

ОБОСНОВАНИЕ ЭТАЛОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ДЛЯ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Канд. техн. наук А.С. Конорев,
канд. техн. наук С.А. Мирончук,
инженер Г.М. Орловский
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)

Контактная информация: konorev@rosdornii.ru;
mironchuk@rosdornii.ru;
orlovskiygm@rosdornii.ru

Для обоснования устройства будущей «эталонной конструкции» для испытания новейшей установки циклического нагружения симулятор колесной нагрузки «ЦИКЛОС» (СКН «ЦИКЛОС») была проведена работа по поиску, анализу и обзору автомобильных дорог европейской части Российской Федерации. Было проанализировано 95 конструкций автомобильных дорог всех категорий в II–V дорожно-климатических зонах (ДКЗ). Предложены эталонные конструкции дорожных одежд для всех категорий автомобильных дорог.

Ключевые слова: автомобильная дорога, эталонная конструкция, конструкция автомобильной дороги, дорожная одежда, дорожное покрытие, проектирование, дорожно-климатическая зона, категория автомобильной дороги, толщина дорожной одежды, модуль упругости, автомобильные дороги России.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время специалистами ФАУ «РОСДОРНИИ» ведутся работы по внедрению и развитию ускоренных методов испытаний дорожных конструкций с использованием циклической установки, имитирующей воздействие расчетных нагрузок СКН «ЦИКЛОС» (рис. 1). С помощью такой установки можно смоделировать эксплуатацию автомобильной дороги в полном объеме в заданных условиях в течение жизненного цикла всего за несколько месяцев и дать достоверную оценку работоспособности дорожной конструкции [1-5].

В настоящее время осуществляется устройство необходимой инфраструктуры дорожно-испытательного комплекса для новой установки ФАУ «РОСДОРНИИ», и в ближайшее время планируется реализация испытаний с апробированием результатов работы СКН «ЦИКЛОС». В связи с этим для проведения испытаний необходимо разработать

варианты эталонных дорожных одежд автомобильных дорог различных категорий Российской Федерации. В дальнейшем полученные эталонные конструкции дорожных одежд будут использоваться в ходе ускоренных испытаний для сравнения с экспериментальными или исследуемыми конструкциями.

Изменяя материалы, толщины слоев дорожных одежд или технологии строительства и сравнивая результаты испытаний с результатами испытаний эталонной конструкции, можно будет проследивать и анализировать изменение работы всей конструкции и эффективно изучать работоспособность каждого конструктивного слоя при заданных условиях эксперимента.



Рис. 1. СКН «ЦИКЛОС»

Выполнение исследования

Для поиска эталонной конструкции дорожных одежд была проанализирована информация о капитальном ремонте, ремонте и строительстве автомобильных дорог Российской Федерации, в том числе из следующих источников открытых данных: официального сайта единой информационной системы в сфере закупок в информационно-телекоммуникационной сети Интернет (далее – Официальный сайт «ЕИС»); официального сайта государственной компании «Российские автомобильные дороги»; официального сайта ООО «Автодор Инвест»; онлайн библиотеки Zinref.ru.

Для выполнения анализа использовались данные о завершенных закупочных процедурах за последние 5 лет. Поиск информации о

закупочных процедурах выполнялся по запросам «Строительство автомобильной дороги», «Капитальный ремонт автомобильной дороги» и «Реконструкция автомобильной дороги».

Для обоснования эталонной конструкции дорожных одежд были проанализированы конструкции дорожных одежд автомобильных дорог Центрального, Северо-Западного, Южного, Северо-Кавказского и Приволжского федеральных округов. В целом был выполнен анализ информации по автомобильным дорогам 25 субъектов РФ.

Всего было изучено 95 конструкций дорожных одежд, из которых 15 конструкций дорог – I категории, 20 – II категории, 17 – III категории, 12 – IV категории и 31 – V категории. Что касается дорожно-климатических зон (ДКЗ), распределение следующее: 32 конструкции автомобильных дорог из II ДКЗ, 41 – из III, 12 – из IV и 10 – из V, в том числе дороги: М-3 «Украина», М-4 «Дон», М-7 «Волга», М-8 «Холмогоры», М-11 «Нева», М-29 «Кавказ», А-113 и Р-217 (табл. 1).

В данной статье приведена только часть полученных данных, так как большой объем результатов исследования не позволяет изложить информацию полностью.

Таблица 1

Обобщенные данные изучения конструкций дорожных одежд автомобильных дорог по категориям и дорожно-климатическим зонам

<i>Категория а/д</i>	<i>Дорожно-климатические зоны</i>				<i>Общее кол-во</i>
	II	III	IV	V	
<i>I</i>	9	1	5	0	15
<i>II</i>	5	0	6	9	20
<i>III</i>	10	5	1	1	17
<i>IV</i>	6	6	0	0	12
<i>V</i>	2	29	0	0	31
<i>Общее кол-во</i>	32	41	12	10	95

Примечание: а/д – автомобильная дорога.

Анализ результатов исследования

Конструкции рассмотренных дорожных одежд всех категорий автомобильных дорог можно представить в виде общей схемы: два слоя покрытия, два слоя основания и в некоторых случаях устраиваются средний слой основания и дополнительный слой основания (рис. 2).

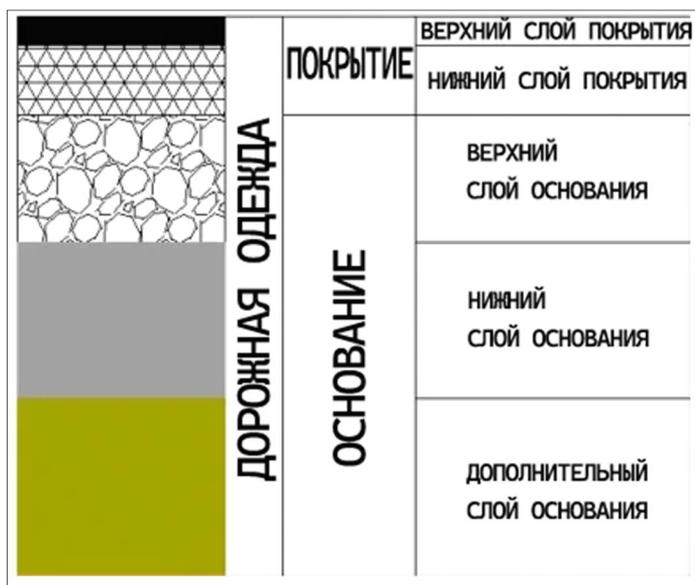


Рис. 2. Конструктивные слои дорожных одежд

Сведя к такой схеме все конструкции автомобильных дорог в дальнейшем были рассмотрены отдельно толщины слоев и отдельно используемые материалы. Были составлены сводные таблицы по каждой категории дорог и дорожно-климатической зоне. Далее приведены примеры таблиц для I категории автомобильных дорог (табл. 2-5).

Для удобного анализа информации были составлены гистограммы. Ниже дан пример такой гистограммы (рис. 3).

Кроме того, были созданы гистограммы отдельно по каждому слою. На примере толщин дополнительного слоя основания (рис. 4) показан общий вид таких гистограмм.

Таблица 2

*Характеристики и толщина конструктивных слоев дорожных одежд
автомобильных дорог I категории*

Номер а/д	I категория автомобильной дороги														Среднее	Медиана	
	<u>A-113</u>	<u>M-11</u>	<u>M-3</u>	<u>M-7</u>	<u>M-7</u>	<u>M-8</u>	<u>ЦКАД</u>	<u>M-4 1522</u>	<u>M-29</u>	<u>M-4 777-933</u>	<u>M-4 930</u>	<u>P-217 574-589</u>	<u>P-217 10-25</u>				
<i>ДКЗ</i>	II	II	II	II	II	II	II	II	III	IV	IV	IV	IV	IV			
<i>K_{np}</i>						1,53	1,51			1,48	1,41	1,54	1,57	1,084		1,4	1,5
<i>E_{упр}, МПа</i>						563,65	412			630	476	711,71	741,39	409,26		563,4	563,7
<i>Толщина слоев, см</i>																	
<i>В.С.П</i>	4	6	6	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	6	5,1	5,0
<i>Н.С.П</i>	5	8	8	5	7	7	7	7	7	8	7	8	8	7	7	7,1	7,0
<i>Геосинтетический материал</i>									ДА		ДА						
<i>В.С.О</i>	7	12	12	12	10	14	8	8	8	8	8	18	8	10	8	10,1	8,0
<i>Ср.С.О</i>				18	30				19	13			15			19,0	18,0
<i>Н.С.О</i>	24	40	52	22	10	34	31	54	25	18	20	30	15	20	42	29,1	25,0
<i>Геосинтетический материал</i>		ДА	ДА			ДА				ДА							
<i>Доп.С.О</i>	25	40	60	35	54	63	30	60	40	24	45	36	15	40	47	40,9	40,0
<i>Геосинтетический материал</i>												ДА					
<i>Общая толщина слоев, см</i>	65	106	138	97	116	123	81	134	104	75	85	97	66	82	110	98,6	97,0
<i>Примечание: а/д – автомобильная дорога; K_{np} – коэффициент прочности; E_{упр} – модуль упругости; В.С.П. – верхний слой покрытия; Н.С.П. – нижний слой покрытия; В.С.О. – верхний слой основания; Ср.С.О. – средний слой основания; Н.С.О. – нижний слой основания; Доп.С.О. – дополнительный слой основания.</i>																	

Таблица 3

*Характеристики и толщина конструктивных слоев дорожных одежд
автомобильных дорог I категории во II ДКЗ*

Номер а/д	I категория автомобильной дороги								Среднее	Медиана	
	А-113	М-11	М-3	М-7	М-7	М-8	ЦКАД				
<i>ДКЗ</i>	II	II	II	II	II	II	II	II			
<i>K_{np}</i>					1,531	1,51			1,5	1,5	
<i>E_{упр}, МПа</i>					563,65	412			487,8	487,8	
<i>Толщины слоев, см</i>											
<i>В.С.П</i>	4	6	6	5	5	5	5	5	5	5,1	5,0
<i>Н.С.П</i>	5	8	8	5	7	7	7	7	7	6,8	7,0
<i>Геосинтетический материал</i>									ДА		
<i>В.С.О</i>	7	12	12	12	10	14	8	8	8	10,1	10,0
<i>Ср. С. О</i>				18	30				19	22,3	19,0
<i>Н.С.О</i>	24	40	52	22	10	34	31	54	25	32,4	31,0
<i>Геосинтетический материал</i>		ДА	ДА			ДА					
<i>Доп.С.О</i>	25	40	60	35	54	63	30	60	40	45,2	40,0
<i>Геосинтетический материал</i>	ДА										
<i>Общая толщина слоев, см</i>	65	106	138	97	116	123	81	134	104	107,1	106,0
<p><i>Примечание: а/д – автомобильная дорога; K_{np} – коэффициент прочности; E_{упр} – модуль упругости; В.С.П. – верхний слой покрытия; Н.С.П. – нижний слой покрытия; В.С.О. – верхний слой основания; Ср.С.О. – средний слой основания; Н.С.О. – нижний слой основания; Доп.С.О. – дополнительный слой основания.</i></p>											

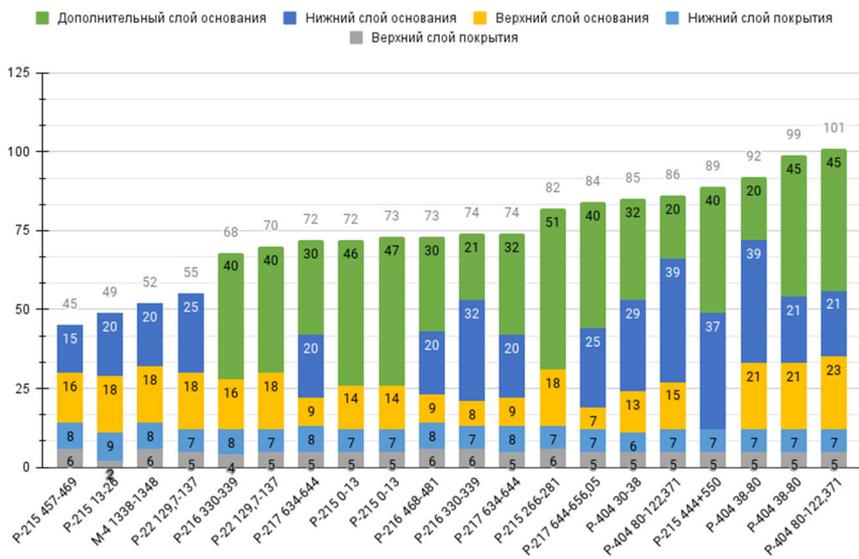


Рис. 3. Конструкции дорожных одежд автомобильных дорог II категории во всех ДКЗ

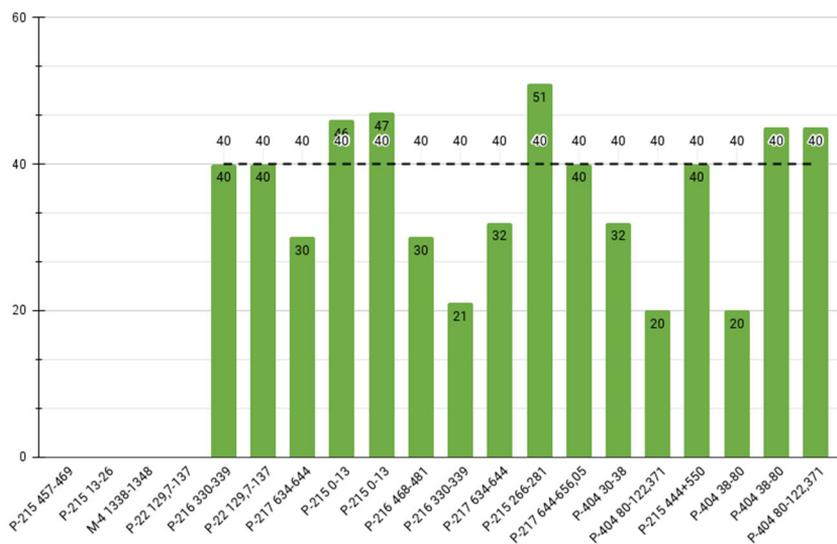


Рис. 4. Дополнительный слой основания автомобильных дорог II категории

Целью представленного исследования было обоснование эталонных конструкций дорожных одежд в зависимости от технической категории автомобильных дорог. В дальнейшем в развитие этого направления исследования планируется уточнение эталонных конструкций дорожных одежд в зависимости от ДКЗ.

Для сравнения конструкций дорожных одежд все медианные значения были сведены в отдельную таблицу (табл. 4).

Таблица 4

Медианные значения коэффициента прочности, модуля упругости и толщин конструктивных слоев по категориям автомобильных дорог

<i>Категория автомобильной дороги</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
<i>Коэффициент прочности</i>	1,5	1,2	1,3	2,3	2,4
<i>Модуль упругости, МПа</i>	563,7	447,0	339,5	318,7	230,7
<i>Толщины слоев, см</i>					
<i>Верхний слой покрытия</i>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
<i>Нижний слой покрытия</i>	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0
<i>Верхний слой основания</i>	8,0	16,0	25,0	20,5	17,0
<i>Средний слой основания</i>	18,0				
<i>Нижний слой основания</i>	25,0	21,0	17,5	19,0	18,0
<i>Дополнительный слой основания</i>	40,0	40,0	39,0	30,5	30,0
<i>Общая толщина дорожной одежды</i>	97,0	73,5	77,0	65,0	65,0

После проведения анализа толщин конструктивных слоев был выполнен анализ материалов слоев дорожных одежд. Для эталонной конструкции отбирали наиболее повторяемый материал, используемый в слоях известных конструкций автомобильных дорог.

Для обеспечения требования п. 6.11.2 ПНСТ 542-2021 к минимальной толщине слоев асфальтобетона над основанием, укрепленным неорганическим вяжущим, было принято решение увеличить толщину слоя горячего плотного крупнозернистого асфальтобетона тип Б, марки I с медианного значения 8 см до значения 10 см.

На основе собранных данных и с учетом корректировочных значений были предложены эталонные конструкции дорожных одежд автомобильных дорог для разных категорий (**рис. 5-6**).



Рис. 5. Эталонная конструкция дорожной одежды автомобильных дорог I категории



Рис. 6. Эталонная конструкция дорожной одежды автомобильных дорог III категории

Толщины слоев для эталонной конструкции дорожных одежд автомобильных дорог были приняты в соответствии с медианными значениями рассматриваемых конструкций соответствующих категорий с округлением в большую сторону, а также с учетом требований ПНСТ 542-2021. Ожидается, что в дальнейшем в связи с увеличением выборки, анализом новых автомобильных дорог и изменением норм проектирования толщины слоев будут корректироваться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного анализа конструкций дорожных одежд автомобильных дорог удалось установить следующее:

- наиболее характерная толщина верхнего слоя покрытия дорог I-V категорий составляет 5 см;
- толщина нижнего слоя покрытия дорог I-IV категорий – 7 см;
- основания на дорогах II-IV категорий устраивают чаще всего в два слоя – 15 см и 20 см верхний и нижний слои соответственно;
- характерная толщина дополнительного слоя основания дорог I-III категорий составляет 40 см;
- характерная толщина дополнительного слоя основания дорог IV и V категорий – 30 см;
- в верхнем слое на дорогах I-III категорий чаще всего используют щебёночно-мастичный асфальтобетон;
- основания дорог III-V категорий устраивают в подавляющем числе случаев из фракционированного щебня;
- песок мелкий преобладает как материал для дополнительного слоя основания на дорогах всех категорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. «РОСДОРНИИ»: Уникальный "Циклос" для ускоренных испытаний [Электронный ресурс] // Дороги и транспорт. – Режим доступа: http://dortransport.com/about/news_post/rosdornii-ciklos-dlya-uskorenyh-ispytaniy (дата обращения: 14.03.2022).
2. РосдорНИИ представил первую установку для проведения ускоренных испытаний дорожных конструкций [Электронный ресурс] // ООО «Трансстройнюс». – Режим доступа: <https://ts-news.ru/road-build/v-rossii-poyavilas-pervaya-ustanovka-dlya-provedeniya-uskorenyh-ispytaniy-dorodnyh-konstrukcij> (дата обращения: 06.04.2022).
3. В России будет разработан метод ускоренных испытаний дорожных конструкций [Электронный ресурс] // Газета

- «Транспорт России». – Режим доступа: <https://transportrussia.ru/razdely/avtomobilnye-dorogi/6987-rossijskie-dorogi-ispytaet-tsiklos.html> (дата обращения: 06.04.2022).
4. РОСДОРНИИ представит новейшие разработки во время «Транспортной недели-2021» [Электронный ресурс] // Портал «Бизнес России». – Режим доступа: <https://glavportal.com/materials/rosdornii-predstavit-novejshie-razrabotki-vo-vremya-transportnoj-nedeli-2021> (дата обращения: 06.04.2022).
5. Специфические задачи строительства скоростных трасс. Опыт М-12 [Электронный ресурс] // Портал «ДорИнфо». – Режим доступа: https://dorinfo.ru/99_detail.php?ELEMENT_ID=108561 (дата обращения: 06.04.2022).

L I T E R A T U R A

1. «РОСДОРНИИ»: Unikal'nyj "Ciklos" dlya uskorenyh ispytanij [Elektronnyj resurs] // Dorogi i transport. – Rezhim dostupa: http://dortransport.com/about/news_post/rosdornii-ciklos-dlya-uskorenyh-ispytanij (data obrashcheniya: 14.03.2022).
2. RosdorNII predstavil pervuyu ustanovku dlya provedeniya uskorenyh ispytanij dorozhnyh konstrukcij [Elektronnyj resurs] // ООО «Transstrojn'yus». – Rezhim dostupa: <https://ts-news.ru/road-build/v-rossii-poyavilas-pervaya-ustanovka-dlya-provedeniya-uskorenyh-ispytanij-dorozhnyh-konstrukcij> (data obrashcheniya: 06.04.2022).
3. V Rossii budet razrabotan metod uskorenyh ispytanij dorozhnyh konstrukcij [Elektronnyj resurs] // Gazeta «Transport Rossii». – Rezhim dostupa: <https://transportrussia.ru/razdely/avtomobilnye-dorogi/6987-rossijskie-dorogi-ispytaet-tsiklos.html> (data obrashcheniya: 06.04.2022).
4. ROSDORNII predstavit novejshie razrabotki vo vremya «Transportnoj nedeli-2021» [Elektronnyj resurs] // Portal «Biznes Rossii». – Rezhim dostupa: <https://glavportal.com/materials/rosdornii-predstavit-novejshie-razrabotki-vo-vremya-transportnoj-nedeli-2021> (data obrashcheniya: 06.04.2022).
5. Specificheskie zadachi stroitel'stva skorostnyh trass. Opyt M-12 [Elektronnyj resurs] // Portal «DorInfo». – Rezhim dostupa: https://dorinfo.ru/99_detail.php?ELEMENT_ID=108561 (data obrashcheniya: 06.04.2022).

.....
**JUSTIFICATION OF REFERENCE STRUCTURES OF ROAD
PAVEMENTS FOR
ACCELERATED TESTING**

*Ph. D. (Tech.) A.S. Konorev,
Ph. D. (Tech.) S.A. Mironchuk,
Engineer G.M. Orlovsky
(FAI «ROSDORNII»)*

*Contact information: konorev@rosdornii.ru;
mironchuk@rosdornii.ru;
orlovskiygm@rosdornii.ru*

In order to justify the building up of the future «reference structure» for testing the advanced cyclic loading installation «CYCLOS», the research, analysis and review studies concerning the roads of the European part of the Russian Federation were carried out. 95 constructions of all categories roads in II-V road-climatic zones were analyzed. Reference pavement structures for all road categories are proposed.

Key words: *road, reference structure, road structure, road pavement, road surface, design, road-climatic zone, road category, road pavement thickness, modulus of elasticity, roads of the Russian Federation.*

Рецензент: канд. техн. наук И.А. Рахимова (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 21.03.2022 г.