



# Автомобильные дороги и городские улицы

Лекция 12

Пектор

Александр Иванович Солодкий



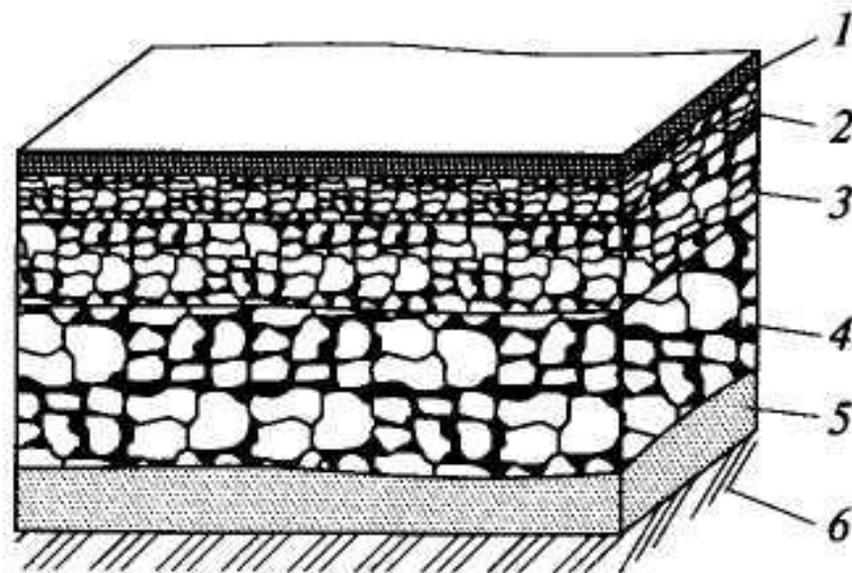
# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Дорожная одежда должна соответствовать общим требованиям, предъявляемому к дороге как транспортному сооружению. Эти требования надлежит обеспечивать выбором конструкции для дорожной одежды, соответствующих покрытий проезжей части, конструкции сопряжения проезжей части с обочинами и разделительной полосой и типов укреплений обочин, созданием ровной и шероховатой поверхности проезжей части и т. д.

Конструкцию дорожной одежды и вид покрытия следует принимать исходя из транспортно-эксплуатационных требований и категории проектируемой дороги с учетом интенсивности движения и состав автотранспортных средств, климатических и грунтово-гидрологических условий, санитарно-гигиенических требований, а также обеспеченности района строительства дороги местными строительными материалами.

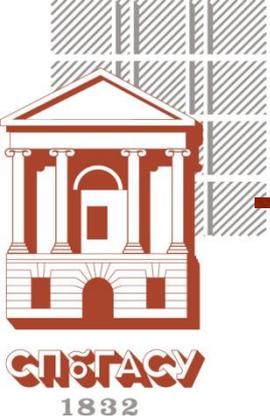


# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ



Дорожная одежда:

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



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

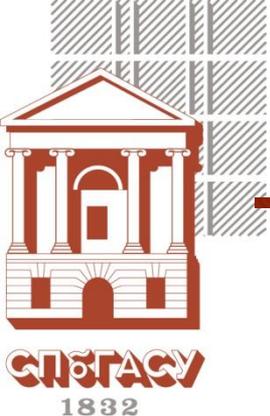
## СЛОИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Слои дорожной одежды следует подразделять:

**покрытие** - верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес автотранспортных средств и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов; покрытие должно обеспечивать необходимые эксплуатационные качества проезжей части; в покрытие входят также слой износа и слои с шероховатой поверхностью;

**основание** - часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои или грунт земляного полотна;

**дополнительные слои основания** (морозозащитные, теплоизоляционные, дренирующие и др.) - слои между основанием и верхом рабочего слоя земляного полотна, обеспечивающие морозоустойчивость и дренирование дорожной одежды и верхней части земляного полотна.

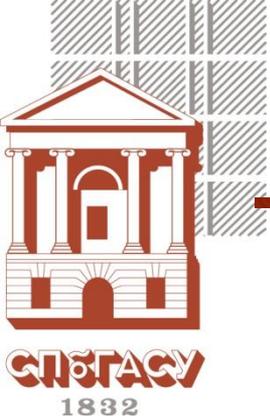


# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

По сопротивлению нагрузкам от автотранспортных средств и по реакции на климатические воздействия дорожные одежды следует подразделять на одежды с **жесткими покрытиями** и слоями основания (условно далее - жесткие дорожные одежды) и на одежды с **нежесткими покрытиями** и слоями основания (нежесткие дорожные одежды).

Общая толщина дорожной одежды и толщины отдельных слоев должны обеспечивать прочность и морозоустойчивость всей конструкции.

При расчете дорожных одежд на прочность следует учитывать перспективную интенсивность движения автомобилей различным типом, которую следует приводить к интенсивности воздействия расчетной нагрузки на одну наиболее нагруженную полосу проезжей части.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

## Типы дорожных одежд, основные виды покрытий и область их применения

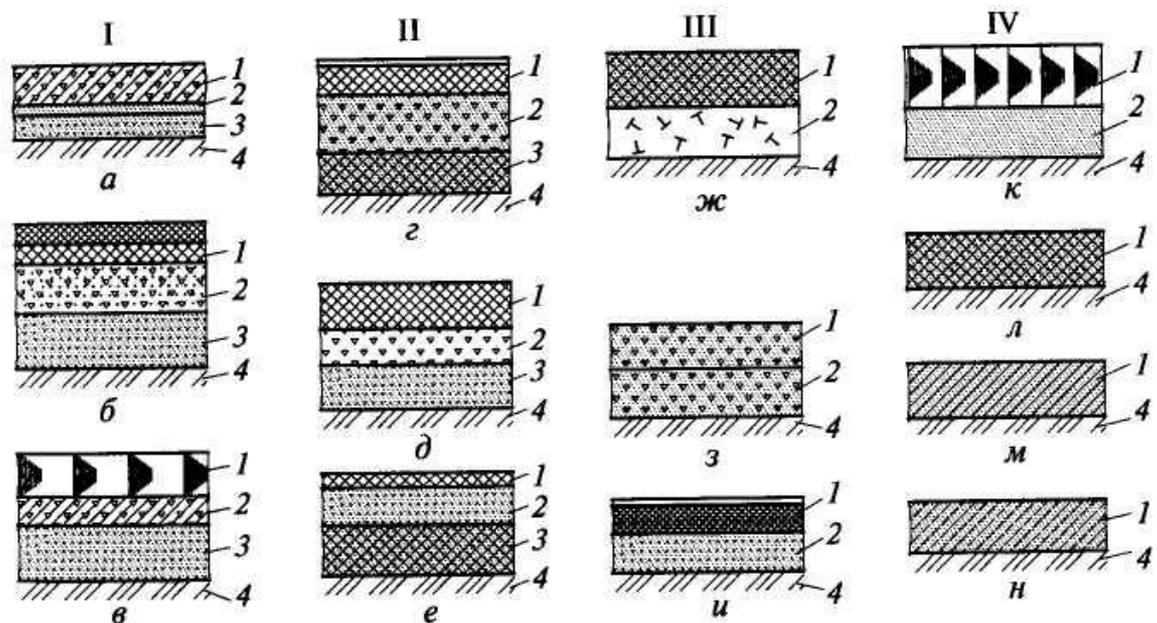
Типы дорожных одежд	Основные виды покрытий	Категории дорог
Капитальные	Цементобетонные монолитные	I-IV
	Железобетонные или армобетонные сборные	I-IV
	Асфальтобетонные	I-IV
Облегченные	Асфальтобетонные	III, IV и на первой стадии двухстадийного строительства дорог II категории
	Из щебня, гравия и песка, обработанных вяжущими	IV и V
Переходные	Щебеночные и гравийные; из грунтов и каменных материалов, обработанных вяжущими или армированных геосинтетическими материалами	IV, V и на первой стадии двухстадийного строительства дорог III категории
Низшие	Из грунтов, армированных геосинтетическим материалами или улучшенных добавками	V и на первой стадии двухстадийного строительства дорог IV категории

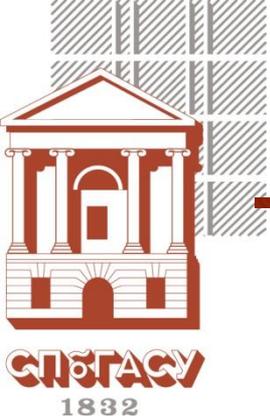


# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Конструктивные слои одежд для автомобильных дорог:

*а* - цементобетонные монолитные и сборные; *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, обработанных 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





# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Расчет дорожной одежды на прочность осуществляют с учетом нормативной осевой нагрузки, расчетной осевой нагрузки для конкретного потока и расчетной удельной нагрузки.

Нормативная осевая нагрузка принимается в зависимости от капитальности дорожной одежды:

- при капитальной дорожной одежде -115 кН;
- при облегченном и переходном типах дорожной одежды -100 кН;
- для маршрутов (дорог), предназначенных для следования тяжеловесных транспортных средств, осуществляющих международные перевозки -130 кН.

Принимают расчетную осевую нагрузку не меньше нормативной осевой нагрузки.

При расчете дорожных одежд на прочность учитывают перспективную интенсивность движения автомобилей различных типов, которую следует приводить к интенсивности воздействия расчетной нагрузки на одну наиболее нагруженную полосу проезжей части.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

В качестве расчетной следует применять нормативную нагрузку в случаях, если:

- величина расчетной нагрузки проектируемой дороги меньше значения нормативной нагрузки;
- предполагается движение транспортных средств с осевой нагрузкой превышающей нормативную более чем на 5 %, в количестве, не превышающем 5 % суммарной интенсивности движения грузовых автомобилей и автобусов.

В случае, когда в составе движения проектируемой дороги предусматривается регулярное обращение автомобилей с осевой нагрузкой, превышающей нормативную более чем на 5 %, в количестве более 5 %, за расчетную следует принимать максимальную нагрузку на наиболее нагруженную ось автомобиля.

При определении осевой нагрузки для многоосных автомобилей фактическую номинальную нагрузку на ось тележки, определяемую по паспортным данным, следует умножать на коэффициент  $K_c$ , вычисляемый по формуле

$$K_c = a - v\sqrt{B_m - c}$$

где:

$B_m$  – расстояние между осями тележки, м;

$a$ ,  $v$ ,  $c$  – параметры, определяемые в зависимости от капитальности дорожной одежды и числа осей тележки по таблице



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Численные значения параметров формулы при определении осевой нагрузки для многоосных автомобилей

Тип тележки	Численные значения параметров формулы (8.1)		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Двухосная	$\frac{1,7}{1,52}$	$\frac{0,43}{0,36}$	$\frac{0,5}{0,5}$
	$\frac{2,0}{1,60}$	$\frac{0,46}{0,28}$	$\frac{1,0}{1,0}$

Примечание – В числителе – для дорожных одежд капитального и облегченного типов, в знаменателе – для переходных.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

---

Дорожные одежды рассчитывают по трем условиям, обеспечивающим требуемый уровень надежности и долговечности конструкции: *по прочности, морозоустойчивости и осушению.*

При расчете дорожных одежд на прочность используют расчетные значения прочностных и деформационных характеристик материалов и грунта конструктивных слоев.

За расчетные значения деформационных характеристик (модулей упругости) принимают их табличные нормативные значения (среднеарифметические), установленные по результатам многочисленных испытаний материалов.

За расчетные значения прочностных характеристик (сцепление, угол внутреннего трения, растяжения при изгибе) принимают их табличные нормативные значения, полученные в результате многочисленных испытаний, с учетом коэффициента нормированного отклонения, принимаемого в зависимости от требуемого уровня надежности.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

---

Для *нежестких* дорожных одежд капитального и облегченного типов расчет на прочность выполняют по трем критериям прочности:

- по допустимому общему упругому прогибу конструкции;
- по допустимым напряжениям при изгибе монолитных слоев дорожной одежды (расчет на растяжение при изгибе);
- по допустимым сдвигающим напряжениям в грунте и слабосвязных дополнительных слоях основания (расчет по сдвигу).

Конструкции дорожных одежд низшего типа назначают по региональным типовым решениям, разрабатываемым на основе практического опыта.

Расчет *жестких* дорожных одежд на прочность должен включать расчет монолитного покрытия и расчет основания.

Расчет на прочность основания жестких дорожных одежд с монолитными и сборными покрытиями производят по условию предельного равновесия при сдвиге в дополнительных слоях основания и в земляном полотне.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Расчет *асфальтобетонных покрытий на бетонных основаниях* производят по двум условиям:

- трещиностойкости асфальтобетонного покрытия в наиболее холодный месяц зимы;
- прочности – предельной сопротивляемости покрытия и основания воздействию многократно повторяющихся нагрузок от автотранспортных средств.

Прочность асфальтобетонного покрытия на цементобетонном основании рассчитывают для наиболее неблагоприятного периода года – жарких летних месяцев, когда модуль упругости асфальтобетона минимален.

Расчет на морозостойчивость как жестких дорожных одежд, так и нежестких дорожных одежд проводят для неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях. Расчет выполняют путем определения (расчета) величины ожидаемого пучения грунта рабочего слоя земляного полотна и сравнения ее с допускаемой для данной конструкции величиной.

Расчет на осушение должен предусматривать определение толщины дренирующего слоя при заданном коэффициенте фильтрации материала слоя.

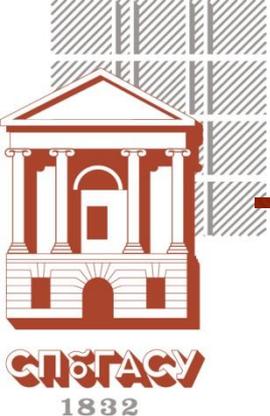
Расчет должен выполняться по принципу поглощения или по принципу полного осушения.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Покрытия должны иметь устойчивые во времени ровность и шероховатость поверхности, необходимые для обеспечения расчетных скоростей и безопасности движения. Значения глубин впадин шероховатости по апробированному методу «песчаное пятно», определяемые прибором типа КП-1319, должны соответствовать указанным в таблице

Материал верхнего слоя покрытия	Минимальная средняя глубина впадин шероховатости, мм
Асфальтобетон	1,0
Поверхностная обработка	1,2
Цементобетон	0,5



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Требуемые значения коэффициентов сцепления для дорог I-III категорий в зависимости от особенностей их участков и условий движения при увлажненной поверхности покрытий приведены в

<u>Условия движения</u>	Характеристики участков дорог	Коэффициент сцепления
Легкие	Участки прямые или на кривых радиусами 1000 м и более, горизонтальные или с продольными уклонами не более 30 %, с элементами поперечного профиля, соответствующими нормам, с укрепленными обочинами, без пересечений в одном уровне, при уровне загрузки не более 0,3	0,45
Затрудненные	Участки на кривых в плане радиусом от 250 до 1000 м, на спусках и подъемах с уклонами от 30 до 60 %, участки в зонах сужений проезжей части (при реконструкции), а также участки дорог, отнесенные к легким условиям движения, при уровнях загрузки в пределах 0,3-0,5	0,5
Опасные	Участки с видимостью менее расчетной; подъемы и спуски с уклонами, превышающими расчетные; зоны пересечений в одном уровне, а также участки, отнесенные к легким и затрудненным условиям, при уровнях загрузки свыше 0,5	0,6

Примечание: Коэффициенты сцепления установлены динамометрическим прицепным прибором ПКРС-2 без учета снижения их в процессе эксплуатации дороги. При использовании других приборов (в частности, портативных) их показания должны быть приведены к показаниям прибора ПКРС-2.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Ровность поверхности покрытия оценивается:

- просветами под трехметровой рейкой, получаемыми с помощью рейки или профилметра;
- отклонениями (амплитудами) высотных отметок точек профиля, полученных нивелированием с шагом 5 м или профилметром;
- международным индексом ровности IRI, полученным с помощью дорожного профилметра.

Методика измерений для метода трехметровой рейки и метода амплитуд приведена в ГОСТ 30412.

Требования к показателям ровности по методу амплитуд и международному индексу ровности IRI для оснований и покрытий из асфальтобетона, цементобетона и из каменных материалов и грунтов, обработанных вяжущими, приведены в таблице

№ пп	Категория автомобильной дороги	Допустимые значения амплитуд, мм			IRI, м/км не более
		Длина прямой линии , м			
		10	20	40	
1	I, II, III	5	8	16	2,2
2	IV, V	6	10	20	2,6

При этом 90 % определений значений амплитуд отметок точек профиля должны быть в пределах, указанных в таблице, а 10 % определений не должны превышать эти значения более чем в 1,5 раза.

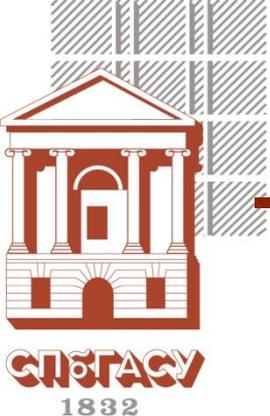


# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Покрытия на укрепленной полосе обочин (0,5–0,75 м) и разделительной полосы (краевые полосы) следует устраивать по типу дорожной одежды на основной проезжей части. Дорожную одежду на остановочной полосе (2,5 м) рекомендуется предусматривать из цемента- или асфальтобетона с применением щебня преимущественно крупных размеров (до 25-45 мм), а также из обработанных вяжущими каменных материалов, или армированных геосинтетическими материалами.

Поверхность остальной части обочины укрепляют в зависимости от категории дороги, грунтов земляного полотна и особенностей климата территории засевом трав, россыпью щебня, гравия, шлака и других наиболее дешевых местных крупнозернистых материалов.

Для предохранения обочин и откосов земляного полотна от размыва на участках дорог с продольными уклонами более 30 ‰, с насыпями высотой более 4 м, в местах вогнутых кривых в продольном профиле предусматривают устройство продольных лотков и других сооружений для сбора и отвода стекающей с проезжей части воды.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

## ЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

К жестким дорожным одеждам следует относить одежды, имеющие:

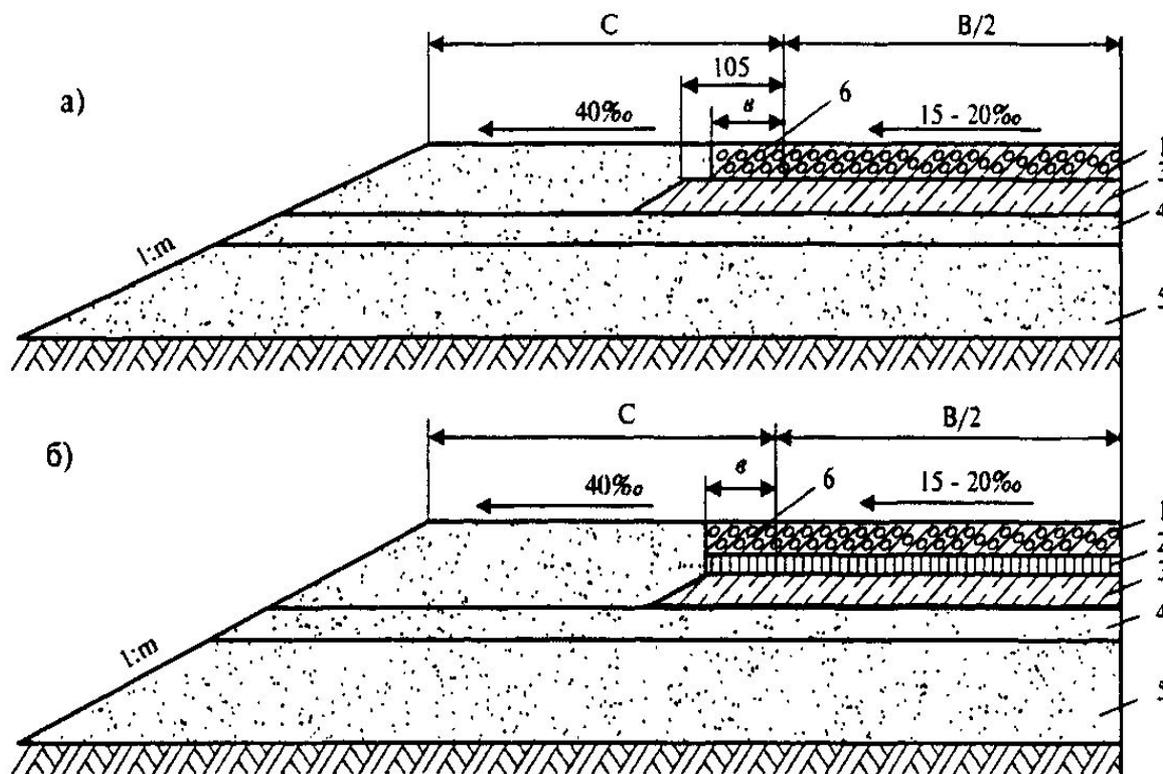
- цементобетонные монолитные покрытия;
- асфальтобетонные покрытия на основаниях из цементобетона;
- сборные покрытия из железобетонных и армобетонных плит.

Толщину бетонных покрытий следует назначать по расчету с учетом оснований, но не менее приведенной в таблице:

Вид основания	Толщина покрытия, см, по категориям дорог		
	I	II - III	IV-V
Бетонное или из каменных материалов и грунтов, обработанных неорганическими вяжущими	22 -	20	18
Щебеночные и гравийные		22	18
Песчаные, песчано-гравийные	-	-	18

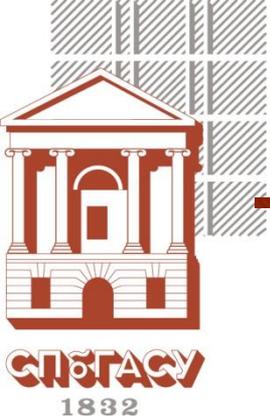


# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ



Поперечные разрезы типовых дорожных одежд с цементобетонным покрытием, устраиваемых комплектами машин:

- а - со скользящими формами; б - с применением рельс-форм;
- 1 - покрытие; 2 - выравнивающий слой; 3 - основание;
- 4 - дополнительный слой основания; 5 - земляное полотно;
- 6 - укрепленная полоса



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

В бетонном покрытии следует проектировать поперечные и продольные швы. К поперечным относятся швы расширения, сжатия, коробления и рабочие. Продольные и поперечные швы должны, как правило, пересекаться под прямым углом. Расстояние между швами сжатия (длину плит) определяют расчетом. Допускается назначать длину плит в зависимости от толщины покрытия с учетом климата согласно таблице:

Климат	Длина плиты, м, при толщине покрытия, см			
	18	20	22	24
Умеренный	4,5 - 5	5 - 6	5 - 6	5,5 - 7
Континентальный	3,5 - 4	4 - 5	4 - 5	4,5 - 6

Примечание: Континентальный климат характеризуется разницей между максимальной и минимальной температурой воздуха за сутки более 12 °С при повторяемости более 50 раз в год.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

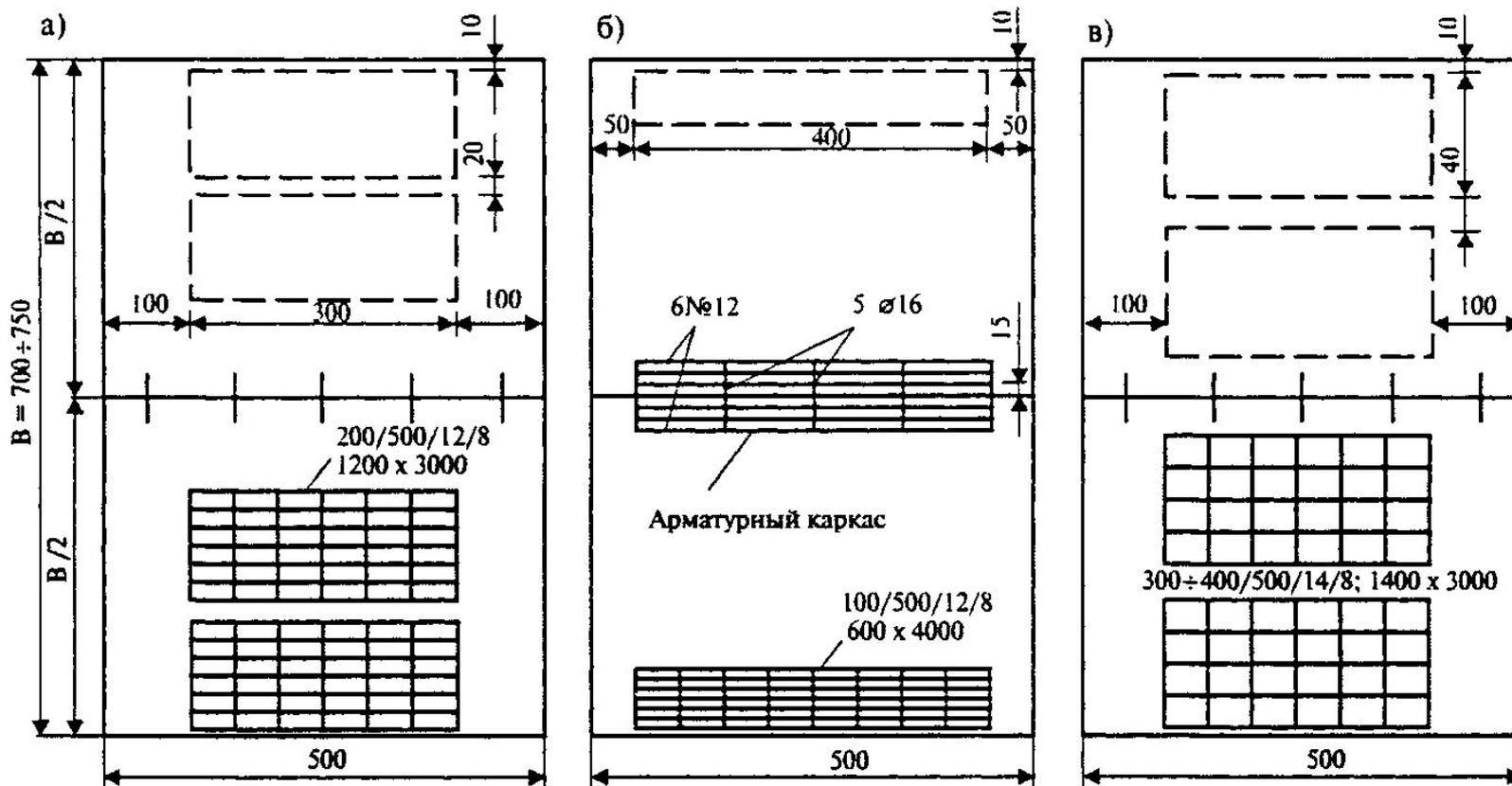
По конструкции цементобетонные покрытия подразделяются на *неармированные, армированные и предварительно-напряженные*.

Среди **армированных покрытий** различают следующие виды по степени насыщения сечения продольной арматурой: до 0,25 % - **армированные покрытия**; 0,4 % - **железобетонные**; 0,4-0,7 % - **непрерывно армированные**.

Особенностью непрерывно армированных покрытий является отсутствие в покрытии поперечных деформационных швов, функцию которых частично выполняют значительное число поперечных волосяных трещин, образующихся в покрытии в процессе эксплуатации на расстоянии 0,3-3 м друг от друга. Несмотря на эффективность таких покрытий, в отечественной практике строительства автомобильных дорог они не нашли широкого применения.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ



Схемы армирования плит цементобетонных покрытий автомобильных дорог



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

## НЕЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Нежесткие дорожные одежды на дорогах I и II категорий следует проектировать из условия недопущения накопления остаточных деформаций в течении периода их эксплуатации до первого капитального ремонта (или переустройства).

Дорожные одежды (на дорогах III-V категорий) следует проектировать с учетом возможного возникновения остаточных деформаций, ограниченных допусками по ровности проезжей части.

Дорожные одежды на дорогах IV и V категорий в отдельных случаях в целях снижения строительных затрат при соответствующих обоснованиях допускается проектировать с учетом ограничения движения по интенсивности и грузоподъемности транспортных средств в неблагоприятные периоды года.

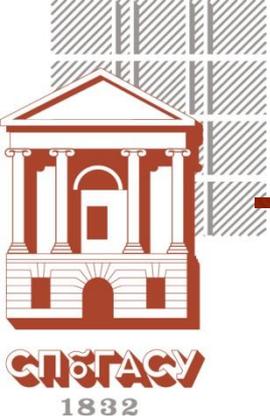


# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

## НЕЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Расчет нежестких дорожных одежд при кратковременном действии нагрузки следует выполнять по трем критериям прочности: упругому прогибу всей конструкции, сопротивлению сдвигу в грунте и в слабосвязных слоях одежды, растяжению при изгибе слоев одежды из грунтов и каменных материалов, обработанных неорганическими вяжущими.

Расчет нежестких дорожных одежд на длительное действие нагрузки следует выполнять по сдвигу в грунте и в слабосвязных слоях одежды.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

## НЕЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Независимо от результатов расчета на прочность дорожной одежды толщины конструктивных слоев в уплотненном состоянии следует принимать не менее приведенных в таблице:

Материалы покрытий и других слоев дорожной одежды	Толщина слоя, см
Крупнозернистый асфальтобетон (с размером зерен до 40 мм )	7
Мелкозернистый асфальтобетон (до 20 мм)	5
Щебеночно-мастичный асфальтобетон (до 10 мм ) и песчаный асфальтобетон (до 5 мм)	3
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные органическим вяжущим	8
Щебень, обработанный органическим вяжущим по способу пропитки	8
Щебеночные и гравийные материалы, не обработанные вяжущим: на песчаном основании на прочном основании (каменном или из укрепленного грунта)	15
	8
Каменные материалы и грунты, обработанные органическими или неорганическими вяжущими	10



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

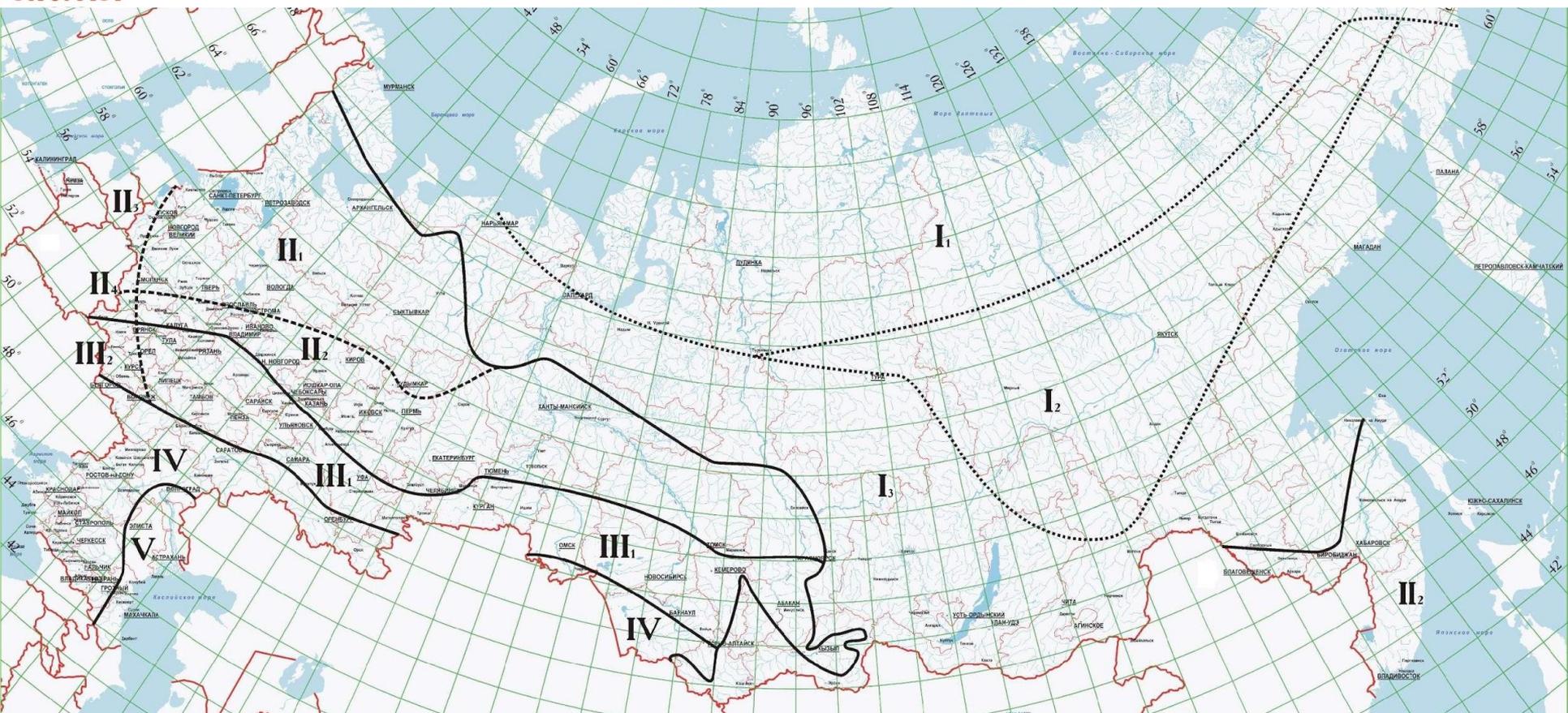
## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОИ

В районах сезонного промерзания грунтов на дорогах I-IV категорий с жесткими и нежесткими дорожными одеждами, находящимися в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, наряду с обеспечением требуемой прочности следует предусматривать противоположные мероприятия, гарантирующие достаточную морозоустойчивость дорожной одежды и земляного полотна.

На участках земляного полотна из глинистых грунтов и пылеватых песков следует предусматривать дренирующие слои с водоотводящими устройствами при основаниях и дополнительных слоях, выполненных из традиционных зернистых (пористых) материалов.



# Дорожно-климатическое районирование



- границы дорожно-климатических зон;
- границы дорожно-климатических подзон.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

На территории РФ выделяют пять дорожно-климатических зон:

I – зона распространения многолетнемерзлых грунтов (вечной мерзлоты). Включает северные районы РФ, где на небольшой глубине имеются вечномерзлые грунты. В ландшафтном отношении это зона тундры, лесотундры и тайги;

II – зона избыточного увлажнения. Занимает среднюю часть Европейской части РФ и юг Азиатской части. Это зона леса. В этой зоне верхние слои грунтов имеют избыточное увлажнение за счет преобладания количества осадков над испарением (коэффициент водного баланса более 1) и высокого уровня стояния грунтовых вод;

III – зона переменного увлажнения. Для этой зоны характерно повышенное увлажнение грунтов только весной. Коэффициент водного баланса примерно равен 1. Эта зона совпадает с зоной лесостепи.



# ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

На территории РФ выделяют пять дорожно-климатических зон:

IV – зона недостаточного увлажнения. Для этой зоны характерна значительная испаряемость при небольшом количестве осадков. Коэффициент водного баланса менее 1. В эту зону входят степные районы;

V – зона засушливая. Включает районы полупустыни и пустыни.

Наибольшая по территории II климатическая зона, включающая районы с разнообразными природными условиями, которая делится на подзоны.

Высокогорные районы нашей страны не охватываются дорожно-климатическим районированием. В этих районах имеет место вертикальная зональность.



**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ!**