

УДК 691.16:539.611

УСЛОВИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО

А.В. Галкин, к.т.н., с.н.с., Я.И. Пыриг, к.т.н., с.н.с.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Рассмотрен вопрос влияния условий подготовки образцов и проведения испытания на результат определения когезионной прочности битумных вяжущих. В соответствии с полученными результатами установлены численные значения требуемых параметров и определены допустимые отклонения, нормированные в проекте ДСТУ «Метод определения показателя когезии».

Ключевые слова: битум, когезия, когезиометр, относительная скорость деформации, температура размягчения.

УМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ КОГЕЗІЙНОЇ МІЦНОСТІ БІТУМНОГО В'ЯЖУЧОГО

А.В. Галкін, к.т.н., с.н.с., Я.І. Пиріг, к.т.н., с.н.с.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розглянуто питання впливу умов підготовки зразків і проведення випробування на результат визначення когезійної міцності бітумних в'язучих. Відповідно до отриманих результатів встановлено чисельні значення необхідних параметрів і визначено допустимі відхилення, нормовані у проекті ДСТУ «Метод визначення показника когезії».

Ключові слова: бітум, когезія, когезіометр, відносна швидкість деформації, температура розм'якшеності.

CONDITIONS OF MEASUREMENT OF BITUMEN BINDERS COHESION STRENGTH

A. Galkin, Ph. D. (Eng.), Sr. Researcher, Ya. Pyrih, Ph. D. (Eng.), Sr. Researcher,
Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The problem of influence of samples preparation conditions and conducting tests on the result of determining the cohesive strength of bitumen binders is considered in the given article. On the basis of experimental studies, the numerical values of required parameters are established and the permissible deviations normalized in the DSTU project «Method for the Cohesion Value Definition» are determined.

Key words: bitumen, cohesion, cohesiometer, relative strain rate, softening point.

Введение

Когезия является одной из фундаментальных характеристик вещества, лежащих в основе прочностных свойств твердых и вязкоупругих тел. Когезионная прочность может предоставить более информативные сведения о свойствах органических вяжущих по сравнению с условными характеристиками, используемыми в отечественных стандартах,

что позволит с большей точностью прогнозировать поведение асфальтобетонов в покрытиях.

Анализ публикаций

К настоящему времени существующие методы определения когезионной прочности битумного вяжущего можно условно разделить на две основные группы. Первая из них оце-

нивает способность вяжущего удерживать зерна минерального материала на поверхности асфальтобетонного покрытия. В этой группе для битума, используемого для поверхностной обработки, методы определения когезии имитируют отрывающие усилия, возникающие под действием колеса автомобильного транспорта. Наиболее известными из этих методов являются: маятниковый метод определения когезии Vialit согласно EN 13588-2008 [1], метод определения клеящей способности битумной эмульсии – Frosted Marble Cohesion test [2]; метод определения силы адгезионного или когезионного отрыва слоя битума от поверхности каменного материала – Bitumen Bond Strength Test [3].

Другая группа методов связана с определением когезионных характеристик вяжущего как составляющей асфальтобетона. К этой группе можно отнести испытания, адаптированные для оценки когезии: по дуктильности (EN 13589, EN 13398), по прямому растяжению методом DTT. Также существуют разработки фирмы DuPont [4] и МАДИ [5], изначально направленные на определение когезии битумов.

Всем указанным методам присущи определённые недостатки. Так, условия оценки битума как составляющего поверхностной обработки не отвечают условиям их работы в асфальтобетонном покрытии, испытания, адаптированные для оценки когезии, отличаются высокая стоимость оборудования; в более простых методах оценки когезии зачастую не контролируются основные параметры – скорость деформации вяжущего и температура проведения испытания. В ХАДИ изучение когезии битумных вяжущих ведётся в развитии исследований А.С. Колбановской, выполненных в СоюзДорНИИ [6]. С 1985 г. разработаны несколько прототипов когезиометра, установлены оптимальные схемы проведения испытания. Накопленные экспериментальные результаты имеют целью разработку проекта ДСТУ "Метод определения показателя когезии".

Цель и постановка задачи

Для обеспечения надёжности результатов необходимо было установить условия подготовки образцов и проведения испытания, обеспечивающие минимальный разброс по-

лучаемых данных. Также для численных значений требовалось определить допустимые отклонения, позволяющие получить результат с достаточной точностью.

Условия подготовки образцов

При определении когезионной прочности по максимальному сопротивлению сдвигу битумной плёнки необходимо обеспечить строго фиксированную толщину образца. Для толщины в 200 мкм (0,2 мм) это достигается деформированием 28,8 мг битума между рабочими плёнками до получения пятна диаметром 12 мм. Ограничителями служат мерные пластины такой же толщины, размещаемые между плёнками (рис. 1).

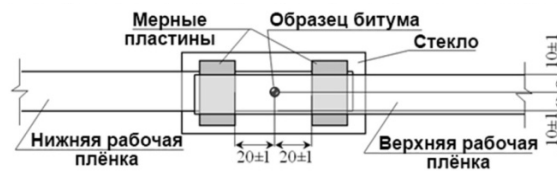


Рис. 1. Схема размещения навески битума при приготовлении образцов

Для ускорения приготовления образца на верхнюю стеклянную пластину устанавливается нагретый груз 0,5 кг. При превышении определенной температуры разогрева груза ограничители не останавливают уменьшение толщины битумного образца – диаметр пятна продолжает увеличиваться (рис. 2).

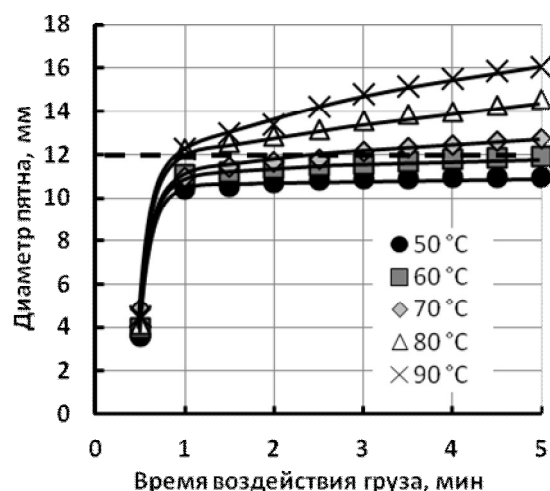


Рис. 2. Динамика изменения диаметра образца битума БНД 90/130 при разных температурах нагрева груза

Для всех исследованных битумов критической температурой, при которой проявляется указанный эффект, является температура, превышающая температуру размягчения на 30 °С. Эта температура, вероятно, является температурой, при которой битум приобретает подвижность, достаточную для проявления эффектов смачивания поверхности плёнок.

Для того чтобы избежать как получения толщины меньше требуемой, так и неоднородности толщины по площади пятна, максимальная температура разогрева была ограничена температурой, превышающей температуру размягчения вяжущего на 20 °С. Достаточность этого условия была проверена на битумах БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130 и битумополимере с концентрацией полимера типа СБС 3, 4 и 5 % (табл. 1).

Таблица 1 Динамика изменения диаметра пятна от времени и температуры для разных вяжущих

Битум	P ₂₅ , 0,1 мм	Tr, °C	T _{гтвза} , °C	Диаметр битумного образца, мм, при длительности нагружения, мин										
				0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	
Мозырь БНД 40/60	58	52,0	60	4,62	10,69	11,22	11,38	11,42	11,47	11,50	11,58	11,71	11,74	
			70	4,68	12,13	12,31	12,46	12,55	12,63	12,70	12,72	12,79	12,81	
			80	4,67	12,78	13,05	13,53	13,59	13,62	13,75	13,97	14,05	14,08	
Мозырь БНД 60/90	77	48,5	60	3,97	11,31	11,47	11,65	11,70	11,79	11,79	11,85	11,87	12,01	
			70	4,47	12,08	12,49	12,64	12,69	12,81	12,96	12,98	13,22	12,99	
Мозырь БНД 90/130	106	46,0	60	3,96	12,54	12,78	12,99	13,02	13,10	13,26	13,47	13,55	13,60	
			70	4,40	13,04	13,48	13,82	14,02	14,35	14,53	14,83	14,98	-	
40/60 + СБС, %	0	48	49,4	70	4,84	12,19	12,53	12,70	12,88	12,94	12,96	12,98	13,02	13,06
	3	36	53,6	70	4,26	12,24	12,62	12,93	12,98	12,99	13,01	13,03	13,05	13,13
	4	33	57,4	80	5,26	12,66	13,24	13,62	13,83	14,06	14,16	14,12	14,18	14,21
	5	28	77,5	100	5,31	13,22	13,81	14,15	14,40	14,82	14,98	15,12	15,23	15,27

Согласно полученным данным при температуре, превышающей температуру размягчения на 20 °С, образцы всех вяжущих достигают требуемого диаметра в течение 30–60 с.

На стадии предварительных испытаний было изучено влияние времени, прошедшего после приготовления образца до начала испытания, на значение когезии. Более подробно этот эффект был исследован для двух битумов – БНД 40/60 и БНД 60/90 (рис. 3).

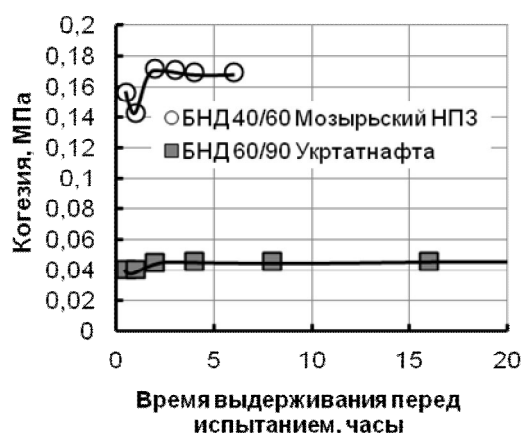


Рис. 3. Динамика изменения значений когезии битумов от времени, прошедшего после приготовления образцов

Наибольшее изменение значений когезии наблюдается в первые два часа после приготовления образца. После четырёх часов значения стабилизируются, что позволяет ограничить время выдерживания образцов после приготовления четырьмя часами.

Изменение массы груза в пределах от 0,3 до 1 кг не оказало существенного влияния на динамику растекания образцов при приготовлении.

Предварительно было установлено, что изменение диаметра образца при равной толщине приводит к увеличению разброса данных. Более детально влияние площади образца на значения когезии при равной толщине проанализированы для двух битумов близкой пенетрации – Мозырьского НПЗ (P₂₅ = 77 × 0,1 мм) и Лисичанского НПЗ (P₂₅ = 77 × 0,1 мм) (рис. 4).

Полученные результаты указывают на существенное возрастание значений когезии при снижении площади менее 100 мм², что может быть связано как с масштабным фактором, так и с изменением схемы напряжённого состояния. Диаметр образцов в 12 мм обеспечивает площадь в 113 мм², которая отвечает

зоне стабилизации, что гарантирует минимальный разброс значений когезии при возможном отклонении диаметра в 0,5 мм (при одинаковой толщине образца в 200 мкм).



Рис. 4. Зависимость значений когезии битумов от площади образцов при равной толщине

Параметры проведения испытания

Прочностные характеристики асфальтобетонных зависят от скорости приложения нагрузки, что обусловлено природой органического вяжущего, являющегося неньютоновской жидкостью. Изменение скорости растяжения склейки когезиометра изменяет относительную скорость сдвига слоёв вяжущего при проведении испытания. Аналогичное изменение можно обеспечить за счёт разной толщины плёнки битума.

Зависимости когезии от скорости были изучены для всех исследованных вяжущих. На рис. 5 приведена характерная скоростная зависимость когезии для битума исходного и модифицированного разной концентрацией полимера СБС. Изменения когезии при модификации битума полимером происходят в соответствии с изменениями пенетрации, поскольку обе они обусловлены повышением консистенции битума при введении полимера. Для стандартизации метода была принята относительная скорость сдвига, равная одной обратной секунде. При этом высокая чувствительность когезии к скорости сдвига приводит к необходимости ограничения отклонения толщины битумной плёнки в 0,005 мм при общей толщине плёнки 0,2 мм. При принятой скорости движения захватов когезиометра в 0,2 мм/с отклонения скорости растяжения склейки при испытании должны поддерживаться в пределах 0,01 мм/с.

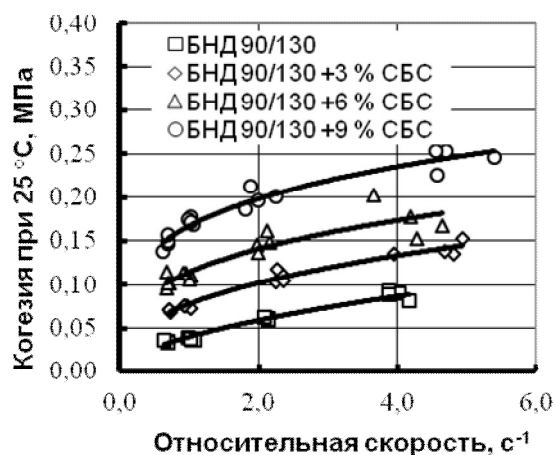


Рис. 5. Скоростные зависимости когезии для битумов и БМП

Наибольшее изменение значений когезии связано с влиянием температуры. Согласно полученным температурным зависимостям когезии для битумов трёх марок (рис. 6) отклонение температуры проведения испытания на 1 °С приводит к изменению когезии на 10 %, что выходит за пределы допустимых отклонений. Таким образом, при стандартной температуре испытания в 25 °С допустимое отклонение было принято в 0,5 °С, но и в этом случае температурный режим определения когезии является фактором, способным вызвать наибольшую ошибку испытания.

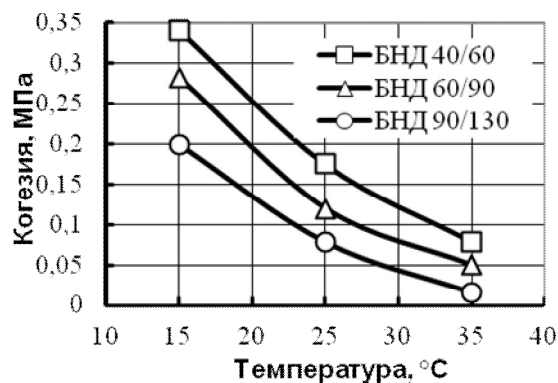


Рис. 6. Температурные зависимости когезии для битумов разных марок

Установленные режимы были использованы для трёх марок битумов БНД 40/60, БНД 90/130 и БНД 130/200 и трёх битумополимеров, полученных на битуме БНД 90/130 с концентрациями полимера 3, 6 и 9 %. Статистическая обработка полученных результатов приведена в табл. 2.

Согласно полученным данным наибольший разброс значений когезии характерен для

наименее консистентного битума с пенетрацией $193 \times 0,1$ мм, что можно объяснить наибольшей чувствительностью готового

образца к малейшим деформациям при термостатировании и размещении в зажимах когезиометра.

Таблица 2 Статистическая оценка результатов определения когезии для разных вяжущих

Значение	Вяжущее					
	Б6	Б3	Б0	Б3 +3 % СБС	Б3 +6 % СБС	Б3 +9 % СБС
Пенетрация при 25 °С, $\times 0,1$ мм	40	120	193	60	47	33
Количество значений	10	10	10	10	10	10
Среднеарифметическое значение, МПа	0,21	0,038	0,016	0,081	0,121	0,209
Среднеквадратическое отклонение	0,011	0,002	0,001	0,004	0,005	0,016
Коэффициент вариации, %	5,23	5,3	8,6	4,53	3,74	7,59
Пределы действительного значения, МПа	$0,21 \pm 0,011$	$0,038 \pm 0,002$	$0,016 \pm 0,001$	$0,081 \pm 0,004$	$0,121 \pm 0,005$	$0,209 \pm 0,013$
Относительная погрешность, %	5,17	5,21	6,62	4,82	4,37	6,23
Минимальное количество значений при 5 % относительной погрешности	5,60	5,75	15,14	4,20	2,86	11,79
Минимальное количество значений при 10 % относительной погрешности	1,40	1,44	3,78	1,05	0,72	2,95

Для битума модифицированного 9 % полимера также отмечено значительное отклонение значений когезии от среднего, что может быть связано как с особенностями подготовки образца к испытанию, связанными с высокоэластическими свойствами подобных БМП, так и с возможной неоднородностью распределения полимера в вяжущем при высоких концентрациях.

Выводы

На основе проведенных исследований в качестве оптимальных приняты следующие параметры подготовки и проведения испытаний: масса образца должна составлять $22,8 \pm \pm 0,5$ мг; толщина образца (толщина мерных щупов) – $0,2 \pm 0,005$ мм; диаметр образца – $12 \pm 0,5$ мм; температура разогрева груза при приготовлении образца – не выше 20 °С от температуры размягчения; выдерживание образца после приготовления при комнатной температуре – не менее 4 часов; скорость растяжения склейки – $0,2 \pm 0,01$ мм/с; температура термостатирования образцов и проведения испытания $25 \pm 0,5$ °С; погрешность измерения усилия при испытании – 0,05 Н.

Литература

1. Bitumen and bituminous binders. Determination of cohesion of bituminous binders with pendulum test: EN 13588-2008 – Brussels.

European committee for standardization. – 2008. – 22 p.

- Howard Isaac L. Performance Oriented Guidance for Mississippi Chip Seals-Volume I / Isaac L. Howard, Walter S. Jordan, Jason M. Barham, Alejandro Alvarado, Ben C. Cox. – Mississippi State University. – 2013. – 191 p.
- Hagos E.T. The Effect of Aging on Binder Properties of Porous Asphalt Concrete / E.T. Hagos. – Dissertation. – Wohrmann Print Service, Zutphen (The Netherlands). – 2008. – 321 p.
- Babcock, Gregg B. Study of Asphalt Binders using Lap Shear Bonds / Gregg B. Babcock, Robert J. Statz, Diug S. Larson // Proceedings of the 43rd Annual Conference of Canadian Technical Asphalt Association / Canadian Technical Asphalt Association. – Vancouver, Canada. – 1998. – Vol. XLIII. – P. 1–15.
- Васильев Ю.Э. Разработка системы и методики для численной оценки когезионной и адгезионной прочностей битума / Ю. Э. Васильев, И. В. Субботин, С. М. Шелест, А. Д. Степанищев // Наукоедение. – № 5 (24). – 2014. – С. 1–13.
- Колбановская А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов. – М.: Транспорт, 1973. – 264 с.

Рецензент: С. Н. Толмачёв, профессор, д.т.н., ХНАДУ.