

## Конструирование нежестких дорожных одежд

*Е.В. Углова, О.В. Конорева, А.С. Конорев, А.Б. Гуляжинов*

*Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** В статье представлен анализ отечественного и международного опыта конструирования современных нежестких дорожных одежд. Приведена оценка существующих конструкций на автомобильных дорогах с высокой интенсивностью движения; обозначена структура каталога нежестких дорожных одежд, разработанного на основе проведенных исследований.

**Ключевые слова:** конструирование, нежесткая дорожная одежда, конструктивные слои, суммарное число приложений расчетной нагрузки, класс транспортной нагрузки.

Проектирование дорожных конструкций представляет собой единый процесс конструирования и проверки на прочность и морозостойкость назначенных конструкций. В настоящее время дорожные конструкции назначаются на основе материаловедческих данных и опыта их работы при тех или иных уровнях транспортных нагрузок и зачастую превосходят требуемый запас прочности, рассчитанный в соответствии с действующей методикой (ОДН 218.046-01, ОДМ 218.2.028-2012). Возросшие за последнее десятилетие транспортные нагрузки приводят к необходимости пересмотра принципов конструирования дорожных одежд, так как конструирование по действующему нормативу в настоящее время не обеспечивает требуемой долговечности дорожных конструкций.

Если анализировать конструирование пакета асфальтобетонных слоев, то, в соответствии с ОДН, толщину покрытия назначают минимальной по нормам действующего СП, а толщину асфальтобетонного основания определяют расчетами на прочность.

Оценка отечественного и зарубежного опыта показывает, что одним из основных моментов является функциональное конструирование асфальтобетонных слоев, когда за каждым слоем закреплены определенные

функции, в соответствии с которыми подбирается состав материалов слоев и назначаются соответствующие методы испытаний.

Так норматив ZTVAsphalt-StB 07 (Германия)[11] содержит требования к верхнему, связующему (нижний слой покрытия) и несущему (нижний слой основания) асфальтобетонным слоям по зерновому составу, физико-механическим показателям, с рекомендациями по количеству и типу вяжущего. В верхнем слое (например, асфальтобетон AC 11D, либо щебеночно-мастичный асфальтобетон SMA 11(8) S) рекомендовано использовать полимерно-битумное вяжущее ПБВ 45 для *SV* и *I* классов нагрузки (самые высокие классы) для обеспечения трещиностойкости под воздействием температурных напряжений и повышения устойчивости к колееобразованию. В связующем слое (асфальтобетон AC 22(16) BS) также рекомендуется использовать полимерно-битумное вяжущее ПБВ 45, либо вяжущее марки 30/45 (более вязкое, нежели в нижнем асфальтобетонном слое) для снижения колееобразования. Для нижнего (несущего) слоя (AC 32(22) TS) рекомендована основная марка вяжущего 50/70 для обеспечения устойчивости к усталостному трещинообразованию в результате многократного приложения транспортной нагрузки.

Те же тенденции характерны и для дорожной одежды, построенной в Калифорнии (США) на междуштатной автомагистрали – freewayI-710. В верхнем слое взят асфальтобетон на полимерно-битумном вяжущем для повышения сопротивления колееобразованию, в нижнем слое пакета асфальтобетонных слоев - асфальтобетон с меньшим количеством пор и большим содержанием битума, по сравнению с вышележащими слоями, обеспечивающим лучшую усталостную долговечность [8].

Важнейшим принципом конструирования является зависимость толщин конструктивных слоев от суммарного числа приложения транспортной нагрузки.

В нормах и правилах по стандартизации конструкций дорожных одежд RStO11 (Германия) [10] приведены конструкции с асфальтобетонными покрытиями на различных типах основания для суммарного числа приложения расчетных нагрузок ( $\Sigma N_p$ ) от 0,1 до 32 млн. Так для конструкций на основании из каменного материала, обработанного неорганическим вяжущим толщина асфальтобетонных слоев варьируется от 14 см ( $\Sigma N_p=0,1$  млн) до 26 см ( $\Sigma N_p>32$  млн); при этом толщина слоя основания остается постоянной - 15 см. Для конструкций на основании из необработанного щебеночного или гравийного материала толщина асфальтобетонных слоев варьируется от 12 см ( $\Sigma N_p=0,1$  млн) до 30 см ( $\Sigma N_p>32$  млн); при этом толщина щебеночного основания также остается практически неизменной: 30 см при  $\Sigma N_p=0,1-0,3$  млн, и 40 см при  $\Sigma N_p=0,3-32$  млн.

В итальянском каталоге дорожных одежд [9] сохраняются те же тенденции. Для конструкций на необработанном щебеночном основании толщина асфальтобетонных слоев меняется от 33 см при  $\Sigma N_p=10$  млн до 43 см при  $\Sigma N_p=45$  млн. Конструкции на основаниях, обработанных цементом имеют толщину асфальтобетонных слоев от 21 см при  $\Sigma N_p=10$  млн до 30 см при  $\Sigma N_p=45$  млн. При этом толщина слоя основания остается постоянным: в первом случае – 15 см, во втором – 30 см.

Инженерами штата Северная Каролина по запросу Департамента Транспорта США предложены характерные для штата конструкции для 30 и 5 млн приложений ESAL, рассчитанные на срок службы 30 лет. Конструкции, представленные в таблице 1, вписываются в общую схему, представленную ранее: на щебеночном основании толщиной 25 см уложены в первом случае 40.5 см асфальтобетона, а во втором случае 25.5 см [8].

**Таблица 1 - Конструкции дорожных одежд на гранулированном основании, типичные для штата Северная Каролина**

Конструктивные слои	Толщина слоев, см, для числа приложений расчетных нагрузок			
	30 млн ESAL, срок службы 30 лет		5 млн ESAL, срок службы 30 лет	
Верхний слой а/б покрытия	10		7,5	
Связующий а/б слой	7,5		7,5	
Слой а/б основания	23		10,5	
Щебеночный слой основания	25		25	
Грунт E=69 МПа				

При конструировании дорожных одежд большое внимание следует уделять прочности грунта рабочего слоя земляного полотна [6], с требованием соблюдения некоторых минимальных значений его модуля упругости, при котором вся вышележащая конструкция будет экономически эффективной. Например, при модуле упругости грунта ниже 45 МПа экономически целесообразно повысить прочность грунта рабочего слоя, используя методы стабилизации и укрепления грунта, нежели увеличивать толщину дорогостоящих конструктивных слоев дорожной одежды. Если говорить о конкретных значениях минимального модуля упругости грунта, то в немецком каталоге (RStO11), а также в отечественном ВСН 46-83 это 45 МПа, в итальянском каталоге дорожных одежд – 30МПа.

Во многих документах по проектированию дорожных одежд встречаются требования к минимальному модулю упругости на

границедополнительный слой основания – слой основания илина границе асфальтобетонные слои – слой основания.

В документе RStO 11 требуется обеспечение минимального модуля упругости на морозозащитном слое (дополнительном слое основания)  $E=120$  МПа. Для дорожных одежд на основании из необработанных щебеночно – гравийных материалов фиксирован модуль упругости на границе асфальтобетонные слои –щебеночный (гравийный) слой основания и равен  $E=150$  МПа.

В итальянском каталоге дорожных одежд предложены конструкции для различных модулей упругости на поверхности дополнительного слоя основания  $E=30, 90$  и  $150$  МПа. В зависимости от модуля упругости на поверхности дополнительного слоя основания изменяется толщина слоев основания: нижнего асфальтобетонного слоя и следующего за ним несущего слоя основания.

Департаментом транспорта США в рамках программы LTRP опубликовано исследование «Влияние циклов многократного замораживания и глубины промерзания на долговечность дорожных одежд и их стоимость» [8]. В отчете представлены конструкции дорожных одежд типичные для различных штатов. Для штата Нью-Йорк представлены конструкции на грунте с различным модулем упругости от  $28$  МПа до  $62$  МПа. Общая толщина асфальтобетонных слоев для конструкций не меняется ( $25$  см), тогда как слой основания из щебеночного материала заметно варьируется: от  $60$  см до  $15$  см (данные указаны для суммарного числа приложения нагрузок  $80\text{кН}$  на ось  $\Sigma N_p > 150-300$  млн).

Таковы примерные принципы конструирования дорожных одежд. На основании анализа существующих дорожных конструкций и с учетом мирового опыта проектирования компанией ООО «Доринжсервис» разработан каталог нежестких дорожных конструкций (СТО Автодор 2.25) с учетом параметров современного транспортного потока на магистральных

---

дорогах. Каталог разработан для автомобильных дорог Государственной компании «Автодор» I-II категорий, дорог с высокой интенсивностью и скоростями движения и значительным грузопотоком. Конструкции разрабатывались с применением описанных выше принципов конструирования, характерных для различных стран [5,1,2,3].

Материалы конструктивных слоев дорожной одежды в каталоге выбираются с учетом класса транспортной нагрузки. Класс транспортной нагрузки назначается исходя из расчетного суммарного числа приложений расчетной нагрузки 115кН (A11,5) к поверхности покрытия наиболее нагруженной полосы движения и средней скорости движения транспортного потока на участке. Выделены три класса транспортной нагрузки: средний (С); высокий (В); сверхвысокий (СВ) [4].

Представленные в каталоге конструкции дорожной одежды рассчитаны с учетом обеспечения общего модуля упругости на поверхности дополнительного слоя основания не менее  $E \geq 85$  МПа (рисунок 1). Одним из требований каталога является минимальный модуль упругости грунта 45 МПа.

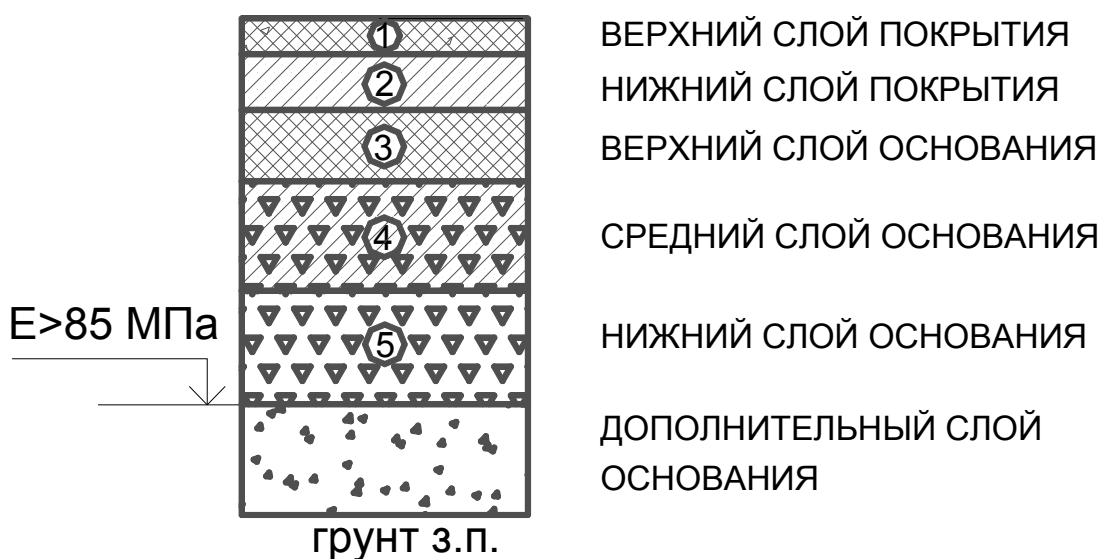


Рисунок 1 – Схема конструкции дорожной одежды

При пользовании каталогом рекомендуется следующий порядок назначения конструкции дорожной одежды:

1. Определяется суммарное число приложений расчетной нагрузки (115 кН) за расчетный срок службы.

2. В соответствии с суммарным числом приложений расчетной нагрузки и средней скоростью движения транспортного потока на рассматриваемом участке автомобильной дороги назначается класс транспортной нагрузки: средний (С), высокий (В) и сверхвысокий (СВ).

3. Вид асфальтобетона и марка вяжущего для слоев асфальтобетона назначается с учетом класса транспортной нагрузки и дорожно-климатической зоны.

В каталоге предусмотрено назначение вида асфальтобетона и вяжущего с учетом принципа функционального конструирования. Основное назначение верхнего слоя покрытия дорожной одежды заключается в обеспечении сцепных качеств покрытия, устойчивости к истиранию, и температурному трещинообразованию.

Для устройства верхнего слоя следует применять щебеночно-мастичный асфальтобетон ЩМА, для среднего класса транспортных нагрузок допускается применение высокоплотного асфальтобетона и горячего мелкозернистого плотного асфальтобетона типа А.

Нижний слой асфальтобетонных покрытий выполняет функцию несущего слоя покрытия дорожной одежды и должен быть устойчивыми к накоплению пластических деформаций при повышенных летних температурах при многократном приложении транспортных нагрузок.

В нижнем слое покрытий для всех классов транспортных нагрузок используют плотные полимерно-дисперсно-армированные асфальтобетоны (ПДА-асфальтобетоны).

Верхний слой оснований (совместно со слоями покрытий) должен обеспечивать несущую способность дорожных одежд и быть устойчивым к

---

усталостному трещинообразованию и накоплению пластических деформаций при многократном приложении транспортных нагрузок.

Для его устройства используют:

– ПДА-асфальтобетоны плотные или пористые при сверхвысоком и высоком классах транспортной нагрузки;

– плотные или пористые асфальтобетоны при среднем уровне транспортной нагрузки.

4. Дорожные конструкции в каталоге сгруппированы по суммарному числу приложений расчетной нагрузки: 15 - 30 млн., 7-15 млн., 3-7млн., 2 - 3 млн. В соответствии с заданным суммарным числом приложения расчетной нагрузки (расчетным ресурсом), уровнем надежности выбираются несколько вариантов дорожной одежды на различных основаниях с указанными толщинами конструктивных слоев. Для устройства среднего или нижнего слоя основания используются:

– органоминеральные смеси (щебеночно-гравийно-песчаные смеси, обработанные органическим совместно с минеральным вяжущим), в том числе, с использованием асфальтогранулята;

– смеси щебеночно-песчаные, гравийно-песчаные, щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими;

– смеси щебеночно-песчаные из шлаков;

– готовые щебеночно-песчаные смеси.

5. Толщина дополнительного слоя основания определяется расчетом дорожной конструкции на морозоустойчивость, проверкой обеспечения сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных слоев основания, а также необходимостью обеспечения требуемых дренажных характеристик конструкции в соответствии с (ОДН 218.046-01).

6. Для заданных исходных данных назначаются варианты конструкции дорожной одежды. Выбор окончательного варианта конструкции дорожной



одежды осуществляется на основании технико-экономического сравнения (ОДМ 218.2.028-2012).

Для сравнительного анализа толщин конструктивных слоев типовых конструкций, предложенных в каталоге, с конструкциями из каталогов Италии, Франции, Германии и примерами существующих конструкций в США были назначены конструкции для одинаковой интенсивности движения и срока службы 18 лет. Конструкции назначались для интенсивности движения 35000 авт/сут (примерная интенсивность движения на автомагистрали Ia категории) с распределением по типам транспортных средств, представленным в таблице 2.

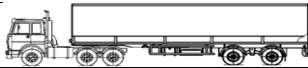






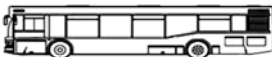
Таблица №2

Распределение нагрузки по типам транспортных средств

Тип транспортного средства	авт/сут.
<b>1. Легковые автомобили</b>	27 500
<b>2. Грузовые автомобили:</b>	
2.1 Легкие (грузоподъемность 1-2т)	717
2.2 Средние (грузоподъемность 2-5т)	717
2.3. Тяжелые (грузоподъемность 5-8т):	
	344
	379
2.4. Автопоезда с полуприцепом:	
	85
	374
	2 740

--	--

Продолжение таблицы №2

	195
	521
<b>2.5. Автопоезда с прицепом:</b>	
	184
	51
	482
	69
<b>3. Автобусы</b>	
 (микроавтобусы)	354
	288
<b>Итого:</b>	<b>35 000</b>

Сравнение толщин слоев проводилось для двух типов конструкций: на гранулированном необработанном основании и на основании из гранулированного материала, обработанного цементом (таблица 3).

Выполненный анализ показывает, что толщина асфальтобетонных слоев меняется незначительно для заданной интенсивности движения и находится в пределах от 26 до 32 см для конструкций на необработанном основании и от 20 до 22 на основании из гранулированного материала, обработанного цементом.

Таблица 3

Сравнительный анализ толщин конструктивных слоев типовых дорожных одежд\*

№	Конструктивные слои	Италия, каталог типовых конструкций, 1993[9]	Германия каталог RStO11, 2011[10]	Франция, каталог типовых конструкций, 1998 [7]	США, типовые конструкции (по данным деп. транспорта), 2006, для штатов [8]			Россия, СТО Автодор 2.25-2015
					Нью - Йорк	Сев. Каролина	Мичиган	
1	Асфальтобетонный слой, см	32	26	27,5	27,5	33	17,5	28
	Гранулированное основание, см	-	20	12	16	10	45	20
2	Асфальтобетонный слой, см	20	22	21				22
	Гранул. материал, обработанный цементом	20	15	21				18

\*Конструкции представлены с общим модулем упругости на нижней границе основания  $E=120$  МПа (Италия - на 150 МПа)

### Литература

1. Конорев А.С., Конорева О.В., Холадаев А.А., Фарниева М.В., Симакова А.А. Сравнительный анализ дорожных конструкций по критерию усталостного разрушения. //Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3814

2. Конорева О.В., Муравьев Ю.А. Анализ современных методов повышения устойчивости асфальтобетонных покрытий к колееобразованию.



//Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL:  
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3802

3. Углова Е.В., Тиратурян А.Н., Акулов В.В., Валенцев Д.А, Шаталов В.Ю. Учет вероятностной составляющей при назначении проектных модулей упругости слоев асфальтобетона//Инженерный вестник Дона, 2016, №2 URL:  
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3647

4. Углова Е.В., Конорев А.С., Конорева О.В. Учет воздействия транспортного потока при расчете дорожной конструкции на стадии проектирования и определения остаточного ресурса дорожных одежд на стадии эксплуатации//Интернет-журнал науковедение. 2012. № 4 (13)-с.220

5. Углова Е.В., Конорева О.В., Конорев А.С. Разработка каталога нежестких дорожных одежд для автомобильных дорог I-II категорий. Дороги и мосты, Вып. 34-2016. С. 87-101.

6. Кулижников А.М. Результаты экспериментальных исследований транспортно-эксплуатационных характеристик и водно-теплового режима грунтов на участках федеральных автомобильных дорог московской области. Дороги и мосты, Вып. 2-2006. С. 149-159

7. Catalogue des structures types de chaussées neuves / Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement. Edition 1998. 321 p.

8. Guide for Mechanistic - Empirical Design Of New And Rehabilitated Pavement Structures ARA / Inc. ERES Division 505 West University Avenue Champaign, Illinois 61820. – 1999 - 3731 p.

9. Modello di catalogo delle pavimentazioni stradali. Napoli, dicembre 1993. - 46 p.

10. RStO 11 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. Ausgabe 2011. 31 p.

11. ZTV Asphalt-StB 07 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächen befestigungen aus Asphalt. Ausgabe 2007. - 82 p.

## References

1. Konorev A.S., Konoreva O.V., Holadaev A.A., Farnieva M.V., Simakova A.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3814](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3814).
2. Konoreva O.V., Murav'ev Ju.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3802](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3802).
3. Uglova E.V., Tiraturjan A.N., Akulov V.V., Valencev D.A, Shatalov V.Ju. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3647](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3647).
4. Uglova E.V., Konorev A.S., Konoreva O.V. Internet-zhurnal naukovedenie. 2012. № 4 (13).p.220
5. Uglova E.V., Konoreva O.V., Konorev A.S. Dorogi i mosty, Vyp. 34.2016. pp. 87-101.
6. Kulizhnikov A.M. Dorogi i mosty, Vyp. 2.2006. pp. 149-159
7. Catalogue des structures types de chaussées neuves Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement. Edition 1998. 321 p.
8. Guide for Mechanistic. Empirical Design of New And Rehabilitated Pavement Structures ARA Inc. ERES Division 505 West University Avenue Champaign, Illinois 61820.1999. 3731 p.
9. Modello di catalogo delle pavimentazioni stradali. Napoli, dicembre 1993. 46 p.
10. RStO 11 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. Ausgabe 2011. 31 p.
11. ZTV Asphalt.StB 07 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt. Ausgabe 2007. 82 p.