

ПАРАМЕТРЫ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ

Качество битумного вяжущего напрямую влияет на свойства асфальтобетона: в большей степени – на низкотемпературные и среднетемпературные свойства, эксплуатационную долговечность, коррозионную стойкость, адгезию, чуть в меньшей степени – на высокотемпературные характеристики. Понимание свойств битума и их влияния на определяющие качественные характеристики асфальтобетона является доминирующим фактором в выборе материалов для устройства слоев асфальтобетона с высоким сроком службы и долговечностью.

С 2010 года лаборатория АО «ВАД» проводит контроль качества битумных вяжущих после старения в печи RTFO (рис. 1), за это время нами накоплен значительный опыт по определению влияния свойств битума после старения на технологические и технические свойства асфальтобетона. Это позволяет нам определять характеристики битумного вяжущего и контролировать его качество при производстве и укладке асфальтобетонных смесей.

На основании накопленного опыта, анализа действующих нормативных документов и научных

публикаций нами были разработаны внутренние требования к битумным вяжущим (например, для битума БНД 70/100, табл. 1). Эти требования не приводят к необходимости приобретать и модернизировать большое количество дорогостоящего оборудования (в отличие от ГОСТ 33133).

Из дополнительного оборудования (в сравнении с ГОСТ 22245) здесь используется только печь RTFO и вискозиметр Брукфильда. Эти требования не противоречат действующей нормативной документации, а лишь дополняют ее, позволяя выбирать наиболее каче-

ственные битумы на существующем рынке РФ.

Данный подход применим для производственных лабораторий, для текущего контроля качества, выявления потенциальных проблем продукции и основан на проведении испытаний до и после старения, то есть на проверке обеспечения сохранности, стабильности свойств битума во времени.

Битум, помимо высоких исходных качественных физико-механических характеристик, должен обладать достаточной долговечностью, но, к сожалению, на сегодня ни один из параметров, присутствующих как в ГОСТ 33133, так и в проекте ГОСТ Р, не учитывают долговечность битумного вяжущего.

Еще 1960–1970-х годах в США [1] для определения долговечности предложили использовать параметр растяжимость-дуктильность при 60°F (15,5°C) (табл. 2). В нашем случае это растяжимость при 25 градусах после старения (табл. 1, п. 9).

Асфальтобетон с использованием битума с низкой растяжимостью после старения обладает высокой жесткостью, битумные пленки хрупкие и не связывают, не склеивают частицы минерального материала между собой.

Это приводит к низкой долговечности и возникновению уже в начале эксплуатации таких дефектов, как шелушение (вынос мелкой минеральной части и асфальтовяжущего), выкрашивание (вынос крупных зерен, в частности, по колею наката), возникновение выбоин и растрескивание асфальтобетона.



Рис. 1. Печь RTFO для проведения старения битумных вяжущих

№	Наименование показателя	БНД 50/70	Показатели АО «ВАД»		
			Рекомендуемое значение	Допустимые границы	
				нижняя, не менее	верхняя, не более
1	Глубина проникания иглы, 0,1 мм: при 25°C при 0°C	51–70 не менее 18	57–63 не менее 20	55 20	65 28
2	Растяжимость, см при 25°C при 0°C	не менее 60 не менее 3,5	не менее 120 не менее 4,0	90 3,8	150 –
3	Температура размягчения по кольцу и шару, °C	не ниже 51	52	52	54
4	Температура хрупкости, °C	не выше –16	–19	–18	–
6	Температура вспышки	не ниже 230	Не ниже 230		
Показатели после проведения испытания на старение вяжущего по методике ГОСТ 33140					
7	Изменение массы, %	не более 0,6	не более 0,35		
8	Изменение температуры размягчения после старения, °C	не более 7	не более 6		
9	Растяжимость после старения при 25°C, см		не менее 60		
10	Температура хрупкости после старения, °C	меньше –13	–18		
Показатели, определяемые на вискозиметре Брукфильда (шпиндель № 27)					
11	Вязкость при 60 °C, Па·с, до старения		230–270	200	450
12	Коэффициент старения по вязкости Вязкость состаренного/вязкость исходную	–	2,2–2,5	2,0	3,5

Табл. 1. Требования АО «ВАД» к физико-механическим показателям битумов БНД 50/70

Параметр растяжимость после старения до сих пор (декабрь 2018 года) присутствует в спецификациях четырех штатов (Калифорния, Колорадо, Луизиана, Невада), несмотря на повсеместное внедрение системы классификации вяжущих по PG «Суперпейв».

Здесь уместно отметить, что в последнее время в системе «Суперпейв» появился параметр долговечности ΔTс, который напрямую связан с растяжимостью после старения. Эта характеристика очень часто обсуждается и предлагается как показатель для оценки долговечности и потенциального риска трещинообразования из-за старения [2; 3].

№	Дуктильность при 15,5°C (60°F) и скорости растяжения 5 см/мин	Наблюдаемое состояние асфальтобетонного покрытия
1	более 10 см	Удовлетворительно, без видимых дефектов
2	от 8 до 10 см	Шелушение, вынос мастичной части
3	от 5 до 8 см	Выкрашивание
4	от 3 до 5 см	Трещинообразование, требующее ремонта, замены покрытия
5	менее 3 см	Очень плохое, интенсивное трещинообразование, сетка трещин

Табл. 2. Взаимосвязь растяжимости-дуктильности с состоянием покрытия [1]

Примечание 1. При дуктильности в 10 см отсутствует трещинообразование, однако наблюдалось шелушение и некоторое выкрашивание при достижении растяжимости в 10 см в течение более трех лет;

Примечание 2. Независимо от времени, необходимого для достижения дуктильности менее 5 см, это значение ассоциируется с наступлением трещинообразования;

Примечание 3. Интенсивность старения вяжущего является ключевым фактором, но не время (длительность) старения вяжущего.

Показатель ΔT_c определяется как числовая разность между фактическими низкими температурами, найденными по результатам испытания на реометре с изгибающей балочкой (BBR). Фактические низкие температуры определяются на BBR, когда жесткость S равна 300 МПа, и значением низкой температуры, когда m -значение равно 0,300. Методику определения низкотемпературной фактической марки можно найти в инструкции ASTM D7643 «Стандартная практика для определения фактических температур и фактических марок PG для битумных вяжущих» (в России этот процесс представлен в ГОСТ Р 58400.3 – 2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Порядок определения марки»).

Параметр ΔT_c может быть определен для любого битумного вяжущего, независимо от того, чистый это битум или вяжущее, которое было экстрагировано и восстановлено из образца асфальтобетонной смеси.

Впервые ΔT_c был предложен инженером Института Асфальта Майком Андерсоном в 2011 году для измерения потери дуктильности состаренного битумного вяжущего, в качестве части исследования, изучающего взаимосвязь между свойствами битумного вяжущего и трещинами в асфальтобетонном покрытии, не связанными с нагрузкой. Отсутствие движения позволяет битумному вяжущему развивать тип внутренней структуры (тиксотропное затвердевание), которая проявляется в хрупком поведении при воздействии температурных напряжений. Хотя этот процесс похож на температурное растрескивание, исследования показали, что подобное блочное трещинообразование может в большей степени зависеть от возраста асфальтобетонного покрытия, чем от условий окружающей среды [3].

Дуктильность – это способность битумного материала растягивать-

ся без разрушения. Это важное свойство компонента материала для нежестких асфальтобетонных покрытий, потому что тонкие пленки битумного вяжущего между минеральными частицами должны обладать достаточной дуктильностью, чтобы выдерживать напряжения в покрытии, возникающие из-за изменения температуры или под воздействием движения. До внедрения системы «Суперпейв» и классификации по PG растяжимость (дуктильность) после старения по методу RTFO использовалась в качестве параметра релаксации для битумных вяжущих и считалась способом оценки устойчивости к трещинообразованию (см. табл. 2).

Существующая система «Суперпейв» и классификация по PG не включают прямое измерение дуктильности. Вместо этого для прогнозирования устойчивости к трещинообразованию система «Суперпейв» основывается на параметрах релаксации, таких как фазовый угол, измеренный динамическим сдвиговым реометром (DSR) при средних температурах, и m -значение по BBR при низких температурах. Хотя эти параметры подходят для оценки релаксационных свойств, для других типов трещинообразования, но они не устанавливают взаимосвязь между жесткостью и дуктильностью, которая может быть необходима для контроля растрескивания, возникающего из-за старения битумного вяжущего.

Другие исследования показали [3], что по мере того, как некоторые битумные вяжущие стареют, их низкотемпературные релаксационные свойства, определенные по m -значению на BBR, значительно быстрее ухудшаются, чем увеличивается их низкотемпературная жесткость S . Это возвращает нас к возможному использованию параметра ΔT_c . Стандарт AASHTO PP78 «Design Considerations When Using Reclaimed Asphalt Shingles (RAS) in Asphalt Mixtures» (Рекомендации по проектированию асфальтобетонных смесей с использованием регенерированной битумной

кровельной плитки – RAS) уже включает в себя критерии для ΔT_c как часть процесса проектирования смеси. Извлеченные и восстановленные вяжущие вещества из асфальтобетонных смесей, содержащих RAS, выдерживают в сосуде под давлением (PAV) в течение 40 часов до испытания на BBR и определения ΔT_c . Минимальный критерий ΔT_c составляет $-5,0^\circ\text{C}$. Это означает, что восстановленное и состаренное вяжущее с ΔT_c в $-6,0^\circ\text{C}$ уже является неприемлемым.

Таким образом, параметр ΔT_c был предложен как относительно простой метод оценки потери релаксационных свойств битумных вяжущих взамен дуктильности после старения. Данные об этом параметре (как показателе хрупкости связующего) продолжают актуализироваться, но, несмотря на это, отдельные учреждения уже используют его в качестве критерия для анализа качества битумного вяжущего, оценки комбинаций RAS в асфальтобетоне. Также рассматривается возможность расширения его использования для определения воздействия очищенных остатков моторных масел и эффективности омолаживающих добавок, мягких битумов в смесях с содержанием RAP (асфальтогранулята). Одними из первых в России параметр ΔT_c для оценки долговечности битумных вяжущих стали использовать в компании «Роснефть» (РН-Битум).

В 2019 году два штата США принимают параметр ΔT_c в свои спецификации. В январе 2019 года требование ΔT_c будет добавлено в спецификацию на битумные вяжущие дорожного агентства штата Флорида (FDOT). Битумные вяжущие, выдерживаемые в PAV в течение 20 часов, должны иметь значение ΔT_c , большее или равное $-5,0^\circ\text{C}$. Штат Юта убирает тест на прямое растяжение (DTT) для модифицированных вяжущих для всех проектов в следующем году из-за высокой стоимости, ограниченной доступности и обслуживания оборудования. Тест будет заменен параметром ΔT_c $-1,0^\circ\text{C}$ для одного цикла PAV с пределом

соответствия до $-2,0^{\circ}\text{C}$ и минимальной жесткостью на реометре с изгибающей балочкой (BBR) 300 МПа [4].

В связи со всем вышперечисленным считаем, что необходимо провести научно-исследовательскую работу по оценке влияния изменения растяжимости после старения при 25°C на качество битумных вяжущих, производимых в России различными нефтепереработчиками, и асфальтобетонов на их основе и внести данный показатель в национальный стандарт. Также следует организовать сбор и анализ данных по новому параметру ΔT_c для оценки его применимости в условиях РФ.

Измерение вязкости битума уже много лет используется для классификации и определения качества битумных вяжущих в США и Европе, и, в отличие от пенетрации при 25°C , это не условный, а прямой метод измерения вязкости. Но, к сожалению, стандарт ГОСТ 33137 предлагает больше научно-исследовательский подход к измерению вязкости и приводит к необходимости приобретать дорогостоящее оборудование стоимостью 3–5 млн рублей, что абсолютно не подходит для текущего контроля качества.

В АО «ВАД» вязкость битумных вяжущих определяется на вискозиметрах Брукфильда (рис. 2), это достаточно точный метод определения вязкости, и его можно и нужно использовать для производственного контроля. В проекте национального стандарта предлагается определять вязкость до и после проведения старения, при этом ограничивается только нижняя граница по вязкости, что правильно только наполовину. Битум на всем протяжении технологического процесса должен состариться и набрать (увеличить) необходимую вязкость для обеспе-



Рис. 2. Вискозиметр Брукфильда для измерения вязкости битума

чения стойкости к пластическим деформациям, но при этом битум не должен состариться сильно и резко. Высокая склонность к старению приведет к преждевременному разрушению асфальтобетона. К сожалению, в проекте национального стандарта этот факт не учитывается. Предполагается определять интенсивность старения через характеристику битума – изменение температуры размягчения по «кольцу и шару» после старения. Но возникает вопрос, зачем нам необходимо дополнительное, весьма условное испытание, которое слабо характеризует устойчивость вяжущих к старению? В центральной лаборатории АО «ВАД» вязкость измеряется также до и после старения (табл. 1, п. 11), но при этом устойчивость битумов к старению оценивается по коэффициенту старения по вязкости (табл. 1, п. 12). Мы также вынуждены проверять изменение температуры размягчения, поскольку это нормирует ГОСТ 33133, но, как

показала практика, данная характеристика не подтвердила свою эффективность.

В связи с вышесказанным предлагаем:

- провести работы по разработке нового стандарта и внедрению возможности использования вискозиметров Брукфильда для производственного и входного контроля качества;
- внести коэффициент старения по вязкости в требования национального стандарта «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия» взамен изменения температуры размягчения по «кольцу и шару» после старения.

Д.А. Колесник,
руководитель
группы исследования
строительных материалов
ЦИЛ АО «ВАД»
Д.Ю. Котов, заместитель
начальника лаборатории
ООО «АБЗ-ВАД»

Источники:

1. Kandahl, Low Temperature Ductility in Relation to Pavement Performance, ASTM STP 628, Marek, Ed., 1977.
2. Д.А. Колесник, Д.В. Пахаренко. Опыт проектирования и применения смесей суперпейв // Мир дорог. 2017, май.
3. <http://eng.auburn.edu/research/centers/ncat/info-pubs/newsletters/newsspring17.pdf>.
4. <http://eng.auburn.edu/research/centers/ncat/newsroom/2018-fall/2018fallspecs.html>.