КОНСТРУИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

1. Задачи конструирования:

- обоснование выбора типа дорожных одежд (жёсткие или нежёсткие) и вида покрытия (капитальные, облегченные и др.);

- назначение числа конструктивных слоёв и выбор материалов для их устройства размещение их в конструкции в такой последовательности, чтобы с учетом изменения НДС от колесной нагрузки, климатических и грунтово-гидрологических условий наилучшим образом проявлялись их прочностные, деформативные и теплоизолирующие свойства;

- назначение толщин слоёв;

- назначение мероприятий по обеспечению морозоустойчивости дорожной конструкции;

- назначение мероприятий по осушению дорожных одежд и снижению притока воды.

2. Факторы, учитываемые при проектировании дорожных одежд. Конструирование дорожных одежд проводят, учитывая следующие факторы:

- категорию дороги;
- количество полос движения;
- интенсивность и состав движения;
- ДКЗ и подзону;
- вид грунта рабочего слоя земляного полотна;
- схему увлажнения грунта рабочего слоя земляного полотна;
- наличие и качество дорожно-строительных материалов;
- возможность стадийного усиления дорожной одежды путём устройства сверху новых слоёв покрытия по мере увеличения интенсивности движения;
- наличие производственных баз, дорожно-строительной техники и механизмов.

3. Коэффициент разрушения дорожной одежды [1]. Дорожные одежды автомобильных дорог должны быть запроектированы так, чтобы обеспечивать безотказную работу в течение расчётного межремонтного срока службы дорожной одежды со значениями предельного коэффициента разрушения $K_р$ на последний год межремонтного срока службы в зависимости от капитальности дорожной одежды и категории. Он вычисляется по формуле

$$K_p = \left(\sum l_{пр} + \sum l_р\right) / l_{об}, \qquad (1)$$

где $\left(\sum l_{\text{пр}} + \sum l_{\text{р}}\right)$ – сумма длин участков, на которых зафиксированы недостаточная прочность $\sum l_{\text{пр}}$ и недостаточная ровность $\sum l_{\text{р}}$ дорожной одежды (км); $l_{\text{об}}$ – общая протяжённость дороги.

Недостаточная прочность дорожной одежды характеризуется снижением модуля упругости на поверхности дорожной одежды на измеряемом участке в расчётный период более чем на 5 % относительно проектного значения.

Недостаточная ровность дорожной одежды характеризуется снижением показателя ровности на измеряемом участке более чем на 5 % или наличием на поверхности покрытия дефектов, превышающих допустимые значения более чем на 5 %.

Если на одном протяжении участка установлена недостаточная прочность и недостаточная ровность, то его длина не удваивается.

Предельные коэффициенты разрушения для капитальных дорожных одежд приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Предельные коэффициенты разрушения

Тип дорожной одежды	**Категория дороги**	**Предельный коэффициент разрушения**
Капитальные	IA, IБ, IВ	0,10
	II	
	III	0,20
	IV	

Таблица 2 – Уровни надёжности дорожных одежд

Категория дороги	Тип дорожных одежд	Коэффициент надёжности
IA, IБ, IВ	Капитальный	0,98
II	Капитальный	0,95
III	Капитальный	0,92
	Облегченный	0,90

4. Общие требования к конструктивным слоям. Конструктивные слои дорожных одежд по своему функциональному назначению и их минимальные толщины в уплотнённом состоянии принимают в соответствии с ГОСТ Р 59120 «Дорожные одежды. Общие требования» [1]. Их значения приведены в табл. 2.

Материалы в дорожной одежде рекомендуется располагать таким образом, чтобы модуль упругости материала вышележащего конструктивного слоя был выше общего модуля упругости на поверхности нижележащего слоя, т.е. модули упругости материалов слоёв основания уменьшались сверху вниз [3, п. 6.7].

Конструирование дорожной одежды со слоями из неукрепленных зернистых материалов (ЩПС, ЩГПС, ГПС, ПГС, песка, щебня и т. д.) и неукреплённых грунтов рабочего слоя рекомендуется выполнять таким образом, чтобы модуль упругости верхнего слоя из зернистого материала превышал общий модуль упругости на поверхности нижележащей конструкции не более чем в пять раз.

Расположение слоёв из неукреплённых зернистых материалов между монолитными слоями оснований или покрытий не допускается. Допускается устройство слоёв из неукрепленных зернистых материалов на грунт рабочего слоя, верхняя часть которого укреплена вяжущим.

В конструкциях дорожных одежд на контакте конструктивных слоёв из минеральных материалов (фракционированный щебень, ЩПС, ЩГПС, ГПС, ПГС и т.д.) с конструктивными слоями из песка или с грунтом земляного полотна рекомендуется применение геосинтетических материалов.

Минимально допустимые толщины конструктивных слоёв из различных материалов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Минимальные толщины отдельных конструктивных слоёв [1]

Материал конструктивных слоёв	**Минимальная толщина слоя, см**
Асфальтобетон и щебёночно-мастичный асфальтобетон (с номинально максимальным размером зёрен не более 11,2 мм)	3
Асфальтобетон и щебёночно-мастичный асфальтобетон (с номинально максимальным размером зёрен более 11,2 мм)	Не менее 2,5 кратного номинально максимального размера зёрен минерального материала
Щебёночные (гравийные) материалы, обработанные органическим вяжущим	8
Щебень, обработанный органическим вяжущим по способу пропитки	8
Щебёночные и гравийные материалы, не обработанные вяжущим: - на песчаном основании - на прочном основании (каменном или из укреплённого грунта)	 15 8
Каменные материалы[1] и грунты, обработанные органическими или неорганическими вяжущими (с учётом требования п. 6.4 ГОСТ Р 71404-2024)	12
Отдельный слой из песка (с учётом требования п. 6.4 ГОСТ Р 71404-2024)	20

[1] **Каменные материалы** в строительстве, материалы, получаемые механической обработкой горных пород (природные каменные материалы) или в процессе физико-химической переработки первичного минерального сырья (искусственные каменные материалы). По форме каменные материалы делят на материалы, состоящие из кусков неправильной формы (бутовый камень, щебень, искусственные заполнители и т. п.), и штучные изделия, имеющие правильную форму (кирпич, блоки, плиты, фасонные изделия и др.).

5. Конструирование асфальтобетонных слоёв дорожных одежд

Для устройства асфальтобетонных слоёв дорожных одежд капитального типа в курсовом проектировании применяют следующие материалы:

- SMA по ГОСТ Р 58401.2 и ЩМА ГОСТ Р 58406.1 [4, 5];
- асфальтобетоны по ГОСТ Р 58401.1 и ГОСТ Р 58406.2 [6, 7].

Асфальтобетонная смесь (А) – это рационально подобранная смесь, состоящая из минеральной части (щебня, минерального порошка или без него) и битумного вяжущего, взятых в определённых соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии [6, 7].

Щебёночно-мастичная асфальтобетонная смесь (ЩМА) – это горячая смесь минеральных заполнителей (смеси из щебня, песка и минерального порошка), битумного вяжущего (с полимерными или другими добавками, или без них) и **стабилизирующей добавки**. Смесь подобрана в таких пропорциях, чтобы обеспечить непосредственное соприкосновение зёрен крупного заполнителя друг с другом [4, 5]. В качестве стабилизирующей добавки применяют гранулированное или негранулированное целлюлозное волокно [4].

Битумное вяжущее – органический вяжущий материал, производимый из продуктов переработки нефти с добавлением при необходимости органических модифицирующих добавок.

При конструировании слоёв из асфальтобетона рекомендуется стремиться к минимально допустимым толщинам. При конструировании нижележащие асфальтобетонные слои допускается предусматривать шире вышележащих с учётом различных факторов (толщина слоя, технологии укладки и т. д.).

В зависимости от конструктивного слоя дорожной одежды, асфальтобетонные смеси подразделяют на виды согласно таблице 4 [7].

Таблица 4– Классификация смеси по конструктивному слою дорожной одежды

Класс	Вид смеси
В (или АВ)	Смеси для верхнего слоя покрытия
Н (или АН)	Смеси для нижнего слоя покрытия
О (или АО)	Смеси для слоя основания

В зависимости от суммарного количества приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11,5 за расчётный срок службы конструктивного слоя дорожной одежды асфальтобетонные смеси могут быть за проектированы для различных условий движения, включающие в себя скорость транспортного потока и количество проездов транспортных единиц по участку автомобильной дороги.

Прогнозируемую среднюю скорость транспортного потока (при отсутствии фактических данных) рекомендуется принимать:

- свыше 70 км/ч – на автомобильных дорогах вне населённых пунктов;
- от 20 до 70 км/ч – на автомобильных дорогах в населённых пунктах;
- ниже 20 км/ч – в местах стоянок, парковок и в других аналогичных участках.

Таким образом, в курсовом при проектировании городских улиц прогнозируемая средняя скорость – от 20 до 70 км/ч.

Условия движения при нагрузке АК-11,5 приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Классификация условий движения при нагрузке АК-11,5

Класс	Условия движения	Количество приложений нагрузки АК-11,5, млн
Л	лёгкие	до 0,5
Н	нормальные	от 0,5 до 1,8
Т	тяжёлые	от 1,8 до 5,6
Э	экстремально-тяжёлые	более 5,6

В условиях нашего примера: при количестве проездов 7680534 гр. ед./сут. и средней скорости транспортного потока выше 70 км/ч тип условия эксплуатации ***Н***.

6. Слой износа (или защитный слой). Слой износа непосредственно воспринимает воздействие колес автомобильного транспорта и погодно-климатических факторов и обеспечивает требуемые транспортно-эксплуатационные качества покрытия.

Толщину защитного слоя (слоя износа) назначают в зависимости от применяемых материалов, технологии устройства и не учитывают в расчёте на прочность и морозоустойчивость. Он имеет толщину от 0,5 до 3 см [1] .

Функцию слоя износа могут выполнять защитные слои из различных материалов или (при отсутствии защитного слоя) верхний слой покрытия. В том случае, когда функцию слоя износа выполняет верхний слой покрытия, необходимо стремиться к его минимальной толщине в соответствии с табл.

7. Назначение толщины асфальтобетонных слоёв. Минимальная толщина асфальтобетонных слоёв принимается по табл. 2.

В случае устройства слоя, укреплённого неорганическим вяжущим, суммарная толщина вышележащих слоёв (слоёв асфальтобетона и материалов, содержащих органическое вяжущее), должны соблюдаться дополнительные требования для ограничения появления «отражённых» трещин в слоях из асфальтобетона.

Минимальная суммарная толщина слоёв асфальтобетона и материалов, содержащих органическое вяжущее, с учётом слоя износа, должна быть:

- 22 см для дорожных одежд на дорогах I и II категории;

- 18 см – для дорожных одежд капитального типа на дорогах III IV категории;

- 14 см – для дорожных одежд облегченного типа.

8. Конструирование слоёв, укреплённых вяжущим. В конструкциях дорожных одежд под слоями из асфальтобетона целесообразно устраивать слой основания преимущественно из материалов, укреплённых неорганическими, органическими и комплексными вяжущими [3, п. 6.11.3].

Толщину слоёв из битумоминеральных материалов следует принимать не менее 2,5-кратного номинального максимального размера минерального заполнителя. Для конструктивных слоёв из минеральных материалов в уплотненном состоянии – не менее 2-кратного размера наиболее крупной фракции применяемого минерального материала. Минимальная толщина слоёв приведена в табл. 2.

9. Конструирование слоёв под слоем из укреплённых материалов. Под слоем основания из материалов, обработанных вяжущим, за исключением грунтов, укреплённых минеральными либо комплексными вяжущими (такие слои в отдельных случаях могут использоваться в качестве дополнительного слоя основания) рекомендуется устраивать основание из ЩПС, а также из фракционированного щебня, устраиваемого по способу заклинки. Минимальная толщина слоёв приведена в табл. 2.

10. Конструирование дополнительного слоя основания. Дополнительный слой основания выполняет функции дренирующего, морозозащитного и выравнивающего слоя. Для дополнительного слоя основания применяют зернистые материалы: ГПС, ПГС, ЩПС, ЩГПС и пески классов I и II по ГОСТ 32824 с модулем крупности не менее 1,31 [3, п. 6.10].

Допускается устраивать дополнительный слой основания, выполняющий функцию морозозащитного слоя, из песка, щебня, ГПС, ПГС, ЩПС и ЩГПС, материалов, обработанных вяжущими, грунтов, укрепленных вяжущими [3, п. 6.10].

Для выполнения курсового проекта выбор конструкции дорожной одежды проводим согласно ОДМ 218.2.104-2019 «Альбом типовых конструкций нежёстких дорожных одежд в различных дорожно-климатических зонах».

Назначение типовой конструкции дорожной одежды выполняют на основе исходных данных.

Исходные данные установлены заданием на проектирование. К исходным данным относятся: дорожно-климатическая зона и подзона, категория автомо-

бильной дороги и количество полос движения, тип грунта рабочего слоя земляного полотна, наличие местных строительных материалов.

Типовая конструкция дорожной одежды включает (сверху вниз) защитный слой (для дорог III и IV категорий), слои покрытия дорожной одежды, включая слой износа (из щебёночно-мастичного асфальтобетона), слои основания дорожной одежды, дополнительный слой основания (рисунок). Дорожную одежду подстилает рабочий слой земляного полотна.

Значения минимальных требуемых модулей упругости ***типовых конструкций дорожных одежд***, зависящих от суммарного минимального расчётного количества приложений расчётной нагрузки на наиболее нагруженную полосу, приведены в табл. 6.

Таблица 6 – Требуемый минимальный модуль упругости дорожных одежд

Категория дороги	Суммарное минимальное расчётное количество приложений расчётной нагрузки на наиболее нагруженную полосу	Минимальный требуемый модуль упругости дорожной одежды, МПа
I	1285000	330
II	1090000	325
III	820000	310
IV	240000	250
V	50000	-

Если требуемый модуль упругости для типовой дорожной одежды превышает предельные значения из табл. 3-22, то дорожная одежда типовой не является и проектируется индивидуально согласно ПНСТ 265-2018.

11. Правила назначения типовых конструкций дорожных одежд. Порядок назначения конструкции дорожных одежд:

- устанавливается категория автомобильной дороги и количество полос движения;
- определяется дорожно-климатическая зона, а для I-II дорожно-климатических зон – подзона расположения каждого участка дороги;
- по указанным исходным данным выбирается таблица с типовыми конструкциями дорожных одежд ОДМ 218.2.104 (табл. 3-22);
- определяется общий модуль упругости дорожной одежды согласно табл. 6

- по таблице с типовыми конструкциями дорожных одежд (табл. 3.22) проводят выбор материалов и толщин слоёв дорожной одежды;

- уточняют виды материалов с учётом требований соответствующих нормативных документов и альбома типовых конструкций дорожных одежд (п.п. 4.5-4.10).

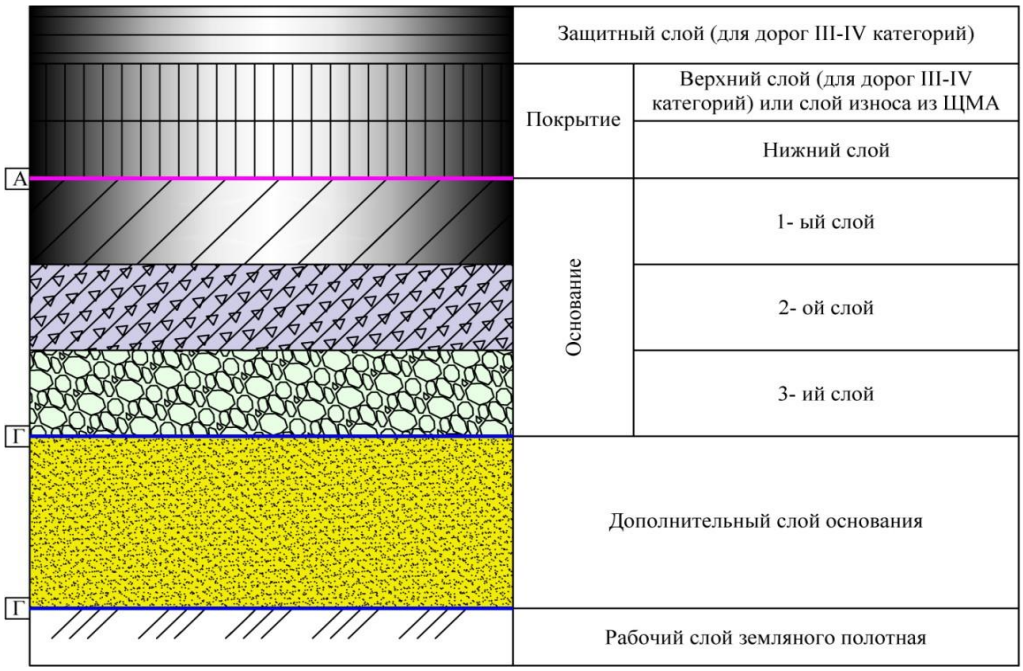


Рисунок – Конструкция дорожной одежды: А – армирующая сетка; Г – геотекстиль

Источники информации

1. ГОСТ Р 59120-2021 Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования. Дата введения: 2021-03-05. – Москва, Стандартинформ, 2021. – 23 с.

2. ГОСТ Р 58422.1-2021 Дороги автомобильные общего пользования. Защитные слои и слои износа дорожных одежд. Технические требования. – Москва, Стандартинформ, 2021. – 27 с.

3. ГОСТ Р 71404-2024. Дороги автомобильные общего пользования. Нежёсткие дорожные одежды. Правила проектирования. – Москва: Российский институт стандартизации, 2024. – 146 с.

4. ГОСТ Р 58401.2-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетоны щебеночно-мастичные. Система объёмно-функционального проектирования. Технические требования. Дата введения 2019-06-01. – Москва, Стандартинформ, 2021. – 11 с.

5. ГОСТ Р 58406.1-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебёночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия. Дата введения 2020-06-01. – Москва, Стандартинформ, 2021. – 21 с.

6. ГОСТ Р 58401.1-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Система объёмно-функционального проектирования. Технические требования. Дата введения 2019-06-01. – Москва, Стандартинформ, 2019. – 14 с.

7. ГОСТ Р 58406.2-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Технические условия. Дата введения 2020-06-01. – Москва, Стандартинформ, 2020. – 29 с.

8. ГОСТ Р 58400.2-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учётом уровней эксплуатационных транспортных нагрузок. Дата введения 2019-06-21. – Москва, Стандартинформ, 2019. – 16 с.

9. ГОСТ Р 71009-2023. Национальный стандарт Российской Федерации. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Правила выбора марок: дата введения 2024-02-01. – Москва: Российский институт стандартизации, 2023. – 146 с.

10. СП 313.1325800.2017 Дороги автомобильные в районах вечной мерзлоты. Правила проектирования и строительства: дата введения 2018-06-15. – Москва: Мин-во строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, 2017. – 144 с.

11. ГОСТ Р 58400.3- 2019 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Порядок определения марки. Дата введения 2019-06-27. – Москва, Стандартинформ, 2019. – 24 с.

12. ГОСТ Р 52056- 2025 Дороги автомобильные общего пользования. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия. Дата введения 2025-10-08. – Москва: Российский институт стандартизации, 2025. – 12с.

13. ГОСТ 33133-2014 Межгосударственный стандарт Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования. Дата ведения 2015-10-01. – Москва, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – 2015. – 20 с.

14. ОДМ 218.2.104-2019 Альбом типовых конструкций нежёстких дорожных одежд в различных дорожно-климатических зонах. Дата введения 2020-01-27. – Москва: Росавтодор; Федеральное дорожное агентство. – 2020. – 55с.