ширина резерва понизу;
- h [м] – средняя глубина резерва;
- m и n [1] – коэффициенты заложения откосов;

B [м] – ширина земляного полотна;
 C' [м] – ширина краевой полосы;
 $h_{до}$ [м] – толщина дорожной одежды;
 C''' [м] – ширина обочины за краевой полосой;
 h_y [м] – толщина укрепления обочины;
 H_{cp} [м] – средняя высота насыпи на участке:

$$H_{cp} = \frac{\sum H}{n}$$

При двухстороннем резерве:

$$\omega = \frac{F_{cp}}{2};$$

$$l_1 h + \frac{h^2}{2} (m + n) = \frac{F_{cp}}{2};$$

$$h_1 = h - \frac{l_1}{2} i = h - 0,01 \times l_1$$

$$h_2 = h + 0,01 \times l_1;$$

$$l_2 = l_1 + m h_1 + n h_2$$

- ширина резерва поверху

Определение объёмов земляных работ

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} \times L - \frac{m(H_1 - H_2)^2}{6} \times L$$

где F_1, F_2 – площади земляного полотна в смежных сечениях;

L – расстояние между сечениями;

H_1, H_2 – рабочие отметки в смежных сечениях;

Для расчёта объёмов земляных работ используется ЭВМ или таблицы Митина, при этом вводятся поправки на устройство проезжей части и снятие растительного слоя.

Тема: "Система дорожного водоотвода"

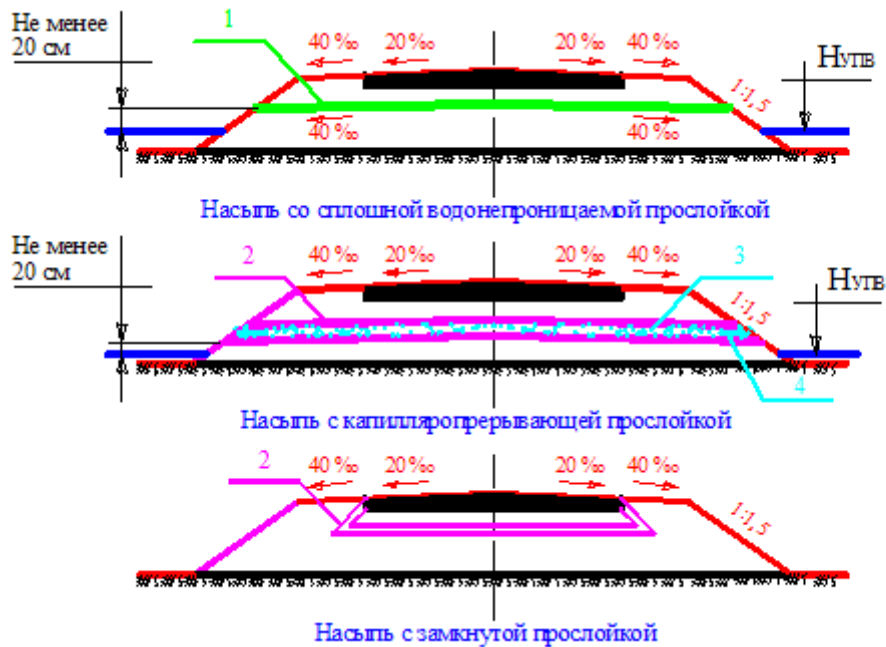
При насыщении земляного полотна водой, его прочность резко снижается.

Для предупреждения проникания воды в земляное полотно предусматривают сооружения, совокупность которых носит название системы дорожного водоотвода.

Конструктивные мероприятия и сооружения для отвода воды от автомобильной дороги

Капиллярпрерывающие и дренирующие слои

Прослойки из водонепроницаемых материалов (битума, грунта, обработанного битумом, полиэтиленовые плёнки) устраивают на всю ширину земляного полотна. При большой ширине земляного полотна, допускается устройство замкнутых дренирующих прослоек.

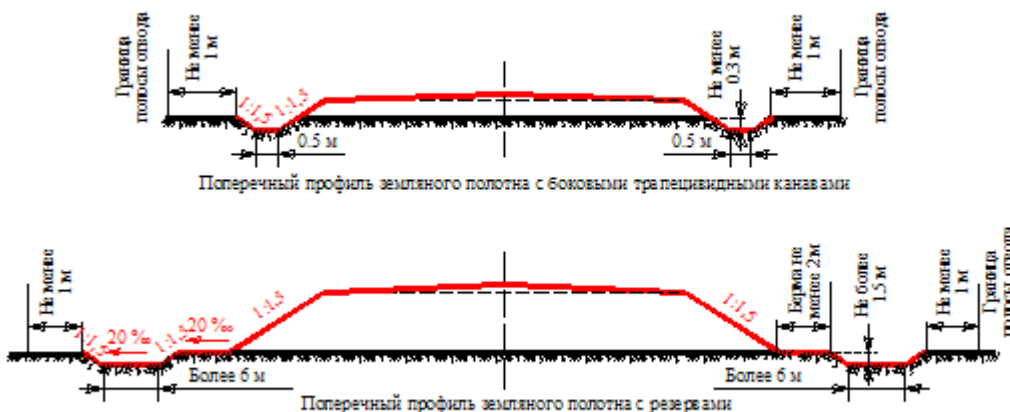


- 1 – грунт, обработанный органическими вяжущими материалами, или полиэтиленовая пленка;
- 2 – изолирующий слой мелкого гравия;
- 3 – слой гравия, щебня или мелкозернистого песка;
- 4 – крупный гравий или щебень

Капилляропрерывающие прослойки устраивают толщиной не менее 10 – 15 см из крупнозернистого песка или гравия, обладающих малой высотой капиллярного поднятия, располагая их по всей ширине земляного полотна. Для предохранения от загрязнения, сверху и снизу прослойки укладывают слой мелкого гравия толщиной не менее 3 – 5 см.

Поверхностям покрытия автомобильной дороги, конструктивным слоям дорожной одежды и слоям грунтов в теле насыпи придают поперечный уклон, что способствует отводу воды и осушению грунтов земляного полотна и материалов дорожной одежды.

Дальнейший отвод воды в пониженные места рельефа осуществляется посредством водоотводных канав, кюветов и резервов.



Дренажные устройства

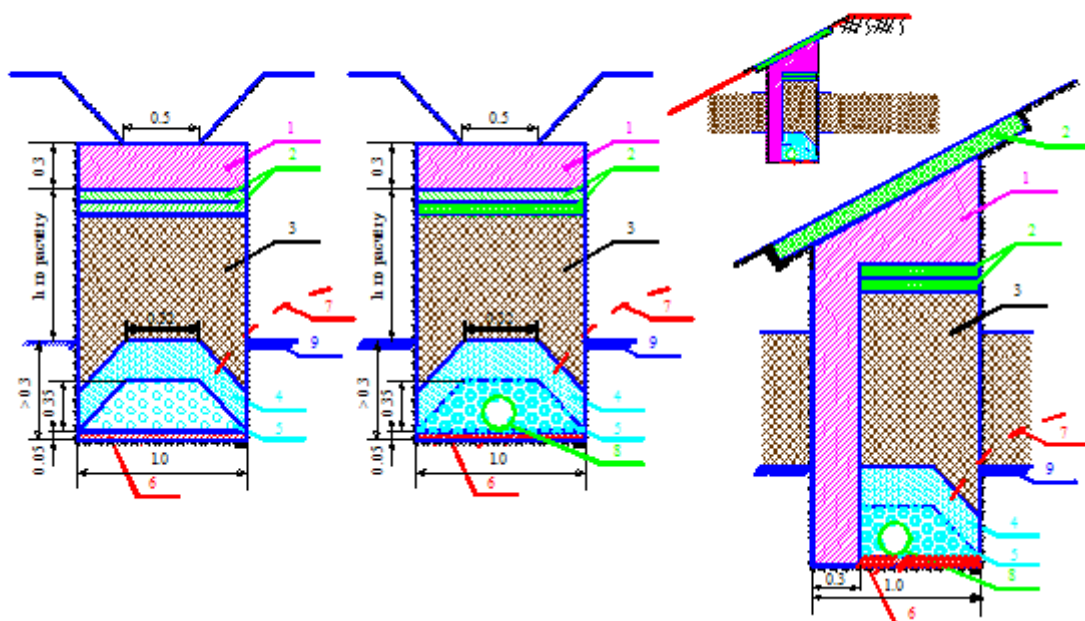
Дренажи состоят из заложенных в грунт труб (закрытый дренаж) или заглублённых в водоносный слой грунта канав, заполненных крупным дренирующим материалом (открытый дренаж).

Закрытый дренаж (или дренажная прорезь) состоит из уложенной в грунте дрены – трубы (гончарной, керамической, бетонной или деревянной), вода в которую поступает через открытые стыки звеньев.

Чтобы труба не засорялась грунтом, стыки окружают пористой засыпкой (фильтром), крупность которой уменьшается по направлению к стенкам траншеи. Пористая засыпка собирает притекающую из грунта воду, которая стекает далее по трубе (дрене).

Осушающее (понижающее) действие дренажей заключается в том, что при заглублении в грунт ниже уровня грунтовых вод, труба быстро отводит воду, просачивающуюся из прилегающей части грунта, в результате чего вблизи дренажа образуется осушенная зона.

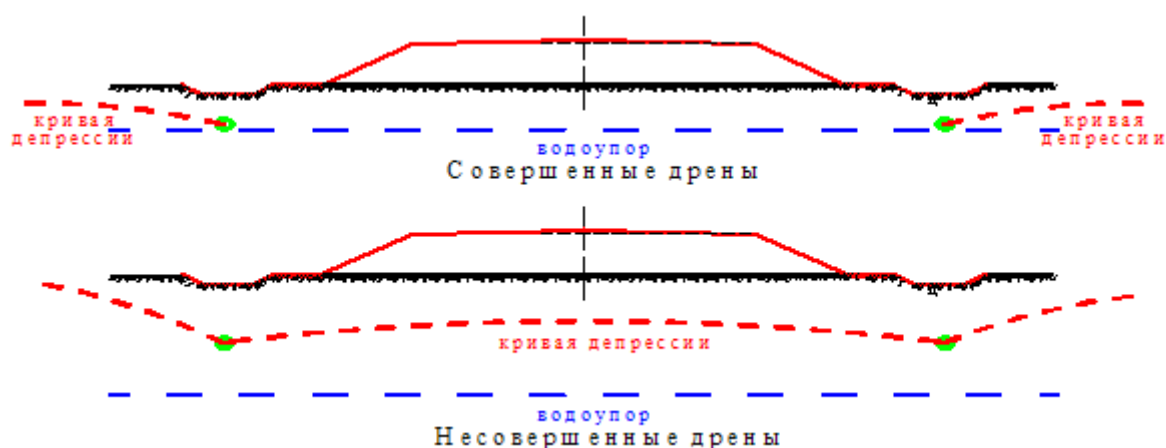
Дренажи можно использовать как для понижения уровня грунтовых вод, так и для полного перехвата грунтовой воды, притекающей к дороге со стороны.



- | | |
|--|--|
| 1 – утрамбованная глина; | 6 – щебень, втрамбованный в грунт; |
| 2 – дерн; | 7 – кривая депрессии; |
| 3 – крупнозернистый или среднезернистый песок; | 8 – керамическая или асбестоцементная труба; |
| 4 – щебень или гравий 5 – 10 мм; | 9 – водоупор. |
| 5 – щебень или гравий 40 – 70 мм; | |

При устройстве закрытых дрен на уровне водоупора, пространство за ними будет постепенно осушено. Такие дрены называют совершенными.

При глубоком залегании водоупора устраивают две дрены, располагая их симметрично по обе стороны дороги (несовершенные дрены).



Устраивают в местах пересечения автомобильной дороги с ручьями, оврагами или балками, по которым стекает вода от дождей или таяния снега. От общего числа водопропускных сооружений на автомобильных и железных дорогах трубы составляют до 95 %.

Водопропускные трубы не изменяют условий движения автомобилей, поскольку их можно располагать при любых сочетаниях плана и продольного профиля, и не стесняют проезжую часть и обочины, а также не требуют изменения типа дорожного покрытия.

Нельзя устраивать водопропускные трубы не постоянных водотоках, где возможны наледи и ледоход. Не допускается также устройство труб при пересечении автомобильной дороги горным водотоком с корчеходом.

Отверстия водопропускных труб бывает круглого и прямоугольного сечения. Размер отверстий назначают по гидравлическому расчету в зависимости от количества воды, протекающей к сооружениям во время дождя и весеннего таяния снега.

Количество воды, протекающей к трубе за 1 секунду, называется расчетным расходом. Он зависит от климатических условий района, площади водосборного бассейна, крутизны склонов, интенсивности впитывания воды в грунт и задержания ее растительностью и неровностями почвенного покрова.

Для увеличения пропускной способности без повышения высоты насыпи устраивают многоочковые трубы из уложенных рядом нескольких труб. Трубы с числом очков более четырёх неэкономичны.

Высоту насыпей около мостов и труб назначают с таким расчетом, чтобы вода, разлившаяся во время паводка, не затопляла насыпь.

В зависимости от глубины подтопления и типа входного оголовка в трубах могут устанавливаться следующие режимы протекания:

-безнапорный режим – если подпор меньше высоты трубы на входе либо превышает её не более чем на 20 %; на всём протяжении трубы водный поток имеет свободную поверхность;

-полунапорный режим – возникающий при оголовках обычных типов (портальных, раструбных) в тех случаях, когда подпор превышает высоту трубы на входе более чем на 20 %; на большей части длины труба работает полным сечением, а на всём остальном протяжении поток имеет свободную поверхность;

-напорный режим – устанавливающийся при специальных входных оголовках обтекаемой формы и при подтоплении верха трубы более чем на 20 %; на большей части длины, труба работает полным сечением и лишь у выхода поток может отрываться от потолка трубы.

При значительном подтоплении входа в трубу напорный режим может возникать периодически и при оголовках обычных типов. Однако из-за прорывов воздуха через образующуюся у входного отверстия воронку, протекание воды в этом случае часто переходит в полунапорный режим.

Мосты

Устраивают на пересечениях автомобильной дорогой рек и малых водотоков. Если река является судоходной, должны быть обеспечены требования бесперебойного судоходства: обеспечен необходимый подмостовой габарит.

В мостах различают:

-пролетные строения – по которым происходит движение автомобилей;

-устои – береговые опоры, передающие давление от нагрузки на грунт;

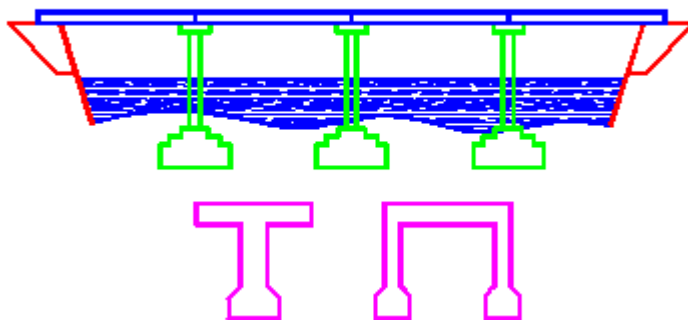
-промежуточные опоры, располагающиеся в русле реки – быки.

Расстояние от проезжей части моста до уровня стояния воды в летний и зимний периоды (межень), называют высотой моста.

Суммарную ширину между опорами, измеренную по поверхности воды при высоком расчетном горизонте – отверстием моста.

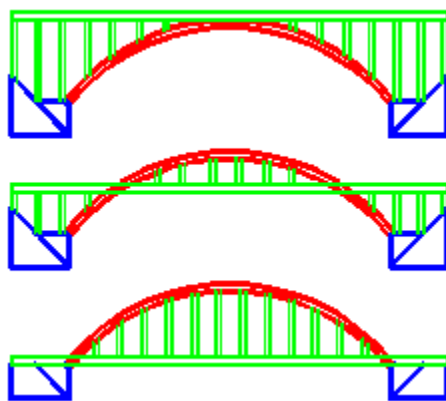
На судоходных реках низ моста должен возвышаться над уровнем судоходного горизонта (обычно более низким, чем расчетный горизонт паводка) на величину, определяемую подмостовым габаритом для прохода судов.

Конструкции современных мостов по условиям их работы подразделяются на четыре основных типа: балочные, арочные, рамные и висячие.



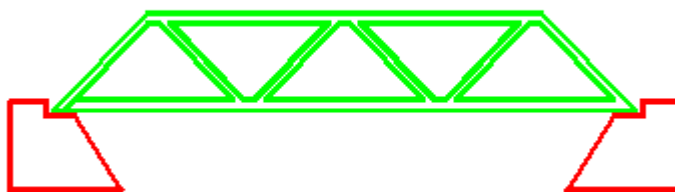
В балочных мостах пространство между опорами перекрыто несколькими балками или решетчатыми фермами.

При действии нагрузок пролетное строение работает на изгиб, передавая на опоры только вертикальные опорные давления.



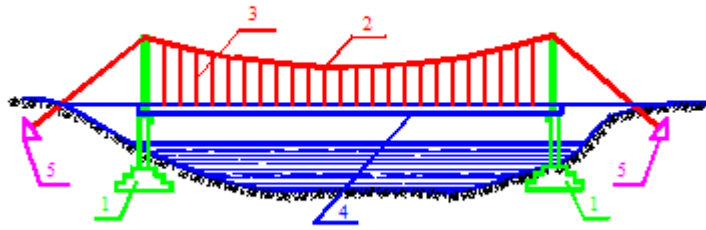
В арочных мостах – основным несущим элементом является криволинейный брус – арка, концы которой упираются в массивные опоры.

Вертикальная нагрузка вызывает сжатие и изгиб арки. Давление арки на опоры, кроме вертикальной нагрузки, создает также горизонтальные усилия (распор). Чтобы воспринять этот распор, арки мостов с ездой понизу устраивают с горизонтальной затяжкой.



В рамных мостах пролетные строения и опоры жестко связаны между собой в монолитную конструкцию, в которой, при действии нагрузки на горизонтальный элемент (ригель) в сопротивление (работу) вовлекаются также и ее стойки.

При передаче нагрузки на фундамент в местах опирания стоек рам, кроме вертикальной реакции, возникает боковой распор, а при жесткой заделке в фундамент – опорные моменты.



- | | |
|--------------|------------------------|
| 1 – пилоны | 4 – пролётное строение |
| 2 – канат | 5 – устои |
| 3 – подвески | |

В висячих мостах основной несущий элемент – гибкие кабели или цепи, переброшенные через высокие стойки на опорах, которые называются пилонами.

К кабелям подвешивается проезжая часть, которая для устойчивости моста при движении автомобилей делается в виде жесткой конструкции, наз. балкой жесткости.

Концы кабелей прочно заделывают в земле и соединяют с балкой жесткости.

Кабель имеет диаметр 60-90 см, его сплетают на месте из проволочных канатов или собирают из отдельных металлических звеньев.

Кабель и подвески висячих мостов работают под действием нагрузки на растяжение.

Поэтому в висячих мостах нет необходимости обеспечивать запас устойчивости элементов против продольного изгиба, что позволяет проектировать эти мосты весьма экономичными и легкими.

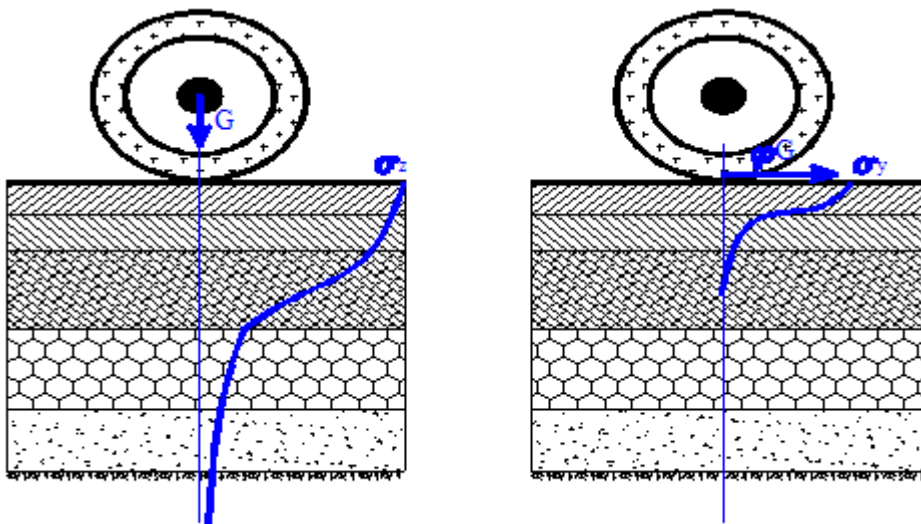
Их используют для перекрытия больших пролетов, достигающих 1 – 1,5 км.

Материалы для строительства мостов: сталь и железобетон.

Бетон плохо сопротивляется растягивающим напряжениям, поэтому для увеличения прочности в бетонные конструкции вводятся стальные штыри – арматура. Арматура в железобетонных конструкциях воспринимает в основном растягивающие напряжения.

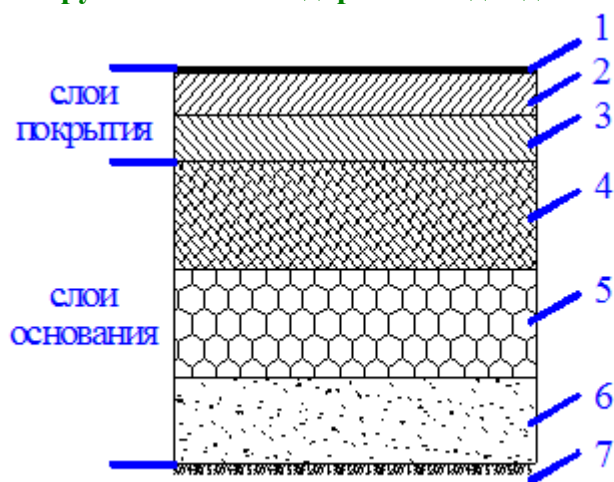
Тема: "Классификация дорожных одежд"

Дорожная одежда – уложенная на поверхность земляного полотна конструкция, которая состоит, как правило, из нескольких слоёв различных материалов, обладающих необходимой прочностью, ровностью и шероховатостью и обеспечивающая безопасное движение автомобилей с расчётными скоростями.



Напряжения от колёс автомобилей в дорожной одежде затухают с глубиной, что позволяет проектировать её многослойной, применяя в отдельных её слоях материалы различной прочности.

Конструктивные слои дорожной одежды



- 1-поверхностная обработка (слой износа)
- 2-верхний слой покрытия
- 3-нижний слой покрытия
- 4-верхний слой основания
- 5-нижний слой основания
- 6-дополнительный слой основания
- 7-подстилающий грунт (рабочий слой земляного полотна)

Покрытие дорожной одежды – верхний, наиболее прочный конструктивный слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий воздействие транспортных средств и природно-климатических факторов.

Покрытие обеспечивает необходимые транспортно-эксплуатационные качества дороги (ровность, коэффициент сцепления).

В конструкции покрытия, помимо основного слоя, обеспечивающего необходимые качества, предусматривается запасная толщина (слой износа), не учитываемая при расчёте прочности и периодически восстанавливаемая по мере истирания.

Основание – несущая прочная часть одежды, устраиваемая из каменных материалов или грунта, обработанного вяжущими материалами. Распределяет нагрузку, воспринятую от покрытия в подстилающий грунт.

Дополнительные слои основания – из материалов, устойчивых при увлажнении, – устраиваются с целью обеспечения морозоустойчивости, дренажа, противодействия пучинообразованию.

Подстилающий грунт (рабочий слой земляного полотна) – тщательно уплотнённые слои земляного полотна, на которые укладывают дорожную одежду.

Классификация дорожных одежд по СНиП 2.05.02-85

Типы дорожных одежд	Основные виды покрытий	Категории дорог
Капитальные	Цементобетонные монолитные	1-4
	Железобетонные или армобетонные сборные	1-4
	Асфальтобетонные	1-4
Облегчённые	Асфальтобетонные	3, 4 и на первой стадии двухстадийного строительства дорог 2 категории
	Дёгтебетонные	
Переходные	Из щебня, гравия и песка, обработанных вяжущими	4 и 5 категорий
	Щебёночные и гравийные; из грунтов и местных малопрочных каменных материалов, обработанных вяжущими	
Низшие	Из грунтов, укреплённых или улучшенных добавками	5 на первой стадии двухстадийного строительства дорог 4 категории

Дорожная одежда должна обеспечить высокую надёжность и требуемые транспортно-эксплуатационные показатели в течение срока службы (между капитальными ремонтами).

Для капитальных типов – 15 лет.
Для облегчённых типов – 10 лет.
Для переходных типов – 6-8 лет.

Различают **жёсткие и нежёсткие** дорожные одежды.

К **жёстким дорожным одеждам** следует относить одежды имеющие:

- цементобетонные монолитные покрытия;
- асфальтобетонные покрытия на основаниях из цементобетона;
- сборные покрытия из железобетонных и асфальтобетонных плит.

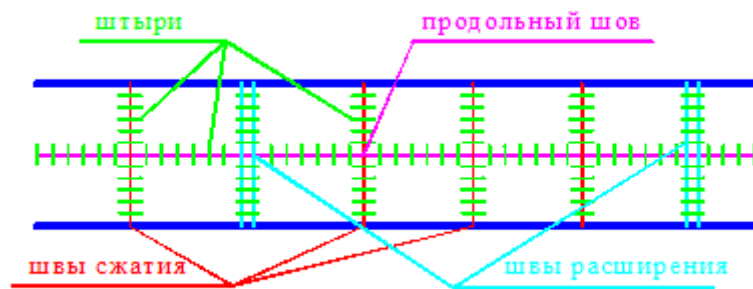
Асфальтобетонные покрытия – самый распространенный тип покрытия, представляющий собой два или три слоя асфальтобетонной смеси, уложенные на прочное основание и тщательно уплотнённые, в результате чего образуется асфальтобетон.

Асфальтобетон представляет собой искусственный строительный материал, состоящий из подобранного по крупности каменного скелета – щебня или гравия – и песка, связанных между собой смесью тонкого минерального порошка с битумом.

Различают мелкозернистый и крупнозернистый асфальтобетоны; горячий и холодный асфальтобетоны; типов А, Б, В и Г; марок I, II, III.

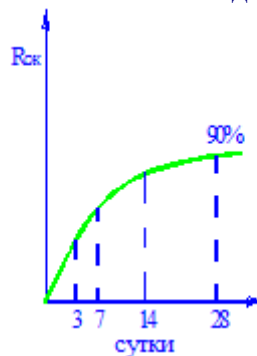
Смеси с менее тщательным подбором каменного скелета по крупности и из менее прочных каменных материалов называют битумоминаральными.

Цементобетонные покрытия обладают высокой монолитностью и высокой сопротивляемостью нагрузкам.



Изготавливаются из цементобетонных смесей – рационально подобранная плотная смесь из цемента, воды, песка и щебня, образующая после твердения прочный искусственный каменный материал.

Строят цементобетонные покрытия из цементобетонных плит, отделённых друг от друга швами, необходимыми для компенсации изменения их длины при колебаниях температуры.



Различают швы расширения, сокращающиеся при удлинении плит, и швы сжатия, расширяющиеся при укорочении плит (рис.1).

Для обеспечения совместной работы плит и сохранения их взаимного положения в швы вводят стальные стержни “штыри”, обеспечивающие возможность изменения длины плит, но передающие с одной плиты на другую вертикальные нагрузки и частично изгибающие моменты.

Износ цементобетонных покрытий незначителен, они долговечнее, чем другие виды покрытий.

Недостатком при производстве работ по устройству цементобетонных покрытий является необходимость длительного ухода за бетоном, пока он не приобретёт необходимую прочность.

Покрытия из щебня и гравия, обработанные органическими вяжущими материалами, хорошо сопротивляются разрушающему действию движения автомобилей благодаря прочному соединению каменных частиц вводимых вяжущим. Такие одежды водостойки.

Разные способы введения вяжущего в процессе строительства определяют различия в структуре получающихся покрытий.

Смешение в специальных установках (стационарных или подвижных смесителях) обеспечивает хорошее обволакивание каменных частиц вяжущим материалом. При этом способе расход вяжущего меньше, чем, например, при способе пропитки или смешения на дороге. Принудительное перемешивание даёт возможность использовать для покрытия материал, подобранный по крупности таким образом, чтобы получить плотную смесь, структура которой приближается к оптимальной. Битумоминеральные смеси образуют прочные покрытия, хорошо сопротивляющиеся нагрузкам.

Пропитка и полупропитка – введение разогретых вязких битумов или эмульсий в покрытие путём розлива по поверхности недоукатанного слоя щебня одинаковых размеров. После проникания разлитого битума в глубь россыпи, поверхность покрытия засыпают мелким щебнем и закатывают. Устойчивость покрытия по типу пропитки обеспечивается главным образом заклиной щебня, создаваемой в процессе укатки. Недостатком этого типа покрытий является относительно большой расход вяжущих материалов. Битум, просачиваясь по пустотам россыпи каменных материалов, не проникает в точки контакта между щебёнками, где его действие было бы особенно эффективно, и образует сгустки в этих пустотах.

Поверхностная обработка – тонкий защитный слой, создаваемый на поверхности дорожной одежды путём розлива битума с последующей засыпкой очень мелким щебнем. В зависимости от количества розливов битума различают одиночную и двойную поверхностную обработку. Поверхностная обработка повышает сопротивление покрытия износу и делает его водонепроницаемым, в результате чего во влажные периоды года покрытие остаётся сухим и имеет повышенный модуль деформации.

При использовании щебня твёрдых пород увеличивается коэффициент сцепления и значительно повышается безопасность движения.

Щебёночные покрытия и основания устраивают из щебёнок одинаковых, определённых размеров. Прочность щебёночных покрытий обеспечивается заклиной, создаваемой при укатке. Решающим фактором в устойчивости покрытия служит внутреннее трение между щебёнками, а также связывающее действие каменной пыли, появляющейся при истирании щебёнок во время укатки. Истирание кромок и дробление щебёнок, а также проникание с поверхности грязи в процессе эксплуатации щебёночных покрытий приводит к появлению в них песчаных, пылеватых и глинистых частиц и к потере покрытием связности, особенно во влажные периоды года.

Щебёночные покрытия обладают малым сопротивлением износу при проезде автомобилей, так как касательные усилия, возникающие в контакте пневматических шин и покрытия, нарушают эффект укатки. Поэтому, чаще всего щебёночные покрытия используют для устройства слоёв основания.

В покрытиях из естественного гравия или из искусственно подобранных по составу гравийных смесей прочность обеспечивается подбором скелета по принципу оптимальной смеси, в которой поры между крупными частицами заполнены частицами более мелкими и смесь обладает малой пористостью. Связность обеспечивается мелкими частицами пыли и глины, входящими в состав материала. В сырое время года прочность покрытий снижается.

Мостовые – покрытия и основания, устроенные из отдельных, установленных вплотную друг к другу естественных и искусственных камней. Усовершенствованные мостовые, устраиваемые из брусчатки или клинкера, отличаются ровной поверхностью.

Дорожные покрытия и основания из укреплённых грунтов. Грунты, обработанные органическими вяжущими (битумами или эмульсиями) или цементом, приобретают прочность и устойчивость против воздействия влажности, что позволяет использовать их как материал для

конструктивных слоёв дорожных одежд. Для придания грунтам прочности их укрепляют введением скелетных добавок.

Тема: "Технология строительства дорожных одежд"

Для лучшего использования машин, необходимо участки строительства принимать оптимальной длины (по возможности большей), чтобы уменьшить удельные затраты времени на развороты, в то же время машины звена должны работать концентрированно.

Участок с повторяющимся производственным процессом, составом и объёмом, на котором выполняет работы специализированный поток, называется захваткой. Длина захватки обычно определяется суточным эффектом работ, выполняемых специализированным потоком.

Участок (часть объекта) строящейся автомобильной дороги, необходимый и достаточный для концентрированного расположения всех дорожно-строительных машин при производительной их работе называется фронтом работ.

Устройство конструктивных слоёв дорожной одежды из укреплённых грунтов

Конструктивные слои дорожной одежды из укреплённых грунтов могут быть устроены следующим образом:

- с приготовлением смеси грунта с вяжущим непосредственно на земляном полотне дороги, если грунт верхней части пригоден для укрепления в естественном виде или при улучшении его гранулометрического состава добавкой привозного грунта;

- с приготовлением смеси в притрассовом грунтовой карьере с вывозкой и укладкой на дороге готовой смеси.

Для приготовления смеси грунта с вяжущим на земляном полотне, ведущей машиной механизированного отряда может быть дорожная фреза с распределителем цемента или однопроходная грунтосмесительная машина.

Дорожная фреза – обеспечивает смешивание грунта с жидким органическим вяжущим. При обработке грунта порошкообразным вяжущим или при использовании такой добавки к жидкому вяжущему, вместе с дорожной фрезой используют распределитель цемента.

Грунтосмесительная машина обеспечивает размельчение грунта, внесение в грунт жидкого или порошкообразного вяжущего и перемешивание компонентов за один проход по слою грунта на ширине захвата машины.

Приготовление укреплённых грунтов в грунтосмесительных карьерных установках организуют при строительстве дорог I, II и III технических категорий. Грунтосмесительная установка обеспечивает получение наиболее высококачественной грунтовой смеси благодаря более равномерному смешению компонентов, а также возможности обработки грунта многокомпонентными видами вяжущих и добавок.

Для обработки крупнообломочных и песчаных грунтов в притрассовых карьерах могут использоваться также бетоносмесительные и асфальтосмесительные установки.

Грунт, обработанный вяжущим, должен быть спланирован слоем равномерной толщины с проектным поперечным и продольным профилем. При обработке грунта при помощи дорожной фрезы или однопроходной грунтосмесительной машины планировку грунта выполняют автогрейдером. При приготовлении смеси в грунтосмесительной установке укладку смеси следует вести самоходным укладчиком дорожно-строительных материалов.

Уплотнение укреплённых грунтов следует производить катками на пневматических шинах, не допуская выдавливания смеси из-под колёс, регулируя давление воздуха в камерах.

В качестве минеральных вяжущих применяют: портландцементы, шлакопортландцементы, пуццолановые портландцементы, известь строительную, золы уноса и золо-шлаковые смеси и др.

При укреплении грунтов минеральными вяжущими применяют также активные добавки: известь гашёную и негашёную для укрепления кислых глин и тяжёлых суглинков; хлористый кальций, хлористый натрий, углекислый калий – для приготовления и укладки грунта при пониженных температурах; водные растворы жидкого стекла, сернокислого магния, сернокислого и углекислого натрия, каустической соды – для ускорения и повышения прочности; жидкий битум, сырую высокосмолистую нефть – для повышения морозостойкости; хлорное железо, сернокислое железо – для повышения водо- и морозостойкости при укреплении тяжёлых глин.

В качестве органических вяжущих применяют: нефтяные жидкие и разжиженные битумы, сланцевые жидкие битумы, битумные эмульсии, каменноугольные жидкие дёгти, битумные пасты, высокосмолистые нефти и др.

Устройство щебёночных и гравийных оснований и покрытий

Марки щебня и гравия по истираемости и дробимости должны соответствовать требуемым стандартам.

Различают **слои основания и покрытия из щебёночных и гравийных смесей** (гранулометрический состав подобран с целью снижения пористости каменного скелета и повышения прочности и устойчивости слоя путём расклиновки пор между более крупными частицами, каменными частицами меньших фракций) и **фракционированного гравия и щебня** (частицы материала имеют приблизительно одинаковый размер).

Для нижних и средних слоёв основания применяют щебень и гравий фракций 40 – 70 и 70 – 120, для верхних слоёв оснований и покрытий – 40 – 70 и 20 – 40, для расклинования 5 – 10, 10 – 20 и 20 – 40.

Щебёночные и гравийные смеси перед уплотнением необходимо увлажнять.

При устройстве щебёночных оснований необходимо создавать на поверхности земляного полотна противозаиливающий слой, например из фракции 5 – 10 мм или из укрепленного грунта. Это необходимо во избежание перемешивания щебня с грунтом.

Не допускается устройство щебёночных оснований на песчаном слое – песок проступает через поры в щебне и хорошее уплотнение невозможно.

На законченном участке основания (покрытия) должен отсутствовать след от прохода 12-тонного катка. Щебень, положенный на поверхность должен раздавливаться катком.

Устройство оснований и покрытий из щебня и гравия, обработанных органическими вяжущими

Многочисленные дорожные конструкции, получаемые путём обработки щебёночных и гравийных материалов органическими вяжущими – битумами или дёгтями, а также эмульсиями, по способу производства работ могут быть разделены на **следующие обобщённые группы:**

-конструкции, получаемые в результате обработки каменных материалов путём послойных розливов разогретого битума (дёгтя) или эмульсии, послойных россыпей каменных материалов и их последующей укаткой;

-конструкции, получаемые обработкой каменных материалов битумами (дёгтями) или эмульсией смешением на дороге;

-конструкции из смесей каменных материалов с битумами (дёгтями) или эмульсией, приготовленных в специальных установках по определённому режиму и укладываемых в горячем или холодном состоянии.

Конструкции с применением битумов и дёгтей весьма требовательны к соблюдению правил производства работ. Вяжущие применяют строго определённых марок, соответствующих данной конструкции. Каменные материалы должны отвечать специальным требованиям по прочности, морозостойкости, быть сухими и чистыми, без примесей пыли, глины и ила. Для улучшения прилипания вяжущих к минеральным материалам широко применяют поверхностно-активные добавки.

Основания и покрытия с применением органических вяжущих материалов устраивают способами пропитки и смешения в установке в сухую и тёплую погоду весной и летом при температуре не ниже +5° С, а осенью – не ниже +10° С. Поверхностную обработку и смешение на дороге следует производить при температуре выше +15° С, а при использовании эмульсий – не ниже +5° С.

При устройстве поверхностных обработок очень важно получить поверхность без затопленных или наложенных одна на другую частиц. Щебень для поверхностных обработок следует применять кубической формы и узкого гранулометрического состава, а ещё лучше одномерный.

Устройство покрытий и оснований способами пропитки и поверхностной обработки

При устройстве **поверхностных обработок** тщательно очищают обрабатываемую поверхность механическими щётками, выполняют частичный мелкий ремонт и подгрунтовку поверхности.

По количеству розливов вяжущего и распределению щебня различают одиночную и двойную поверхностную обработки.

Для лучшего сцепления следует применять чёрный щебень, для шероховатости – одномерный щебень слоем в одну щебёнку с открытием движения не ранее 8 часов по окончании работ. Несвязанный щебень следует убирать с покрытия.

Для прикатки (уплотнения) распределённого по поверхности покрытия щебня применяют средние и тяжёлые катки, предпочтительно на пневматических шинах.

При обработке щебёночного материала по способу пропитки (толщиной 8 см) применяют щебень трёх или четырёх фракций, при способе полупропитки (толщиной 4 см) – двух или трёх фракций.

Щебень следует распределять щебнеукладчиками, начиная с наиболее крупной фракции. Уплотнение щебня ведётся сначала лёгкими, затем тяжёлыми катками. Окончательное уплотнение тяжёлыми катками выполняют после россыпи второго (расклинивающего слоя) щебня. Розлив вяжущих надлежит производить автогудронаторами или битумовозами с прицепными распределителями.

Особенности производства работ с применением эмульсий

При устройстве поверхностных обработок температуру и концентрацию битумных эмульсий следует выбирать в зависимости от погодных условий. При прохладной (менее 20° С) и дождливой погоде применяют эмульсии с концентрацией битума 55 – 60 % и температурой нагрева 40 – 50° С. В жаркую сухую погоду (25° С и выше) эмульсии можно разбавлять раствором эмульгатора до 50 % (специальный подогрев не требуется).

Эмульсию в количестве 30 % от нормы разливают автогудронатором. Затем распределяют щебень в количестве 50 – 70 % от нормы. Сразу после распределения щебня разливают остальное количество (70 %) эмульсии и распределяют оставшийся щебень. Уплотнение слоя поверхностной обработки выполняют катками на пневматических шинах, приурочивая эту операцию к началу распада эмульсии.

Устройство слоёв износа с шероховатостью типа наждачной бумаги выполняют из литых эмульсионно-минеральных смесей (ЛЭМС) на катионных, анионных эмульсиях или пастах.

При устройстве конструктивных слоёв способом пропитки для температур воздуха не ниже 15° С используют эмульсии марки СА, а для сухой погоды и температур воздуха не ниже 20° С – МА-1. Катионные эмульсии используют при температуре воздуха не ниже +5° С.

Устройство покрытий и оснований способом смешения на дороге

Минеральные материалы смешивают с вяжущими автогрейдером или фрезами. При этом жидкие битумы или дёгти, нагретые до температуры 60 – 80° С, а также эмульсии подают автогудронаторами или битумовозами. Минеральные материалы не подогревают.

При смешении материалов на дороге очень важно выбрать наилучший состав и обеспечить его постоянство во время производства работ, так как процесс приготовления смеси проходит при относительно низких температурах, без сушки материалов, с применением жидких вяжущих и менее строгой дозировкой материалов.

Прочность оснований и покрытий, устраиваемых способом смешения на дороге, зависит от постоянства состава смеси, качества её перемешивания и обеспечения сцепления вяжущего с каменными материалами.

Значительно улучшить сцепление можно, вводя в минеральную часть 2 – 3 % по массе извести, а в битум до 15 – 20 % дёгтя или 5 – 10 % каменноугольного масла.

Устройство покрытий и оснований из чёрного щебня (гравия) и смесей, обработанных органическими вяжущими в установке

При приготовлении холодных смесей и холодного чёрного щебня необходимо принимать меры против слёживаемости при их хранении на складах, для чего в смесь перед выпуском из смесителя вводят 2 – 3 % по массе известкового молока, с которым продолжают перемешивание в течение минуты.

Аналогично асфальтобетонным смесям, чёрный щебень, по температурному режиму укладки и уплотнения в покрытие или основание бывает холодным и горячим.

Для холодных смесей применяют среднегустеющие и медленногустеющие битумы. Для горячих – вязкие битумы различных марок (БН, БНД).

Отличительная особенность производства работ по устройству слоёв покрытий и оснований из холодных смесей заключается в возможности их складирования и сохранения при положительных температурах на достаточно долгий период. Кроме того, при устройстве верхних слоёв покрытий из холодных гравийных и щебёночных смесей, их окончательное уплотнение осуществляется после открытия движения по дороге автомобильным транспортом. С этой целью на первое время скорость движения по автомобильной дороге следует ограничивать.

Составы чёрных гравийных и щебёночных смесей уточняют в лабораториях, применяя вариантное сравнение и отдавая предпочтение оптимальному по совокупности технико-экономических показателей.

Срок хранения холодных смесей с применением дёгтя не должен превышать 4 месяцев.

Устройство асфальтобетонных покрытий (рис.1)

Асфальтобетонные покрытия устраивают однослойными или двухслойными.

При устройстве двухслойных покрытий в нижнем слое применяют крупнозернистые асфальтобетонные смеси, в верхнем – мелкозернистые.

Работы по устройству асфальтобетонных покрытий из горячих смесей начинают при температуре не ниже + 5° С весной и завершают при температуре не ниже + 15° С осенью, холодных соответственно от + 5° С весной до + 10° С осенью с учётом времени на формование.

Асфальтобетонную смесь в покрытие укладывают только на сухое, чистое и непромёрзшее основание. Очистку основания выполняют механическими щётками и сжатым воздухом, а сушку увлажнённого основания – горячим песком (до 250 – 300° С) или специальными нагревателями – сушильными агрегатами.

Поверхность основания или нижнего слоя покрытия за 3 – 5 часов до начала укладки асфальтобетонной смеси при необходимости обрабатывают битумной эмульсией (0,6 – 0,9 или 0,3 – 0,4 л/м²) или жидким битумом (0,5 – 0,8 или 0,2 – 0,3 л/м²).

Асфальтобетонную смесь **следует укладывать**, как правило, на всю ширину покрытия несколькими укладчиками сразу. Толщину укладываемого слоя регулируют выглаживающей плитой (трамбующим брусом). Необходимо учесть запасы по толщине слоя на уплотнение от 15 до 30 % для горячих смесей и 40 – 70 % для холодных.

Уплотняют асфальтобетонные смеси звеном самоходных катков, состоящим из лёгких (до 8 тонн) и тяжёлых (массой до 15 тонн) с гладкими вальцами (статического давления) или вибрационных массой 4,5 – 8 тонн, а также самоходных на пневматических шинах массой 16 – 30 т.

Температура смеси во время уплотнения в зависимости от типа и марки для горячих смесей варьируется от 140 до 70° С.

Начинать уплотнение асфальтобетонных покрытий следует лёгкими гладковальцовыми катками с выключенными вибраторами при проезде со скоростью 2 – 3 км/ч ведущим колесом вперёд, с целью недопустить образования волн. Укатку ведут от краёв полосы к середине с перекрытием предыдущего следа на 20 – 30 см.

При устройстве асфальтобетонных покрытий **слоями увеличенной толщины** (до 20 см) следует применять обычные укладочные и уплотняющие машины. В целях обеспечения ровности следует начинать уплотнение самоходными катками на пневматических шинах и заканчивать гладковальцовыми – двухосными двухвальцовыми и трёхосными трёхвальцовыми.

При уплотнении асфальтобетонных покрытий используются также комбинированные катки.

Для окончательного уплотнения холодных асфальтобетонных смесей осуществляют регулируемое автомобильное движение в течение 10 суток.

Устройство цементобетонных оснований и покрытий (рис.2 и рис.3)

Бетонные покрытия устраивают **одинаковой толщины по всей ширине проезжей части** с односкатным поперечным профилем для проезжей части с разделительной полосой и двухскатным поперечным профилем при проезжей части без разделительной полосы. Поперечный уклон принимают в пределах 15 – 20 ‰.

Армированные бетонные покрытия устраивают на дорогах I – III категорий при насыпях из скальных грунтов высотой более 3 м, насыпях проходящих через болота, насыпях высотой более

5 м, насыпях на подходах к путепроводам через железные дороги (длиной 200 м) и на других участках, где может наблюдаться **неравномерная осадка земляного полотна**.

В покрытии **нарезают продольные и поперечные деформационные швы**, образующие плиты покрытия. **Продольный шов** предусматривают при ширине покрытия более 4,5 метров для устранения продольных трещин от неравномерного воздействия движения.

Швы расширения устраивают для повышения продольной устойчивости покрытия при нагреве бетона. **Швы сжатия** предназначены для предотвращения появления трещин в покрытии при понижении температуры бетона и его усадке. **Расстояние между швами сжатия** (длину плиты) назначают в зависимости от толщины покрытия, климата, надёжности (количество плит в процентах без трещин за расчётный срок эксплуатации) и расхода продольной арматуры для армированных покрытий. **Расстояние между швами расширения** назначают в зависимости от толщины покрытия, климата, армирования и температуры воздуха во время производства работ. Ширину швов, глубину паза и его заполнения назначают в зависимости от длины плит.

Швы сжатия, расширения и продольный шов **армируют стальными штырями круглого профиля**.

Пазы поперечных и продольных швов **заполняют битуморезиновыми, битумополимерными и полимерными мастиками** или запрессовывают в них полимерные готовые прокладки.

Армируют покрытия плоской сеткой с расстояниями между осями продольных стержней от 100 до 200 мм и между осями поперечных стержней – 500 мм. Диаметр продольных стержней – по расходу арматуры, поперечных – 6 мм. Сетки укладывают на 6 см ниже поверхности покрытия и не доводят до поперечных швов на 50 см.

На дорогах I и II технических категорий вдоль краёв покрытия устраивают **укрепительные полосы** из монолитного и сборного бетона шириной 0,75 м. На дорогах III категории ширина укрепительной полосы 0,5 м. В монолитных бетонных укрепительных полосах устраивают только швы сжатия без армирования и нарезают их как продолжение швов основного покрытия.

Выравнивающий слой под бетонным покрытием служит для устранения неровностей основания. Для выравнивающего слоя применяют: чёрный песок или щебёночно-песчаную смесь, обработанную битумом, толщиной 3 – 5 см (при этом большая толщина принимается при подаче бетона по основанию); необработанный песок и щебень фракции 0 – 5 мм толщиной 4 – 5 см.

При строительстве бетонных покрытий особые требования предъявляются к основанию автомобильной дороги. Его устраивают преимущественно из каменных материалов и грунтов, укреплённых неорганическими вяжущими.

Ширина основания должна обеспечивать возможность установки рельс-форм (8 – 8,5 м) и проход гусениц безрельсовых бетоноукладочных машин.

Организация работ по строительству монолитных цементобетонных покрытий

Устраивать бетонные покрытия и основания следует при температуре воздуха от +5° С до +30° С и перепаде температуры воздуха за сутки не более 12° С.

Приготовление цементобетонных смесей организуют на притрассовых цементобетонных заводах, оснащённых мобильным смесительным оборудованием циклического или непрерывного действия.

Бетонные заводы следует располагать таким образом, чтобы продолжительность транспортирования бетонной смеси не превышала 30 минут при температуре воздуха от 20° С до 3° С и 60 минут при температуре воздуха выше 20° С.

Бетонная смесь должна выпускаться непрерывно и равномерно в течении рабочей смены, что требует корректировки количества транспортных средств в зависимости от дальности транспортирования.

Применяются **две технологии строительства цементобетонных покрытий и оснований**: в сборной опалубке с использованием рельс-форм; в передвижной опалубке или скользящих формах.

В общем случае технология производства работ по устройству цементобетонных покрытий включает:

- подготовительные работы** (профилировка, устройство выравнивающего слоя и разделительных прослоек), установка устройств, определяющих ровность поверхности покрытия (копирные струны, рельс-формы), установка элементов деформационных швов, краевой арматуры, сеток и каркасов;

- распределение бетонной смеси**, формование покрытие и отделку его поверхности;

- уход за бетоном**;

- устройство деформационных швов**.

Уход за бетоном осуществляют, как правило, с применением плёнкообразующих материалов, которые наносятся путём распыления многосопловым распределителем равномерно на всю открытую поверхность покрытия, включая боковые грани. Уход за бетоном следует производить до достижения проектной прочности, но не менее 28 суток.

Устройство деформационных швов включает: изготовление и сборку закладных элементов; установку и закрепление элементов на основании; устройство паза шва; заполнение паза герметизирующими материалами.

Элемент шва расширения в сборке (дощатая прокладка, каркас и штыри) перед бетонированием надёжно закрепляют на основании в проектном положении. Пазы деформационных швов следует нарезать, как правило, в затвердевшем бетоне самоходными нарезчиками с алмазными дисками при достижении бетоном прочности при сжатии 80 – 100 кгс/см². Ширина паза расширения должна быть на 3 – 5 мм больше толщины доски.

Штыри в продольный шов сжатия устанавливают методом втапливания в уплотнённую смесь.

Строительство монолитных цементобетонных покрытий в скользящих формах комплектом машин ДС-110 (100)

Чистовую профилировку основания следует производить на ширину, обеспечивающую движение ходовой части бетоноукладочных машин. Перед профилировкой верха земляного полотна необходимо установить две копирные струны, предназначенные для автоматической системы задания вертикальных отметок (обеспечения ровности).

Разбивку линий установки копирных струн в плане выполняют с одной стороны при помощи теодолита, а с другой по шаблону. По проектным отметкам копирные струны устанавливают при помощи нивелира. Отклонение в плане не более $\pm 0,5$ м. Расстояние между кронштейнами должно быть не более 15 метров на прямых участках, и не более 6 метров на криволинейных. **Длина участка** с установленными копирными струнами должна быть не менее сменной производительности комплекса машин.

Высота основных боковых форм (скользящей опалубки) и опалубки кромкообразователя должна быть на 5 мм меньше толщины укладываемого покрытия.

При нормальной работе бетоноукладчика необходимо обеспечить сплошность поверхности уплотнённого бетона и образование равномерных валиков бетонной смеси высотой 15 – 25 см перед первичным и не более 8 – 15 см перед вторичным качающимися брусками.

В процессе бетонирования глубинные вибраторы бетоноукладчика полностью погружают в бетонную смесь. Кромкообразователь настраивают с учётом деформаций свежееуложенного бетона после прохода бетоноукладчика. Расстояние между боковыми формами кромкообразователя устанавливают на 2 – 4 см меньше проектной ширины покрытия. Край кромкообразователя приподнимают на 1 – 3 см выше поверхности покрытия.

Деревянную прокладку шва расширения обрезают с обоих концов на 15 см для обеспечения прохода распределителя. При работе без распределителя прокладку обрезают с обоих концов на 2 – 3 см.

Незначительные неровности и мелкие дефекты поверхности покрытия после прохода бетоноукладчика исправляют с помощью бетоноотделочной машины. Для улучшения отделки поверхности покрытия трубы бетоноотделочной машины слегка увлажняют тонкораспылённой водой системы орошения.

Шероховатость бетонного покрытия обеспечивают обработкой поверхности свежееуложенного бетона с помощью специальных щёток. Фактура обработанного щёткой покрытия должна быть однородной. Направление бороздок от щётки должно быть, как правило, перпендикулярно к оси покрытия.

Строительство монолитных цементобетонных покрытий в сборной опалубке комплектом машин ДС-500

Разбивку линий установки рельс-форм в плане выполняют с одной стороны с помощью теодолита, а с другой – по шаблону. Установку рельс-форм по проектным отметкам выполняют при помощи нивелира.

Рельс-формы устанавливают на спланированное основание шириной не менее 0,5 м с каждой стороны полосы бетонирования (из щебня, гравия, грунта, укрепленного вяжущими или песка). Во всех случаях не должно быть осадки основания под рельс-формами при проходе

укладочных машин, для чего рельс-формы обкатывают одной из самых тяжёлых машин комплекта. Разница в отметках положения рельс-форм по проекту и после обкатки не должна превышать 5 мм.

Профилировку основания и устройство выравнивающего слоя осуществляют на ширину покрытия профилировщиком основания,двигающегося по рельс-формам.

Рельс-формы непосредственно перед распределением бетонной смеси смазывают с внутренней стороны отработанным маслом. Арматуру, прокладки и штыри деформационных швов раскладывают после установки рельс-форм, профилировки и уплотнения основания. Зазор между стенкой рельс-форм и торцом прокладки шва расширения не должен превышать 5 мм.

Уплотняют бетонную смесь и отделывают поверхность покрытия, как правило, длиннобазовыми машинами с выравнивающими вибробрусьями, расположенными под углом к продольной оси дороги.

Двухслойные бетонные покрытия устраивают с использованием двух распределителей. Разрыв во времени между укладкой верхнего и нижнего слоёв должен быть не более 1 часа.

Снимают рельс-формы не ранее чем через 24 часа после укладки бетонной смеси. Отделять рельс-формы от бетона следует осторожно с обеспечением целостности боковых граней и кромок покрытия. Боковые грани немедленно покрывают слоем плёнкообразующей жидкости.

Машины для строительства монолитных цементобетонных покрытий

Для строительства цементобетонных покрытий применяют: **рельсовый комплект** бетоноукладочных машин с технической производительностью 250 м/смену; **комплект высокопроизводительных машин** ДС-100 и ДС-110 с технической производительностью 1500 м/смену.

В состав **рельсового комплекта** бетоноукладочных машин входят: профилировщик основания ДС-502А/ДС-502Б; распределитель цементобетонной смеси ДС-503А/ДС-503Б; бетоноотделочная машина ДС-504А/ДС-504Б; комплект рельс-форм Д-280-4М; платформа Т-138Б; нарезчик швов ДС-510; заливщик швов ДС-67.

Дополнительно в состав комплекта включают: универсальную бетоноотделочную машину УБМ-7,5; машину для розлива плёнкообразующих материалов ЭНЦ-3; нарезчик швов в свежееуложенном бетоне ДНШС-60; комплект для заполнения швов тиоколовыми герметиками; автомобильный кран типа КД-256Д или АК-75В для установки и снятия звеньев рельс-форм.

В состав комплекта высокопроизводительных машин ДС-100 или ДС-110 входят: профилировщик ДС-97; распределитель ДС-99; бетоноукладчик ДС-101 со скользящей опалубкой; бетоноотделочная машина ДС-104 (трубный финишер); машина для розлива плёнкообразующих материалов ДС-105; нарезчик поперечных швов ДС-115; дополнительное навесное и прицепное оборудование; конвейер-перегрузатель ДС-98; тележка арматурная ДС-103; погружатель арматуры ДС-102; бункер и вибробрус асфальтоукладчика ДС-106; прицепные трейлеры Д-107.

Дополнительно в состав комплекта включают: нарезчик контрольных швов ДНШС-60-3М на пневмоколёсном ходу; заливщики швов ДС-67 или ДС-128.

Технология строительства предварительно напряжённых железобетонных монолитных и сборных покрытий (рис.4)

Предварительно напряжённые монолитные железобетонные и бетонные дорожные покрытия обеспечивают требуемую прочность и несущую способность при существенном уменьшении их толщины (в 1,5 раза) и увеличении расстояния между поперечными деформационными швами (до 50 – 100 м).

Предварительное напряжение бетона в покрытии обеспечивают натяжением арматуры в виде проволочных пучков, стальных канатов или продольных струн, а также в результате внешнего обжатия неармированной бетонной плиты покрытия.

При армировании покрытия **проволочными пучками или стальными канатами** их располагают в трубках-оболочках: параллельно продольной оси покрытия, по периметру отдельных плит, краевыми пучками. После полного затвердения бетона в покрытии натяжение пучков или канатов и обжатие бетона осуществляется при помощи гидродомкратов. Величина предварительного напряжения бетона должна быть такой, чтобы минимально необходимое напряжение сохранялось при минимальной температуре окружающего воздуха.

При устройстве **струнобетонного покрытия**, проволоку из высокопрочной стали (диаметром 5 – 6 мм) предварительно растягивают между анкерами, располагаемыми по концам бетонируемой

захватки покрытия, длина которой 500 – 1500 м. Натяжение проволок производят гидродомкратами или гусеничным трактором с соответствующим оборудованием для захвата проволок. После бетонирования покрытия и полного затвердения бетона концы проволок отделяют от анкеров, плиту по длине захватки разрезают на плиты длиной 30 – 50 м. Благодаря сцеплению проволок с бетоном на него передаётся равномерное натяжение – обжатие. Анкеры в зависимости от их конструкции могут быть разобраны для использования на последующих захватках устройства покрытия.

Технологический процесс устройства струнобетонного покрытия включает операции: установка анкеров; установка рельс-форм; уплотнение и планировка основания; устройство бетонного покрытия под швами; расстилка битумированной бумаги, раскладка поперечной арматуры и прокладок швов; раскладка и натяжение продольной струнной арматуры; установка поперечной и продольной арматуры подкладок; бетонирование покрытия; устройство поперечных швов, уход за бетоном розливом эмульсии (при необходимости укрытие покрытия термослоем); разрезка струн в швах и у анкеров; замоноличивание швов; разборка анкеров; бетонирование разрывов покрытия после удаления анкеров.

При бетонировании в скользящей опалубке вместо установки рельс-форм предусматривается установка копирных струн для бетоноукладчика с автоматической следящей системой управления. При устройстве основания из цементогрунта исключаются операции по устройству бетонного покрытия под швами, расстилке битуминированной бумаги, раскладке поперечной арматуры и прокладок швов.

Для предварительного напряжения бетонного покрытия **внешним обжатием** применяют: неподвижную систему, при которой бетонное покрытие между анкерами на концах рабочей захватки длиной 350 – 500 м разрезают сквозными швами на плиты длиной 70 – 100 м. В швы устанавливают клиновидные гидродомкраты и ими создают требуемое торцевое обжатие бетона. После этого швы замоноличивают, домкраты извлекают из покрытия.

подвижную систему, при которой плиты покрытия между концевыми анкерами-упорами поддерживают в требуемом предварительном напряжении в зависимости от температуры окружающего воздуха за счёт специальных упругих швов. При этом применяют различные конструкции упругих швов с автоматическим и регулируемым контактным давлением, с гидрокompенсацией и пневматической компенсацией.

Сборные покрытия из бетонных и железобетонных плит устраивают на участках дорог с неблагоприятными гидрогеологическими условиями земляного полотна, на временных дорогах, на подъездах и внутренних путях карьеров, лесо- и торфоразработок, на площадках промышленного строительства и других подобных условиях. Плиты сборных покрытий изготавливают размером от 1 до 12 м², толщиной 12 – 18 см со сплошной и решётчатой опорной поверхностью и с расходом арматуры 3 – 16 кг/м².

Укладывают плиты непосредственно на грунтовое основание, из песка, песчано-гравийной смеси, грунта, укрепленного вяжущим материалом. При укладке плит по выравнивающему пескоцементному слою уступы между плитами не должны превышать 3 мм. Покрытие шириной 6, 7, 8 м укладывают поперечными рядами длинными сторонами плит параллельно оси дороги. Поперечные швы на 2/3 толщины заполняют пескоцементным раствором и на 1/3 битумополимерной мастикой, швы расширения на всю глубину заполняют мастикой. Стыковые скобы плит сваривают электродами Э-42А, Э-34 диаметром 4 – 5 мм непрерывными швами длиной 8 – 9 см с катетом не менее 7 мм (шириной 0,5 диаметра скобы, высотой 0,25 диаметра, глубиной проварки не менее 5 мм).

Покрытие из сборных плит в зависимости от интенсивности движения может быть сплошным на всю ширину проезжей части или колеиным. Сборку плит в покрытии в зависимости от их конструкции и срока службы покрытия производят различными способами стыковки в швах. Укладывают плиты на тщательно спланированное и равномерно уплотнённое основание при помощи автомобильных кранов грузоподъёмностью 3 – 12 тонн.

Приложение 1

"Перечень технологических операций по строительству различных типов дорожных одежд"

Технологическая последовательность устройства дорожного основания из грунта, укрепленного жидким битумом и добавкой извести дорожной фрезой ДС-74

- разработка грунта скрепером;
- транспортирования и выгрузка грунта на дорожное полотно;

- распределение и профилирование слоя грунта по всей ширине автогрейдером лёгкого типа;
- прикатка профилированного грунта катком на пневматических шинах массой 15 тонн за 2-3 прохода по одному следу;
- размельчение грунта дорожной фрезой за один проход по одному следу;
- транспортирование и введение в грунт извести распределителем цемента;
- увлажнение грунта поливомоечной машиной;
- перемешивание извести и увлажнение смеси через дозирочно-распределительную систему фрезы за два прохода по одному следу;
- транспортирование жидкого битума автобитумовозами;
- введение жидкого битума в известково-грунтовую смесь из автобитумовоза через дозирочно-распределительную систему фрезы за один проход по одному следу и перемешивание смеси за два дополнительных прохода по одному следу;
- разравнивание смеси и профилирование слоя основания автогрейдером лёгкого типа за 10-12 круговых проходов по одному следу;
- уплотнение слоя смеси катком на пневматических шинах за 10-12 проходов по одному следу;
- транспортирование и розлив по поверхности основания битумной эмульсии автогудронатором.

Технологическая последовательность устройства дорожного основания из грунта, укрепленного цементом с добавкой хлористого кальция, при приготовлении смеси самоходной однопроходной грунтосмесительной машиной ДС-19Б (Д-391Б)

- планировка верха земляного полотна, кирковка и исправление продольного профиля автогрейдером среднего типа за 10-12 круговых проходов;
- уплотнение верхней части земляного полотна до равномерной плотности грунта обрабатываемого слоя самоходным катком на пневматических шинах за 4-6 проходов по одному следу;
- транспортирование и разгрузка цемента автоцементовозами в расходный бункер грунтосмесителя в процессе введения его в грунт;
- транспортирование водного раствора хлористого кальция автоцистернами поливомоечных машин и разгрузка раствора в расходную ёмкость грунтосмесителя;
- обработка грунта вяжущим в грунтосмесительной машине (размельчение грунта, дозирование цемента и водного раствора хлористого кальция, введение их в грунт, перемешивание смеси) за 4 прохода по всей ширине основания;
- профилирование слоя готовой смеси автогрейдером за 6-8 круговых проходов;
- уплотнение слоя основания самоходным катком на пневматических шинах с регулированием давления воздуха в камерах от 2 до 10 кгс/см² за 10-12 проходов по одному следу;
- транспортирование и розлив битумной эмульсии по уплотнённому основанию автогудронатором;

Технологическая последовательность устройства дорожного основания из грунта, укрепленного цементом с добавкой золы уноса, при приготовлении смеси в карьерной грунтосмесительной установке ДС-50

- разработка грунта в притрассовом карьере пневмоколёсным фронтальным погрузчиком или бульдозером с загрузкой грунта в приёмный бункер-питатель грунтоизмельчающего агрегата;
- разравнивание грунта с предварительным отделением от него каменных включений на виброгрохоте грунтоизмельчающего агрегата;
- транспортирование цемента автоцементовозами в количестве 5 % от массы грунта с разгрузкой в ёмкости расходного склада;
- транспортирование золы уноса автоцементовозами в количестве 15 % от массы грунта с погрузкой в ёмкости расходного склада;
- транспортирование воды автоцистернами со сливом в расходную ёмкость;
- приготовление укрепленной грунтовой смеси в грунтосмесительной установке с дозированием всех компонентов, их перемешиванием и выгрузкой в бункер-накопитель;
- транспортирование готовой смеси от смесительной установки к месту укладки в основание автосамосвалами;

- исправление и восстановление профиля земляного полотна перед укладкой смеси в основание автогрейдером за 6 круговых проходов;
- контрольная укатка земляного полотна после восстановления профиля его верхней части самоходным катком на пневматических шинах двумя проходами по одному следу;
- укладка готовой смеси в основание самоходным укладчиком по половинам ширины основания;
- уплотнение слоя основания самоходным катком на пневматических шинах с регулированием давления воздуха в камерах за 10 проходов по одному следу;
- транспортирование битумной эмульсии и розлив эмульсии по готовому основанию автогудронатором.

Технология строительства щебёночных и гравийных покрытий и оснований

- исправление и восстановление профиля земляного полотна перед укладкой щебня (гравия) в основание автогрейдером за 6 круговых проходов;
- транспортирование щебня (гравия) для скелетной части слоя;
- транспортирование оптимальной гравийной или щебёночной смеси;
- разравнивание и планирование щебня (гравия) автогрейдерами;
- I период уплотнения – обжимка россыпи, выравнивание поверхности за 3-6 проходов легкого катка;
- увлажнение;
- II период – уплотнение (до жёсткости) слоя 10-35 проходами среднего или тяжёлого катка на пневматических шинах;
- исправление неровностей с раскировкой, добавкой и удалением щебня (гравия) и укаткой (автогрейдеры и лёгкие катки);
- вывозка и распределение мелкого щебня (самоходные распределители);
- поливка водой (поливомоечные машины);
- III период уплотнения – образование плотной коры за счёт расклинивания поверхности мелким щебнем (расклинка) и укатки 10-15 проходами среднего или тяжёлого катка.

Технологическая последовательность устройства поверхностных обработок

- очистка обрабатываемой поверхности механическими щётками;
- первый розлив вяжущего автогудронатором;
- первое распределение щебня самоходными или навесными распределителями;
- уплотнение за 2-3 прохода по одному следу средними или тяжёлыми катками на пневматических шинах или с металлическими вальцами;
- второй розлив вяжущего автогудронатором;
- второе распределение щебня самоходными или навесными распределителями;
- уплотнение за 2-3 прохода по одному следу средними или тяжёлыми катками на пневматических шинах;
- поправка мелких дефектов формируемой поверхности (ручные работы с использованием ручного гудронатора).

Технологическая последовательность устройства покрытий и оснований из щебня, обработанного способом пропитки толщиной 6 – 8 см (пропитка)

- первое распределение щебня фракций 40-70 мм автогрейдерами или щебнераспределителями (здесь и далее для трёх фракций – расход 8-10 м³/100 м², для четырёх – 5-6 м³/100 м² соответственно);
- уплотнение катками на пневматических шинах (5-7 и 5-6 проходов по одному следу)
- розлив вяжущего автогудронаторами (5-7 и 3-4 л/м²);
- второе распределение щебня фракций 20-40 мм щебнераспределителями (- и 3-4 м³/100 м²);
- то же фракций 10-20 мм (1,0-1,1 и - м³/100 м²);
- уплотнение катками на пневматических шинах (5-7 и 3-4 проходов по одному следу);
- розлив вяжущего автогудронаторами (2,0-2,5 и 2,5-3 л/м²);
- третье распределение щебня фракций 5-10 мм щебнераспределителями (0,9-1,1 и - м³/100 м²);

- то же фракций 10-20 мм (- и 1,0-1,1 м³/100 м²);
- уплотнение катками на пневматических шинах (3-4 и 3-4 проходов по одному следу);
- четвёртое распределение щебня фракций 5-10 мм щебнераспределителями (- и 0,9-1,1 м³/100 м²);
- уплотнение катками на пневматических шинах (- и 3-4 проходов по одному следу).

Технологическая последовательность устройства покрытий и оснований из щебня, обработанного способом пропитки толщиной 4 – 6 см (полупропитка)

- первое распределение щебня фракций 20-40 мм автогрейдером или щебнераспределителями (здесь и далее для двух фракций – расход 5-7,5 м³/100 м², для трёх – 3,0-4,5 м³/100 м² соответственно);
- уплотнение катками на пневматических шинах (5-7 и 4-5 проходов по одному следу)
- розлив вяжущего автогудронаторами (4-6 и 3-4 л/м²);
- второе распределение щебня фракций 10-20 мм щебнераспределителями (0,9-1,1 и - м³/100 м²);
- то же фракций 10-20 мм (- и 2-3 м³/100 м²);
- уплотнение катками на пневматических шинах (5-6 и 4-5 проходов по одному следу);
- розлив вяжущего автогудронаторами (- и 2-3 л/м²);
- третье распределение щебня фракций 5 – 10 мм щебнераспределителями (- и 0,9-1,1 м³/100 м²);
- уплотнение катками на пневматических шинах (- и 2-3 проходов по одному следу).

Технологическая последовательность устройства покрытий и оснований из литых эмульсионно-минеральных смесей

- очистка поверхности от грязи с помывкой водой механическими щётками;
- подгрунтовка эмульсией или разжиженной пастой автогудронатором (при норме расхода 0,4-0,6 л/м²);
- транспортирование смеси к месту укладки автосамосвалами или пасторастворовозами ПС-401 и ПС-402;
- распределение смеси слоем 3-8 мм бункерным или рамным распределителем РД-902 (при норме расхода 4-12 кг/м²);
- то же при устройстве уплотняющих слоёв (на глубину до 15 мм при норме расхода 2-8 кг/м²);
- поправка мелких дефектов деревянными или резиновыми движками;
- уплотнение за 5-10 проходов по одному следу катками на пневматических шинах или с металлическими вальцами, массой до 5 тонн.

При использовании влажных органоминеральных смесей (ВОМС) уплотнение не требуется.

Технологическая последовательность устройства покрытий и оснований способом смешения на дороге

- разрыхление существующего покрытия кирковщиком;
- вывоз каменных материалов автосамосвалами;
- формирование валика и обмер шаблоном (автогрейдер);
- разравнивание валика под розлив вяжущего автогрейдером;
- первый розлив вяжущего автогудронатором;
- предварительное перемешивание за 1-2 прохода дорожной фрезы или 7-15 проходов автогрейдера;
- формирование валика и разравнивание под розлив вяжущего автогрейдером;
- второй розлив вяжущего автогудронатором;
- перемешивание за 4-5 проходов дорожной фрезы или 35-40 проходов автогрейдера;
- распределение смеси автогрейдером;
- уплотнение за 6-8 проходов по одному следу катками на пневматических шинах;
- исправление дефектов автогрейдером, кирковщиками и катками на пневматических шинах.

Технологическая последовательность устройства покрытий и оснований из материалов, приготовленных смешением в установке

- подготовка основания механическими щётками;
- предварительный розлив вяжущего автогудронаторами;
- распределение чёрного щебня (гравия) основного слоя толщиной до 80 мм фракций 40-70 мм асфальтоукладчиком;
- уплотнение чёрного щебня (гравия) за 3-6 проходов средних и тяжёлых катков на пневматических шинах;
- распределение чёрного щебня (гравия) фракций 10-20 мм для заклинивания щебнераспределителем;
- уплотнение мелкого щебня (гравия) тяжёлыми катками на пневматических шинах за 10-20 проходов;
- распределение мелкого щебня (гравия) фракций 5-10 мм для образования плотной корки на поверхности распределителем щебня;
- уплотнение мелкого щебня (гравия) за 5-10 проходов катками на пневматических шинах;
- укладка смеси асфальтоукладчиком;
- уплотнение смеси средними и тяжёлыми катками на пневматических шинах;
- распределение по поверхности мелкого чёрного щебня (гравия) щебнераспределителем;
- розлив вяжущего автогудронаторами;
- уплотнение мелкого чёрного щебня (гравия) катками на пневматических шинах.

Технологическая последовательность устройства асфальтобетонных покрытий

- очистка основания от пыли и грязи механическими щётками;
- подгрунтовка основания жидким битумом или битумной эмульсией автогудронатором;
- транспортирование и выгрузка автосамосвалами асфальтобетонной смеси в приёмный бункер асфальтоукладчика;
- укладка слоя асфальтобетонной смеси асфальтоукладчиком;
- уплотнение слоя звеном лёгких, средних и тяжёлых катков с гладкими вальцами, на пневматических шинах или комбинированными с включёнными или выключенными вибраторами.

Технологическая последовательность устройства монолитного цементобетонного покрытия

- установка копирных струн (бортовой автомобиль, грузоподъёмностью 1,5 тонн; теодолит; нивелир; комплект струн, длиной 6 – 8 км с натяжными барабанами и лебёдками; стойки; кронштейны струбины; рейки; шаблоны и мерная лента);
- чистовая профилировка основания и устройство разделительной прослойки из плёнкообразующего материала (профилировщик ДС-97; конвейер-перегрузатель ДС-98; самоходные катки на пневматических шинах; автомобили-самосвалы при отсыпке грунта с использованием транспортёра; автогудронатор или машина для распределения плёнкообразующих материалов на пневматических шинах);
- устройство армобетонного покрытия: распределение бетонной смеси, раскладка арматурных сеток, втапливание сеток в слой смеси, уплотнение бетонной смеси и формование покрытия, отделка поверхности покрытия, создание шероховатости, нарезка контрольных швов, распределение плёнкообразующей жидкости (распределитель ДС-99; арматурная тележка ДС-103; погружатель арматуры ДС-102; бетоноукладчик ДС-101; машина для розлива плёнкообразующих материалов ДС-105; нарезчик контрольных швов в свежеложенном бетоне ДНШС-60-3М; бортовой автомобиль, грузоподъёмностью 1,5 тонны; бортовые автомобили, грузоподъёмностью 5 тонн для перевозки арматурных сеток и элементов швов расширения; автомобильный кран грузоподъёмностью 5 тонн; автомобили-самосвалы КраЗ-256Б);
- нарезка деформационных швов (нарезчики поперечных швов ДС-112; нарезчик продольных швов ДС-115; цистерны для воды);
- заполнение швов мастикой (заливщики швов);
- устройство цементобетонного покрытия на обочинах (автогрейдер средний; укладчики полос уширения; автомобили-самосвалы; малогабаритные агрегаты для розлива плёнкообразующих материалов; односторонний нарезчик швов; заливщики швов; цистерна для воды).