УДК 625.855.3

ОЦЕНКА СРОКА НАСТУПЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОЙ ПОТРЕБНОСТИ В РЕМОНТЕ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЕВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОНА

Канд. техн. наук **М.А. Славуцкий**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)
Конт. информация: slavutskiy@rosdornii.ru

В статье рассмотрены подходы к сопоставительной оценке сроков наступления фактической потребности в ремонтах в зависимости от результатов испытаний основных потребительских свойств асфальтобетонов на стадии проектирования их составов. Выявлено, что свойства битумного вяжущего оказывают наибольшее влияние на прогнозируемый срок наступления фактической потребности в ремонтах.

Ключевые слова: *потребительские свойства асфальтобетонов, диапазоны изменчивости потребительских свойств, капитальность конструкции дорожной одежды, построечное качество, нижняя PG граница вяжущего.*

1. Подход к оценке влияния конкретных свойств асфальтобетонов на прогнозирование срока появления потребности в последующем ремонте

Имеющиеся в настоящее время нормативно-технические **[1]** и методические **[2]** документы не позволяют прямо оценивать влияние конкретных потребительских свойств асфальтобетонов на срок появления фактической потребности в последующем ремонте. Несмотря на отсутствие подходов, позволяющих в строгом смысле прогнозировать фактические сроки службы асфальтобетонных покрытий, существует возможность выработки методов оценки этого параметра, особенно при применении подхода, взаимно сопоставляющего оценки сроков наступления фактической потребности в последующем ремонте для асфальтобетонов, имеющих различные результаты испытаний основных потребительских свойств в соответствии с **[3-5]** на стадии проектирования этих асфальтобетонов.

Вопрос оценки ожидаемых фактических межремонтных сроков на стадии проектирования асфальтобетонов имеет особое значение для сравнения вариантов с различной стоимостью и различными свойства-

ми. При наличии информации об увеличении срока службы более дорогого варианта асфальтобетона, по сравнению с более дешевым, по методике приведения разновременных затрат, можно определить, какой из данных вариантов является более целесообразным.

В **табл. 1** приведены основные факторы и соответствующие им параметры, которые могут быть определены в лаборатории и позволят численно оценить влияние таких факторов.

Предлагаемый подход к сопоставительной оценке сроков наступления потребностей в последующем ремонте в зависимости от результатов лабораторных измерений параметров, описывающих конкретные потребительские свойства асфальтобетонов, сводится к поиску соотношения средних геометрических для этих параметров при условии их взаимной независимости. Таким образом, при 6 независимых учитываемых параметрах соотношение сроков наступления фактической потребности в последующем ремонте для двух вариантов проектирования асфальтобетонов определяется по формуле **(1)**:

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt[6]{\frac{\Phi_{11} * \ldots\ldots\ldots\ldots * \Phi_{16}}{\Phi_{21} * \ldots\ldots\ldots\ldots * \Phi_{26}}}, \qquad \textbf{(1)}$$

где

T_1, T_2 – оценка сроков наступления фактической потребности в последующем ремонте для 1 и 2 вариантов проектирования асфальтобетона;

Φ_{1i}, Φ_{2i} – лабораторно определенные значения параметров i для 1 и 2 вариантов проектирования асфальтобетонов.

Таблица 1

Факторы, влияющие на срок наступления последующего ремонта, и параметры, позволяющие произвести их численную оценку

Типы факторов	*Взаимонезависимые параметры, позволяющие оценить влияние факторов*	*Примечание*
Капитальность конструкции дорожной одежды	Требуемый модуль дорожной одежды	Применяется на стадии проектирования дорожной одежды
Параметры движения	Суммарное число приложений расчетной нагрузки	

Типы факторов	*Взаимонезависимые параметры, позволяющие оценить влияние факторов*	*Примечание*
Начальная прочность	Начальный модуль упругости (жесткости)	Могут быть применены для оценки соотношения сроков наступления последующего ремонта для различных асфальтобетонов; общее число параметров равно 6
Сопротивление циклическим знакопеременным нагрузкам, усталостная прочность	Количество циклов до падения начального модуля в 2 раза	
Сопротивление износу	Истираемость асфальтобетона	
Стойкость к колееобразованию	Глубина колеи	
Морозоустойчивость, связанная с трещинообразованием при отрицательных температурах	Нижняя PG граница вяжущего*	
Морозоустойчивость, связанная с процессами замерзания-оттаивания воды в порах	Коэффициент водостойкости	
Построечное качество	Диапазон фактических воздушных пустот	Может быть применен на стадии приемки

Примечание: * нижняя температурная граница, при которой битум в покрытии не разрушается, согласно классификации по температурным диапазонам (PG – performance graded).

2. Нормативная база для измерения взаимонезависимых параметров для оценки факторов, влияющих на срок наступления последующего ремонта

В данном случае рассматривается влияние на ожидаемый срок наступления последующего ремонта параметров асфальтобетона, связанных с применяемыми материалами и требованиями к упаковке каменных материалов на стадии подбора состава. Поэтому факторы и соответствующие им параметры, применяющиеся на стадии проектирования дорожной одежды и учитывающие построечное качество, считаются одинаковыми для изучаемых вариантов и, в данном случае, не рассматриваются.

Таблица 2

Параметры асфальтобетонов, влияющие на оценку срока наступления фактической потребности в ремонте, и стандарты для их определения в лаборатории

Наименование фактора	*Стандарт*	*Примечание*
Колееобразование, мм	**[3]**	Температура 60 °С
Истираемость, см^3	**[4]**	Температура 5 °С
Значение первоначального модуля жесткости, МПа	**[5]**	Температура 10 °С; уровень деформации 500 мкм/м; частота приложения нагрузок 10 Гц
Количество циклов до падения начального модуля жесткости в 2 раза, тыс. циклов		
Нижняя PG граница вяжущего, °С	**[6]**	В соответствии с требованиями стандарта
Коэффициент водостойкости	**[7]**	В соответствии с требованиями стандарта

3. Обобщенные результаты экспериментальных работ по определению потребительских свойств различных асфальтобетонов на разных битумных вяжущих

В **табл. 3** и **4** приведены обобщенные результаты экспериментальных работ по определению потребительских свойств различных асфальтобетонов на разных битумных вяжущих.

Таблица 3

Обобщенные результаты лабораторных испытаний основных потребительских свойств подобранных по объемному методу асфальтобетонов с разными вяжущими и одинаковым гранулометрическим составом

Вяжущее	*Начальный модуль жесткости, МПа*	*Кол-во циклов до падения модуля жесткости в 2 раза*	*Колееобразование, мм*	*Истираемость, см^3*
Немодифицированное вяжущее; PG 64-22	3 200-3 400	11-16 тыс.	2,0-2,5	29-32
Модифицированное вяжущее (до 100 000 циклов); PG 76-28	2 800-3 100	58-100 тыс.	1,3-2,0	21-28
Модифицированное вяжущее (100 000 – 500 000 циклов); PG 70-28; PG 70-34	1 500-3 000	165-304 тыс.	1,0-2,0	15-21
Модифицированное вяжущее (более 500 000 циклов); PG 76-40; PG 76-34	1 100-1 500	645-2346 тыс.	1,9-2,0	16-20

Таблица 4

Обобщенные результаты лабораторных испытаний основных потребительских свойств асфальтобетонов, подобранных по различным технологиям из разных магматических каменных материалов

Тип асфальтобетона	*Плотность, гр/см^3*	*Колееобразование при 60 °С, мм*	*Истираемость при 5 °С, см^3*	*Значение первоначального модуля жесткости при 10 °С, в % от жесткости ЩМА по методологии Superpave**
Плотные асфальтобетоны не по методологии Superpave	2,35-2,50	3,0-6,0	30-70	50-70
ЩМА не по методологии Superpave	2,50-2,65	3,0-4,0	15-35	70-100
ЩМА по методологии Superpave	2,55-2,65	2,5÷3,5	15÷40	100
SP асфальтобетон	2,60-2,70	2,0÷3,0	15 ÷45	100-150

Примечание: *Superpave (Суперпейв) – англ. Superior Performing Asphalt Pavement System – Комплексная система проектирования составов асфальтобетонных смесей для получения наилучших заданных характеристик.

4. Выводы и заключение

В **табл. 5** приведены диапазоны изменчивости основных потребительских свойств плотных асфальтобетонов, подобранных из различных магматических каменных материалов и разных вяжущих.

Таблица 5

Диапазоны изменчивости основных потребительских свойств асфальтобетонов (различные технологии; разные гранулометрические составы, битумные вяжущие, минеральные материалы)

Параметры асфальтобетона, размерность	*Диапазон значений (min-max)*	*Мера влияния параметра на оценку срока наступления фактической потребности в последующем ремонте,* $\sqrt[6]{\frac{max}{min}}$
Колееобразование при 60 °С, мм	1,0 ÷ 6,0	1,35
Истираемость при 5 °С, см^3	15 ÷ 70	1,29
Значение первоначального модуля жесткости при 10 °С, МПа	1100 ÷ 3100	1,21
Количество циклов до падения начального модуля жесткости при 10 °С в 2 раза, тыс. циклов	11 ÷ 2346	2,44
Нижняя PG граница вяжущего, °С	-22 ÷ -40	1,10
Коэффициент водостойкости	0,70 ÷ 1,00	1,06

Анализ полученных мер влияния основных параметров, характеризующих потребительские свойства плотных асфальтобетонов, на оценку срока наступления потребности в последующем ремонте показывает следующее:

Во-первых, за счет качества проектирования асфальтобетона (качество битумного вяжущего, минеральной части, методологии подбора), фактические межремонтные сроки могут меняться в 6 раз в зависимости от перехода от наиболее неблагоприятной ситуации к наиболее благоприятной. Соответственно, принимая во внимание наиболее неблагоприятные факторы, связанные с качеством исходных материалов и качеством проектирования асфальтобетона, при которых срок до наступления потребности в следующем ремонте составляет 3-4 года, получаем теоретическую возможность, при высоком качестве исходных материалов и качестве проектирования асфальтобетонов, достижения срока до наступления потребности в следующем ремонте в 18-24 года.

Во-вторых, полученные результаты показывают, что наибольшее влияние на фактические межремонтные сроки оказывает усталостная прочность (количество циклов до падения начального модуля жесткости в 2 раза), определяемая, в первую очередь, качеством битумного вяжущего, которое в свою очередь зависит от качества модификации исходного битума. Данный параметр – качество битумного вяжущего – отвечает за 40 % потенциального увеличения фактического межремонтного срока дорожного покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *ПНСТ 265-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М.: Стандартинформ, 2018. – 73 с.*
2. *ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд / Государственная служба дорожного хозяйства Министерства транспорта Российской федерации. – М.: ГП «Информавтодор», 2001. – 144 с.*
3. *ПНСТ 181-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения стойкости к колееобразованию прокатыванием нагруженного колеса. – М.: Стандартинформ, 2017. – 5 с.*
4. *ПНСТ 180-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения истираемости. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.*
5. *ГОСТ Р 58401.11-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон.*

Метод определения усталостной прочности при многократном изгибе. – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.

6. *ГОСТ Р 58400.8-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения жесткости и ползучести битума при отрицательных температурах с помощью реометра, изгибающего балочку (BBR). – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.*
7. *ГОСТ Р 58401.18-2019. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения водостойкости и адгезионных свойств. – М.: Стандартинформ, 2019. – 7 с.*

L I T E R A T U R A

1. *PNST 265-2018. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd. – M.: Standartinform, 2018. – 73 s.*
2. *ODN 218.046-01. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd / Gosudartvennaya sluzhba dorozhnogo hozyajstva Ministerstva transporta Rossijskoj federacii. – M.: GP «Informavtodor», 2001. – 144 s.*
3. *PNST 181-2019. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye i asfal'tobeton. Metod opredeleniya stojkosti k koleeobrazovaniyu prokatyvaniem nagruzhennogo kolesa.– M.: Standartinform, 2017. – 5 s.*
4. *PNST 180-2019. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye i asfal'tobeton. Metod opredeleniya istiraemosti. – M.: Standartinform, 2019. – 8 s.*
5. *GOST R 58401.11-2019. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye i asfal'tobeton. Metod opredeleniya ustalostnoj prochnosti pri mnogokratnom izgibe. – M.: Standartinform, 2019. – 11 s.*
6. *GOST R 58400.8-2019. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Materialy vyazhushchie neftyanye bitumnye. Metod opredeleniya zhestkosti i polzuchesti bituma pri otricatel'nyh temperaturah s pomoshch'yu reometra, izgibayushchego balochku (BBR). – M.: Standartinform, 2019. – 11 s.*
7. *GOST R 58401.18-2019. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye i asfal'tobeton. Metod opredeleniya vodostojkosti i adgezionnyh svojstv. – M.: Standartinform, 2019. – 7 s.*

EVALUATION OF THE TIMING OF ACTUAL REPAIR NEED FOR ASPHALT LAYERS BASED ON LABORATORY TEST RESULTS WHEN DESIGNING ASPHALT CONCRETE COMPOSITION

Ph. D. (Tech.) ***M.A. Slavutskiy***
(FAI «ROSDORNII»)
Cont. information: slavutskiy@rosdornii.ru

The article deals with the approaches to the comparative assessment of the timing of the actual need for repairs, depending on the results of tests of the main consumer properties of asphalt concretes when designing their compositions. It is revealed that the properties of bitumen binder have the greatest impact on the projected date of timing of the actual need for repairs.
Key words: *asphalt concrete consumer properties, variability ranges of consumer properties, road pavement structure stability, construction quality, PG lower boundary of binder.*

Рецензент: начальник управления лабораторного обеспечения деятельности ОЦК С.Н. Стук (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 06.11.2019 г.