

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СРОКОВ СЛУЖБЫ  
ЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ  
С АСФАЛЬТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ**

Канд. техн. наук **А.В. Корочкин**  
(Московский автомобильно-дорожный  
государственный технический университет (МАДИ))  
Конт. информация: 8-910-454-66-87;  
andrey\_korochkin@mail.ru

*В статье представлены методики определения сроков службы жестких дорожных одежд в России и зарубежных странах. Анализируются различия в подходах к оценке работоспособности дорожных конструкций. Приводятся основные критерии, которые оказывают влияние на ресурс и долговечность конструкций дорожных одежд. Конкретизированы термины, имеющие отношение к долговечности и сроку службы дорожных одежд. Представлены особенности расчета периода работоспособности жесткой дорожной одежды на стадии выполнения проектных и подготовительных работ. Указаны причины снижения срока службы жестких конструкций, дан прогноз о возможности изменения нормативной базы в перспективном периоде с целью увеличения сроков службы оснований и покрытий автомобильных дорог.*

**Ключевые слова:** асфальтобетон, цементобетон, дорожная одежда, срок службы, долговечность, нагрузка, ровность, прочность.

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в Российской Федерации все чаще автомобильные дороги строятся с жесткой дорожной одеждой. Это вызвано увеличением интенсивности движения, веса и осевых нагрузок транспортных средств.

Проектирование и строительство жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием представляет собой достаточно сложную задачу. Выбор оптимальной конструкции дорожной одежды, технологии ее устройства с применением эффективного материала конструктивных слоев зависит от умения специалистов-дорожников оценить ее срок службы.

В России исследования по срокам службы жестких дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием начали проводиться еще с 80-х годов прошлого века. Заметный вклад в этом направлении внесли труды В.Ф. Бабкова, А.И. Юрченко, М.М. Миранова, А.В. Чернигова, А.С. Гладких, В.С. Агеева, В.П. Олехновича, С.В. Ильина, В.П. Носова, О.П. Афиногенова. Однако, несмотря на значительный объем научно-исследовательских работ по данному вопросу, в ходе которых удалось выявить основные причины быстрого разрушения жестких дорожных одежд, предложить множество вариантов решения и даже спрогнозировать результаты, на сегодняшний день следует отметить недостаточность теоретических знаний и экспериментального опыта, в частности по определению необходимой толщины асфальтобетонных слоев и соответствующих требований к ним.

Из-за дефектов на дорожных покрытиях ухудшается их ровность, снижается скорость и комфортность движения, что приводит при увеличении затрат на эксплуатацию автомобильных дорог и автомобилей к снижению безопасности дорожного движения и, как следствие, росту дорожно-транспортных происшествий.

В последние годы в РФ наблюдается интенсивное образование деформаций и разрушение асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, что обусловлено существенными изменениями условий их эксплуатации, а именно количественным и качественным изменением состава транспортного потока. Так, за период с 2008 г. по 2018 г. количество легковых автомобилей возросло на 76 %, а грузовых – на 15 %, при этом снизилась удельная доля грузовых автомобилей средней грузоподъемности, наряду с существенным увеличением доли малотоннажных грузовых автомобилей, а также тяжелых многоосных грузовых транспортных средств и туристических автобусов. Наряду с увеличением интенсивности движения возрастают нагрузки на ось грузовых транспортных средств (максимальная расчетная нагрузка, согласно [1, 2], составляет 11,5 т, а осевая нагрузка грузовых автомобилей отечественного и иностранного производства – около 14 т). Кроме того, следует отметить улучшение динамических возможностей легковых и грузовых автомобилей массового выпуска, в том числе их максимальных скоростей движения.

По официальным статистическим данным ежегодный темп роста автомобильного парка в России составляет 12 %, а в странах Восточной и Западной Европы – соответственно 5,4 и 2,0 %.

Без проведения в полном объеме ежегодного планово-предупредительного ремонта асфальтобетонных покрытий дорог происходит накопление деформаций и развитие поверхностных разрушений.

Поскольку несущим слоем жесткой дорожной одежды является цементобетонное основание, прочность конструкции со временем не снижается. Существенное влияние на появление пластических деформаций на покрытии оказывает способность асфальтобетона, как упруговязкопластичного материала, при нагревании-охлаждении изменять свои деформативные свойства, из хрупкого состояния переходить в пластичное. Деформативная устойчивость асфальтобетонных покрытий при этом в значительной мере зависит от температуры и продолжительности воздействия нагрузки.

При этом дефекты, снижающие эксплуатационные характеристики дорожного покрытия, накапливаются постепенно за определенный период времени. В течение срока службы различают 3-4 таких периода, которые характеризуются определенным состоянием покрытия [3, 4]. На каждом из них требуется проведение соответствующих мероприятий по содержанию или реконструкции. При этом следует учитывать, что задержка сроков или невыполнение конкретных работ приводит к сокращению продолжительности следующего периода и, как следствие, к удорожанию работ.

Все изложенное выше можно отнести к основным причинам снижения срока службы дорожной одежды, особенно в тех случаях, когда толщина асфальтобетонных слоев значительная.

На практике следует различать межремонтные сроки – расчетные и нормативные, а также фактические сроки службы, определяемые по результатам статистической обработки данных наблюдений за поведением автомобильных дорог в период эксплуатации [5].

*Расчетный срок службы дорожной одежды* – это период времени, в пределах которого снижается несущая способность (коэффициент прочности) дорожной конструкции до уровня, при котором достигается расчетная надежность дорожной одежды и соответствующее ей предельное состояние покрытия по ровности.

*Расчетный срок службы покрытия* – это период времени, в пределах которого увеличивается износ поверхности покрытия до величины, предельно допускаемой по условиям движения. Износ покрытия – увеличение скользкости покрытия одежд за счет уменьшения коэффициента сцепления или уменьшение толщины покрытия (мм/год).

*Нормативный межремонтный срок службы* – это экономически эффективный период времени, равный расчетному сроку службы, при котором обеспечивается минимум суммарных приведенных дорожных, транспортных и внетранспортных издержек.

Для жестких дорожных одежд норму межремонтного срока службы следует принимать равной 25 годам в соответствии с принятым расчетным сроком службы конструкции при проектировании.

*Остаточный срок службы дорожной одежды* – прогнозируемый период времени до момента проведения капитального ремонта автомобильной дороги. Основные цели оценки остаточного ресурса жестких дорожных одежд:

- разработка стратегии принятия решений по управлению состоянием автомобильных дорог для обеспечения расчетного срока службы и эксплуатационной надежности дорожных конструкций;
- определение времени эффективного проведения упредительных ремонтных работ;
- назначение необходимых организационно-технических и диагностических мероприятий.

Ключевыми понятиями являются расчетный ресурс дорожной конструкции и остаточный ресурс дорожной конструкции. Под расчетным ресурсом понимают суммарное число приложений расчетной нагрузки (осевая нагрузка 115 кН) на дорожную конструкцию за расчетный (межремонтный) срок службы, а под остаточным ресурсом – суммарное число приложений расчетной нагрузки от текущего момента эксплуатации до достижения дорожной конструкцией предельного состояния (требующего проведения капитального ремонта).

### **Расчетная надежность дорожной одежды (опыт США)**

Срок службы дорожной одежды определяется по уровню надежности конструкции и задается с учетом допустимой степени разрушения в конце расчетного срока службы в соответствии с требованиями эксплуатационных характеристик. При повышении расчетной надежности увеличивается первоначальная стоимость покрытия. Тем не менее, стоимость содержания уменьшается при более высокой расчетной надежности конструкции.

В Руководстве [6] приведены расчетные критерии (пороговые значения), рекомендуемые при проектировании дорожных одежд (табл. 1).

**Расчетные критерии для цементобетонного покрытия со швами,  
непрерывно армированного покрытия**

Наименование показателя	Величина показателя, %, в зависимости от категории дороги		
	межштатная	основная	второстепенная
Среднее вертикальное перемещение в швах	10	15	20
Количество поперечных трещин в плитах	10	15	20
Международный коэффициент ровности (IRI)	160 дюйм/миля (254 см/км)	200 дюйм/миля (508 см/км)	200 дюйм/миля (508 см/км)

Рекомендуется принимать одно и то же значение надежности для всех эксплуатационных показателей.

### Прогнозирование показателя ровности IRI

Концепция поведения дорожной одежды при эксплуатации включает функциональные и конструктивные аспекты, а также безопасность движения. В Руководстве [7] рассматривается в основном ее функциональное и конструктивное поведение. Информация о безопасности движения содержится в соответствующих публикациях таких организаций, как FHWA<sup>1</sup> и AASHTO<sup>2</sup>. Одной из составляющих безопасности движения является фрикционное сопротивление (сопротивление трению) на поверхности контакта *покрытие – шина автомобиля* (сцепные свойства поверхности покрытия).

*Конструктивное* поведение дорожной одежды касается ее состояния (в случае асфальтобетонных (нежестких) покрытий – усталостное трещинообразование и колеобразование, а в случае жестких покрытий со швами – неровности в швах и трещинообразование или другие дефекты, которые неблагоприятно влияют на несущую способность конструкции дорожной одежды или приводят к необходимости проведения работ по содержанию). Некоторые из таких разрушений могут быть

<sup>1</sup> FHWA – Federal Highway Administration (англ. Федеральная дорожная администрация США).

<sup>2</sup> AASHTO – American Association of State Highways and Transport Officials (англ. Американская ассоциация руководителей дорожных и транспортных служб штатов).

спрогнозированы с помощью механико-эмпирической концепции и учтены в процессе проектирования.

*Функциональное* поведение дорожной одежды касается обслуживания пользователей дороги. Следует отметить, что необходимые геометрические характеристики покрытия для обеспечения расчетной скорости движения принимаются в качестве допущения [8]. Комфорт при движении или ездые качества являются основной характеристикой функционального поведения дорожной одежды. Для количественного определения комфорта при движении исследовательской дорожной группой AASHTO в 1957 г. была разработана концепция «пригодности для эксплуатации» (Pavement Serviceability Index (PSI) – англ. показатель эксплуатационной пригодности (проезжаемости) дорожной одежды) [9]. Во всех предшествующих вариантах Руководства использовались эмпирические расчетные уравнения на основе показателя эксплуатационной пригодности дорожной одежды. При таком подходе пригодность покрытия дорожной одежды для эксплуатации выражается через ее среднюю текущую оценку.

Показатель PSI получают на основе измерений ровности и разрушений (например, трещинообразование, зоны ямочного ремонта, колеиность нежесткого покрытия) в течение срока службы дорожной одежды. Состояние покрытия в продольном профиле является основным фактором при оценке PSI и, следовательно, главным аспектом поведения дорожной одежды в эксплуатации.

Данный показатель выражается эмпирической формулой, полученной в результате проведенных в 1970-е годы испытаний дорог с различными типами дорожных одежд под руководством AASHTO:

$$PSI = 5,03 - 1,91 \log(1 + SV) - 0,01(C + P)^{1/2} - 0,21RD^2 ,$$

где

*SV* – средняя вариация продольной ровности;

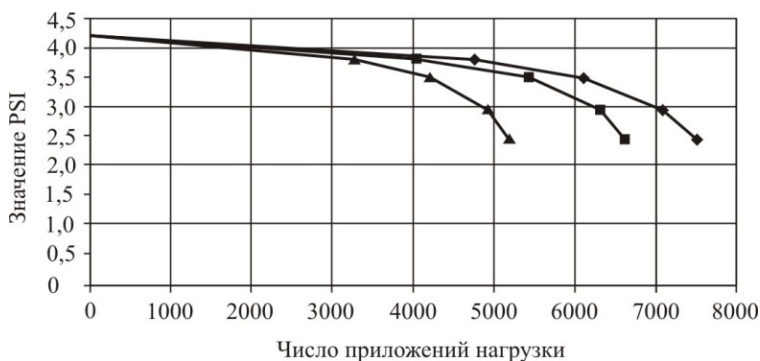
*C* – трещинообразование, м<sup>2</sup>/1000 м<sup>2</sup>;

*P* – выбоины, м<sup>2</sup>/1000 м<sup>2</sup>;

*RD* – глубина колеи, см.

Показатель PSI оценивается по 5-балльной системе (от 1 до 5) и зависит от ровности покрытия, степени трещинообразования и колееобразования. На **рис. 1** представлена зависимость PSI от числа приложений повторной нагрузки.

По мнению японских специалистов, величина PSI определяет более короткий срок службы дорожной одежды [10].



**Рис. 1. Зависимость PSI от числа приложений нагрузки и типа подвески автомобиля:**

◆ – воздушная; 
 ■ – пружинная; 
 ▲ – качающаяся

В Руководстве [7] в качестве функционального показателя поведения конструкции жесткой дорожной одежды при эксплуатации выбрана ровность покрытия, определяемая показателем IRI, который был принят в качестве стандартного критерия по следующим причинам:

- измерения показателя IRI представляют собой результаты статистических вычислений профиля дорожной одежды, и определяются на основе данных высотных отметок по траектории движения колеса автомобиля;
- корреляция между показателем IRI и показателями, полученными с помощью других устройств для измерения ровности, достаточно высокая при различных скоростях измерения;
- значения IRI хорошо коррелируются с оценками пригодности к эксплуатации, предоставляемыми пользователями дороги.

На практике первоначальное значение показателя IRI принимается после завершения строительства (в зависимости от технических требований к ровности при строительстве). Изменения показателя IRI с течением времени прогнозируются как функция разрушения и состояния покрытия с учетом его содержания [9].

В методике проектирования, разработанной в 1993 г. AASHTO, приведены проектные характеристики покрытия, которые удовлетворяют критериям поведения при эксплуатации, основанным на первоначальной и конечной пригодности к эксплуатации. Первоначальная пригодность к эксплуатации  $p_1$  определяется показателем PSI непосредственно после строительства, конечная пригодность к эксплуатации  $p_t$  представляет собой допустимый низкий уровень состояния при эксплу-

атации перед проведением работ по содержанию или восстановлению покрытия.

На основе данных показателей, получаемых при применении современных методов строительства, а также требований к ровности, представлены следующие диапазоны значений первоначальной ровности  $IRI_i$  и конечной ровности  $IRI_t$  для новых или восстанавливаемых покрытий:

- первоначальные (после строительства)  $IRI_i = 50-100$  дюйм/миля (79-158 см/км);
- конечные  $IRI_t = 150-200$  дюйм/миля (238,0-317,5 см/км).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с принятыми правительством РФ новыми межремонтными сроками службы дорожных одежд, по мнению автора, представляется целесообразным совершенствование нормативной и проектной базы в части повышения срока службы дорожных конструкций. Как за рубежом, так и России в этом направлении уже имеется достаточно успешный опыт. Так, ГК «Автодор» был разработан и внедрен документ СТО АВТОДОР 2.4-2013 «Оценка остаточного ресурса нежестких дорожных конструкций автомобильных дорог государственной компании «Российские автомобильные дороги». Автором данной статьи также внесено предложение по подготовке аналогичного стандарта и для жестких дорожных одежд.

Срок службы дорожных одежд является одним из важнейших технико-экономических показателей, определяющих плановую периодичность выполнения и финансирования ремонтных работ. Его рассматривают как период от момента начала проектирования автомобильной дороги, до ввода в эксплуатацию и первого капитального ремонта, а также период между двумя смежными ремонтами в процессе эксплуатации. Для определения приведенной стоимости при вариантном проектировании руководствуются сроком службы, который для дорожных одежд капитального типа с асфальтобетонным покрытием составляет не менее 25 лет. Более выгодным в экономическом отношении вариантом дорожной одежды будет вариант с меньшей суммой приведенных затрат и соответственно с большим значением фактического коэффициента эффективности.

Фактический срок окупаемости  $T_0$  должен быть меньше срока службы варианта и нормативного срока окупаемости  $T_n$ .



## ЛИТЕРАТУРА

1. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* (с Изменением N 1). – Электрон. данные. – М., 2017 // Техэксперт: сайт. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095524> (дата обращения 05.03.2018).
2. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. – М.: Стандартинформ, 2008. – 9 с.
3. Дорожно-строительные материалы: Справ. энцикл. дорожника. Т. III / Н.В. Быстров, Э.М. Добров, Б.И. Петрянин и др.; под ред. Н.В. Быстрова. – М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2005. – 465 с.
4. Холлеран Г. Современные технологии содержания дорожных покрытий / Г. Холлеран, И. Мотина // Дорожная техника. – 2005. – № 6. – С. 192-202.
5. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. – Взамен ВСН 197–91, введ. 2003–12–03 / Минтранс России. – М.: Инфрамавтодор, 2004. – 134 с.
6. Springenschmid R., Mangold M. Curing of Concrete Pavements to Control Thermal Stresses: Proceedings of the 7-th International Symposium on Concrete Roads. – Vienna, 1994. – PP. 95-102.
7. Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures. Part 3. Chapter 4: Design of New and Reconstructed Rigid Pavements / AASHTO. – Washington, 2004. – 144 p.
8. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Chapter 1: Highway Functions / AASHTO. – Washington, 2004. – PP. 1-15.
9. Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures. Part 1: Introduction. Chapter 1: Background Scope and Overview / AASHTO. – Washington, 2004. – PP. 14-15.
10. Yoshida N., Nishi M., Ohnishi K. Deformation Characteristics and Performance of Slag Base-Course with Short Curing Time: Proceedings. Fifth International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields. Vol. III. – Trondheim, 1998. – PP. 1371-1380.

## LITERATURA

1. SP 34.13330.2012. *Avtomobil'nye dorogi. Aktualizirovannaja redakcija SNIp 2.05.02-85\* (s Izmeneniem N 1)*. – *Jelektron. dannye.* – M., 2017 // *Tehjekspert: sajt.* – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095524> (data obrashhenija 05.03.2018).
2. GOST R 52748-2007. *Dorogi avtomobil'nye obshhego pol'zovanija. Normativnye nagruzki, raschetnye shemy nagruzhenija i gabarity priblizhenija.* – M.: Standartinform, 2008. – 9 s.
3. *Dorozhno-stroitel'nye materialy: Sprav. jencikl. dorozhnika. T. III / N.V. Bystrov, Je.M. Dobrov, B.I. Petrjanin i dr.; pod red. N.V. Bystrova.* – M.: FGUP «INFORMAVTODOR», 2005. – 465 s.
4. Holleran G. *Sovremennye tehnologii sodержanija dorozhnyh pokrytij / G. Holleran, I. Motina // Dorozhnaja tehnika.* – 2005. – # 6. – S. 192-202.
5. *Metodicheskie rekomendacii po proektirovaniju zhestkih dorozhnyh odezhd.* – *Vzamen VSN 197–91, vved. 2003–12–03 / Mintrans Rossii.* – M.: Informavtodor, 2004. – 134 s.
6. Springenschmid R., Mangold M. *Curing of Concrete Pavements to Control Thermal Stresses: Proceedings of the 7-th International Symposium on Concrete Roads.* – Vienna, 1994. – RR. 95-102.
7. *Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures. Part 3. Chapter 4: Design of New and Reconstructed Rigid Pavements / AASHTO.* – Washington, 2004. – 144 p.
8. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Chapter 1: Highway Functions / AASHTO.* – Washington, 2004. – PR. 1-15.
9. *Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures. Part 1: Introduction. Chapter 1: Background Scope and Overview / AASHTO.* – Washington, 2004. – PP. 14-15.
10. Yoshida N., Nishi M., Ohnishi K. *Deformation Characteristics and Performance of Slag Base-Course with Short Curing Time: Proceedings. Fifth International Conference on Bearing Capacity of Roads and Airfields. Vol. III.* – Trondheim, 1998. – PP. 1371-1380.

---

**DETERMINATION OF THE ESTIMATED SERVICE LIFE  
OF RIGID PAVEMENT WITH ASPHALT SURFACING**

*Ph. D. (Tech.) A.V. Korochkin*

*(Moscow Automobile and*

*Road Construction*

*State Technical University (MADI))*

*Contact information: 8-910-454-66-87;*

*andrey\_korochkin@mail.ru*

*The article presents methods for determining the service life of rigid pavements in Russia and foreign countries. The differences in the approaches to the evaluation of the efficiency of road constructions are analyzed. The main criteria that influence the service life and durability of the road pavement structures are given. The terms relating to durability and service life of road pavement are specified. Peculiarities of the calculation of the efficiency of rigid pavement at the stage of design and preparatory works are presented. The reasons for the decrease in the service life of rigid pavement are given. The forecast concerning the possibility of changing the regulatory base in the long-term period with the aim of increasing the service life of pavement base and surfacing is done.*

**Key words:** *asphalt concrete, cement concrete, pavement, service life, durability, load, evenness, strength.*

---

Рецензент: д-р техн. наук А.В. Руденский (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 10.01.2018 г.