

Сравнительный анализ дорожных конструкций по критерию усталостного разрушения

*А.С.Конорев, О.В.Конорева, А.А. Холадаев
Фарниева М.В., Симакова А.А.*

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Аннотация: Приведены результаты сравнительного анализа дорожных конструкций на участках автомагистралей М-4 и М11 по критерию усталостного разрушения. Представлен сопоставительный анализ результатов по предлагаемой методике, основанной на суммировании деформаций, накапливаемых в покрытии за весь срок эксплуатации, и нормативной методике ОДН 218.046-01.

Ключевые слова: проектирование, нежесткие дорожные одежды, асфальтобетонное покрытие, усталостная долговечность, расчет.

Расчет накопления усталостных повреждений в асфальтобетонном покрытии необходимо проводить в течение всего периода года с учетом температур покрытия и влажности грунта земляного полотна, изменяющихся по сезонам или месяцам. В соответствии с разработанным в РГСУ алгоритмом прогнозирования усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий [1] были рассчитаны дорожные конструкции, располагающиеся на участках автомагистралей М-4 и М-11. Исходные данные по слоям дорожных конструкций и по количеству приложения расчетной нагрузки приведены в таблице 1. Расчет конструкций на усталостную долговечность производился в соответствии с разработанным алгоритмом. Блок-схема алгоритма приведена на рис 1. Полную картину о доли накопленных повреждений для каждой из конструкции можно составить по графику, приведенному на рисунке 2.

Таблица № 1

Участок	Наименование конструктивного слоя	Толщина слоя, см	Еобщ, МПа	Число приложений расчетной нагрузки



М4 Км 877 - 890	Щебеночно-мастичный асфальтобетон ЩМА-20 по ГОСТ 31015-2002 на БНДУ 60 по СТО «Автодор» 2.1-2011, модифицированный полимерной добавкой или ПБВ по ГОСТ Р 52056	5	589	1006606 3
	А/б плотный из горячей к/з полимерно-дисперсно-армированной смеси I марки тип А по ГОСТ 9128-2009	7		
	А/б пористый из горячей к/з полимерно-дисперсно-армированной смеси I марки по ГОСТ 9128-2009	7		
	Органоминеральная смесь, обработанная жидким органическим вяжущим (4% эмульсии) с минеральным вяжущим (3% цемента) по ГОСТ 30491-97	20		
	Щебеночно-песчаная смесь непрерывной гранулометрии (С4) при максимальном размере зерен 80 мм ГОСТ 25607-2009	26		
	Песок мелкий	20		
	Грунт: глина	-		
М4 Км 877,326 – 890,476	Щебеночно-мастичный асфальтобетон на БНДУ 60 по СТО «Автодор» 2.1-2011,	4	624	1006606 3
	А/б высокоплотный из горячей м/з щебеночной смеси на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2009	8		
	А/б плотный из горячей к/з щебеночной смеси на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-2009	22		
	Щебеночная смесь с непрерывной гранулометрией при максимальном размере зерен до 40 мм (С5) ГОСТ 25607-2009	56		
	Песок мелкий	20		
	Грунт: глина	-		
М4 Км 907,37 – 912,283	Щебеночно-мастичный асфальтобетон ЩМА-15 ГОСТ 31015-2002	5	567	1006606 3
	А/б пористый из горячей крупнозернистой щебеночной смеси I марки ГОСТ 9128-97	7		
	Георешетка			
	А/б пористый из горячей крупнозернистой щебеночной смеси II марки ГОСТ 9128-97	8		
	Щебеночно-песчаная смесь укрепленная цементом, М 60 F25	20		



	Технологический слой из щебня, уложенный по способу заклинки ГОСТ 8267-93	15		
	Щебень М-800 фр. 40-70мм ГОСТ 8267-93	27		
	Геотекстиль			
	Грунт: суглинок			
М4 Км 1250-1265	Щебеночно-мастичный асфальтобетон из смеси ЩМА-15 ГОСТ 31015-2002 на БНДУ 60 по СТО Автодор2.1-2011,	5	523	1208961 8
	А/б плотный из горячей к/з щебеночной смеси I марки тип А ГОСТ 9128-2009	7		
	А/б пористый из горячей к/з щебеночной смеси I марки ГОСТ 9128-2009	8		
	Органо-минеральная смесь на основе 70% сфрезерованного асфальтобетона и 30% щебеночно-песчаной смеси фр. 0-40 мм М600 с добавлением битумной эмульсии 3% и цемента 4%	9		
	Щебеночно-гравийно-песчаная С ₅ смесь (р-р зерен до 40 мм) по ГОСТ 25607-94 содержание щебня 30%	31		
	Гравийно-песчаная смесь С ₄ (р-р зерен до 40 мм) по ГОСТ 25607-94	45		
	Геотекстиль			
	Грунт: суглинок тяжелый	-		
М4 Км 1285,2-1291,15	Щебеночно-мастичный а/б из смеси ЩМА-15 ГОСТ 31015-2002 на БНДУ 60 по СТО Автодор2.1-2011,	5	577	1208961 8
	Асфальтобетон плотный из горячей крупнозернистой щебеночной смеси I марки тип А ГОСТ 9128-2009	7		
	А/б пористый из горячей к/з щебеночной смеси I марки ГОСТ 9128-2009	8		
	А/б пористый из горячей к/з щебеночной смеси II марки ГОСТ 9128-2009	9		
	Щебеночно-гравийно-песчаная С ₅ смесь (р-р зерен до 40 мм) по ГОСТ 25607-94 содержание щебня 30%	28		
	Гравийно-песчаная смесь С ₄ смесь (р-р зерен до 40 мм) по ГОСТ 25607-94	45		
	Геотекстиль			
	Грунт: суглинок тяжелый	-		



М 11 Км 258 - 334	Щебеночно-мастичный асфальтобетон ЩМА-20 ГОСТ 31015-2002 на БНДУ 85 по СТО Автодор 2.1-2011, модифицированный полимерной добавкой	6	572	7405234
	А/б плотный из горячей к/з дисперсно-армированной смеси I марки, ГОСТ 9128-2009 на битуме 60/90 ГОСТ 22245-90	8		
	А/б пористый из горячей к/з смеси I марки, ГОСТ 9128-97 на битуме 60/90 ГОСТ 22245-90	12		
	Щебеночно-песчаная смесь непрерывной гранулометрии при макс. размере зерен 80 мм, ЦПС-С4 по ГОСТ 25607-2009	45		
	Подстилающий слой из песка	30		
	Грунт рабочего слоя: песок мелкий	-		

По результатам расчета видно, что наиболее долговечная с точки зрения усталости асфальтобетонного покрытия конструкция на участке М-4 км 877-890 и км 1285 с толщиной асфальтобетонного покрытия 34 см и 29 см соответственно. Наименее долговечные конструкции на участке М-4 км 877 и км 1250 с толщиной асфальтобетонного покрытия 19 и 20см.

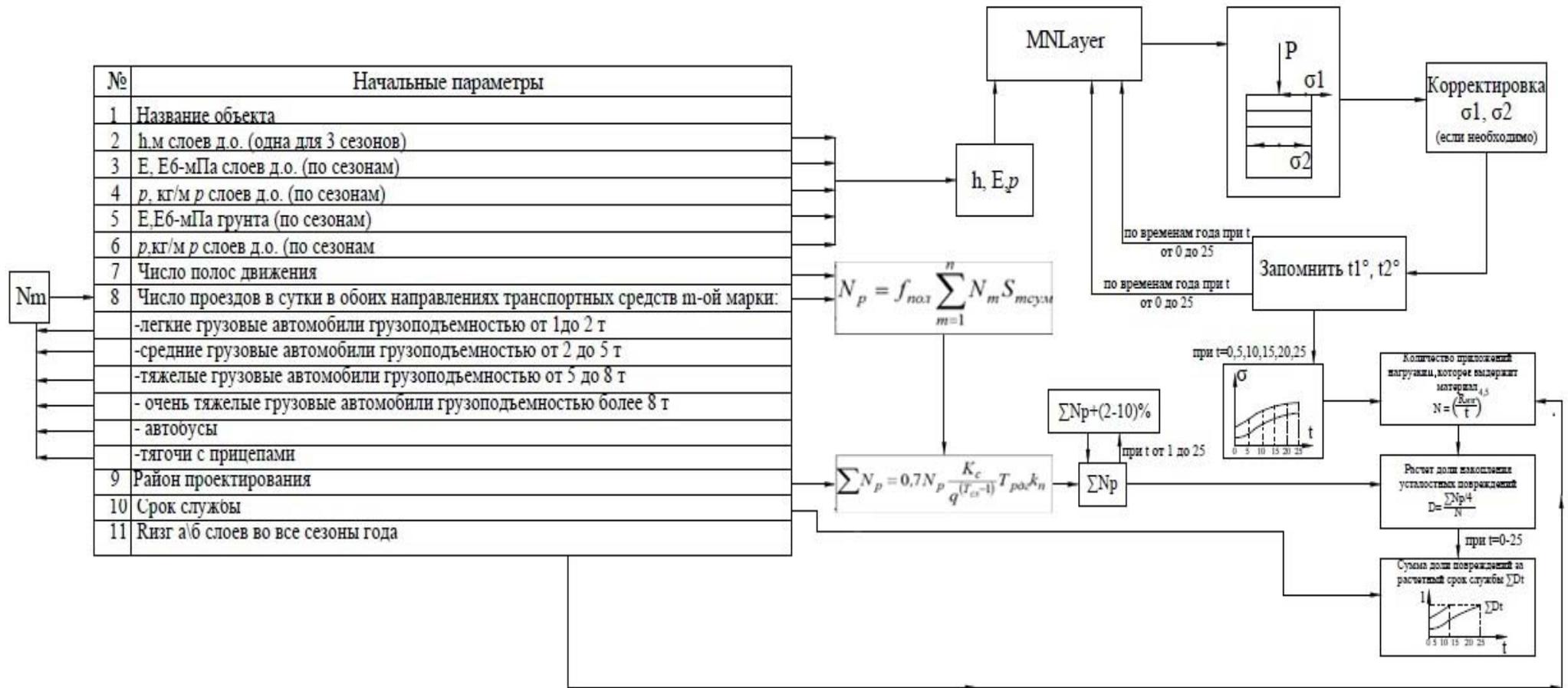
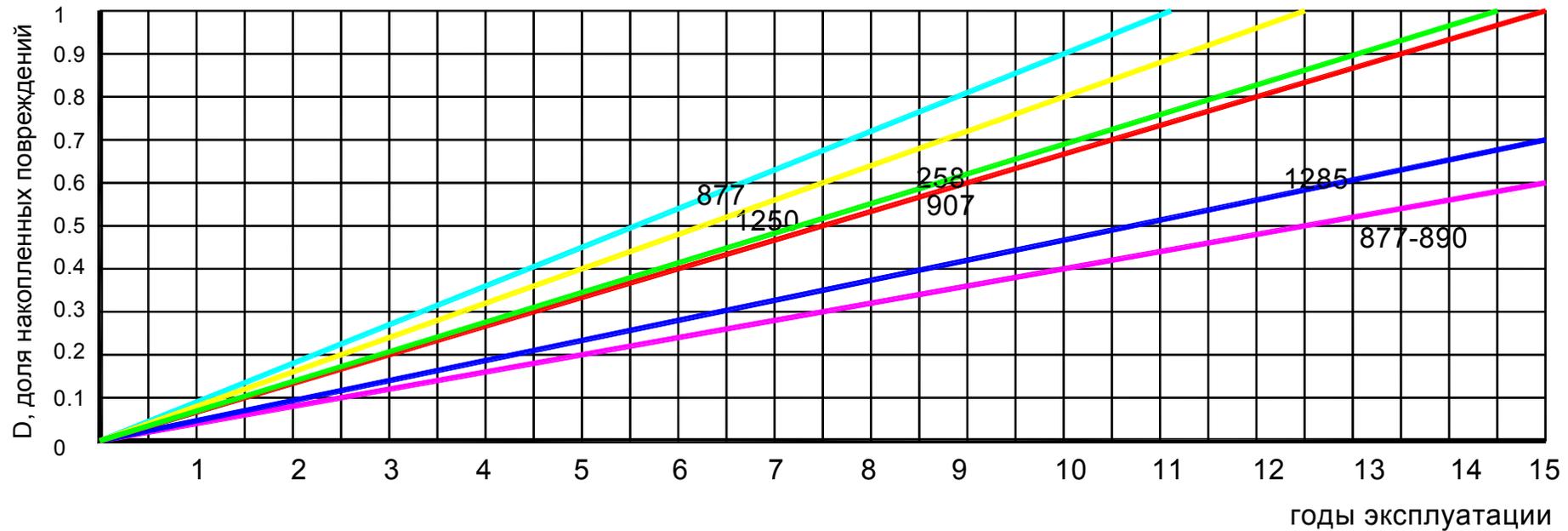


Рисунок 1. Блок – схема расчета конструкций на усталостную долговечность



- Конструкция на М-4 км 877;
- Конструкция на М-4 км 1250;
- Конструкция на М-11 км 258;
- Конструкция на М-4 км 907;
- Конструкция на М-4 км 1285;
- Конструкция на М-4 км 877-890.

Рисунок 2. Накопление усталостных повреждений асфальтобетонных покрытий дорожных конструкций

Асфальтобетонное покрытие этих конструкций прогнозируется быть разрушенным уже на 11-12 год срока службы, тогда как их проектный срок составляет 18 лет. Исходя из графика, за годы эксплуатации в конструкциях накоплена следующая доля усталостных разрушений:

через 10 лет

- М-4 км 877 – 0,9;
- М-4 км 1250 – 0,8;
- М-11 км 258 – 0,7;
- М-4 км 907 – 0,65;
- М-4 км 1285 – 0,47;
- М-4 км 877-890 – 0,4.

через 15 лет

- М-4 км 877 – разрушена;
- М-4 км 1250 – разрушена;
- М-11 км 258 – разрушена;
- М-4 км 907 – 1,0;
- М-4 км 1285 – 0,7;
- М-4 км 877-890 – 0,6.

Сравнение результатов расчета по предлагаемой методике и нормативной методике ОДН 218-046-01 [2-7] по критерию усталостного разрушения, показывает (табл. 2 доля усталостных разрушений показана как 1-D), что результаты согласуются в плане выявления наиболее или наименее долговечных дорожных конструкций. Различие же методик состоит в том, что предлагаемая в данной работе методика предполагает возможность прогнозирования срока службы каждой конкретной конструкции и своевременного назначения различных видов ремонтов, что ведет к сокращению всех видов затрат.



Таблица № 2

<i>Участки дорог</i>	<i>М-4 км 877</i>	<i>М-4 км 877-890</i>	<i>М-4 км 907</i>	<i>М-4 км 1250</i>	<i>М-4 км 1285</i>	<i>М-11 км 258</i>
Доля усталостных разрушений через 10 лет, 1-D	0,1	0,6	0,35	0,2	0,53	0,3
Коэффициент прочности (фактический) по критерию усталостного разрушения по ОДН	1,027	1,949	1,243	1,052	1,535	1,2
Коэффициент прочности (требуемый) по критерию усталостного разрушения по ОДН	1,0	1,1	1,1	1,0	1,1	1,0

Литература

1. Углова Е. В., Илиопов С.К., Селезнев М.Г. К вопросу о разработке современных методов расчета и конструирования дорожных одежд // Современные пути развития автодорожного комплекса: материалы Междунар. науч. конф., г. Омск, 2000 / СибАДИ, 2000. – Вып. 3. - С. 105 - 106.
 2. Радовский Б. С. Проблемы механики дорожно - строительных материалов и дорожных одежд // Избр. труды. - Киев, 2003. С. 26 – 34.
 3. Guide for Mechanistic – Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures ARA / Inc. ERES Division 505 West University Avenue Champaign, Illinois 61820. – 1999. pp. 1 - 30.
 4. Marchionna A., Cesarini M., Formaci M.G., Malgarini M. Modello di degradazione strutturale delle pavimentazione // Autostrade. – 1985. № 1 – 3. ss.1 – 200.
 5. RDO Asphalt 09 «Указания по расчету дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием». Научно-исследовательское общество дорог и транспорта – 2009. С. 309 – 328.
 6. Углова Е.В., Конорева О.В. Разработка каталога нежестких дорожных одежд для автомобильных дорог I-II категорий. «Дороги и мосты» Вып. 34-2016. С. 87-101.
 7. Конорева О.В. Анализ методов прогнозирования усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий. Научное обозрение, 2014. – Вып. №11. С. 3 – 10.
 8. А.Н. Тиратурян, Е.С. Белоусов, В.Ю. Шаталов. Имитационное моделирование ухудшения эксплуатационного состояния нежестких дорожных конструкций на основе вероятностного подхода // Инженерный вестник Дона 2016, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3710
-

9. Николенко М.А., Бессчетнов Б.В. Повышение длительной трещиностойкости асфальтобетона дорожных покрытий // Инженерный вестник Дона, 2012, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/856

10. Углова Е.В., Конорева О.В, Конорев А.С. 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. 1–7.

References

1. Uglova, E. V., Iliopolov S. K., Seleznev M. G. K voprosu o razrabotke sovremennykh metodov rascheta i konstruirovaniya dorozhnykh odezhd. Sovremennye puti razvitiya avtodorozhnogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch. konf., g. Omsk, 2000. SibADI, 2000. Vyp. 3. pp. 105 - 106.

2. Radovskij B. S. Problemy mehaniki dorozhno - stroitel'nykh materialov i dorozhnykh odezhd. Izbr. trudy. Kiev, 2003. pp. 26 - 34.

3. Guide for Mechanistic – Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures ARA. Inc. ERES Division 505 West University Avenue Champaign, Illinois 61820. 1999. pp. 1 - 30.

4. Marchionna A., Cesarini M., Formaci M.G., Malgarini M. Modello di degradazione strutturale delle pavimentazione. Autostrade. 1985. № 1 – 3. pp. 1 – 200.

5. RDO Asphalt 09 «Ukazaniya po raschetu dorozhnoj odezhdy s asfal'tobetonnyim pokrytiem». Nauchno-issledovatel'skoe obshchestvo dorog i transporta, 2009. pp. 309 - 328.

6. Uglova E.V., Konoreva O.V. «Dorogi i mosty» Vyp. 34-2016. pp. 87-101.

7. Konoreva O.V. Nauchnoe obozrenie 2014. Vyp. №11. pp. 3 – 10.

8. A.N. Tiraturjan, E.S. Belousov, V.Ju. Shatalov. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3710



9. Nikolenko M.A., Besschetnov B.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/856

10. Uglova E.V., Konoreva O.V, Konorev A.S. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2012. № 4 (13). pp. 1 - 7.