



*В.А. Шорин, А.Ю. Вельсовский*  
 Вологодский государственный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕФТЯНОГО ДОРОЖНОГО БИТУМА МОСКОВСКОГО НПЗ С МОДИФИЦИРОВАННОЙ БИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ HONEYWELL

Данная работа посвящена вопросам исследования факторов, улучшающих свойства нефтяных дорожных битумов, в частности степени влияния модифицирующих добавок. Объектами исследования выбраны дорожный битум марки БНД 69/90 Московского НПЗ и перспективная модифицирующая бифункциональная добавка Honeywell. Впервые проведено комплексное исследование реологических и адгезионных свойств дорожного битума, модифицированного добавкой Honeywell. Выявлены четкие коррелятивные связи влияния концентрации добавки Honeywell на вязкость, температуру размягчения, дуктильность и величину адгезии модифицированного битума.

Нефтяной дорожный битум, модифицирующие добавки, реологические свойства, вязкость, температура размягчения, дуктильность, спектрофотометрический метод, когезия, адгезия битума.

Дорожное строительство является одной из важнейших отраслей современной экономической системы любой страны, формируя ее транспортную инфраструктуру. Особенно это актуально для России с ее огромной территорией, суровыми природно-климатическими условиями, растущим количеством автоперевозок промышленных грузов и ростом личного автопарка жителей страны.

Большое значение в этом плане имеет качество и долговечность асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог. Асфальтобетон – это строительный композиционный материал, который получают в результате затвердевания уплотненной смеси органического вяжущего (битума), заполнителей (щебня, гравия, песка или отсева), минерального порошка и добавок. Качество асфальтобетона во многом определяется техническими свойствами битума, который выполняет роль связующего материала.

При этом надлежащее качество битума сегодня не обеспечивает никто из российских производителей этого материала [1]. В России производство битума сосредоточено на крупных нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ), где битум является остаточной частью производства нефтепродуктов и качество этого материала находится на низком уровне. По данным отчетов V Конгресса «Евроасфальт и Евробитум», роль вяжущих в процессах разрушения покрытия велика: около 90 % в случае термического растрескивания, примерно 60 % при усталостном растрескивании и около 40 % при постоянной деформации [2]. Таким образом, эксплуатационная надежность дорог с длительным сроком службы и низкой стоимостью технического обслуживания в значительной степени зависит от вяжущего.

Представляется, что сегодня единственный способ повысить качество битума в России – применять модифицированный битум с полимерными и адгезионными добавками [3, 5, 6].

Процесс структурообразования битумо-минеральных композитов обязан, прежде всего, адгезионному взаимодействию битумного вяжущего с поверхностью минерального заполнителя. Адгезионное сцепление дорожного битума с поверхностью минеральных частиц имеет первостепенное значение для обеспечения основных свойств асфальтобетона. Не менее важной характеристикой, которая отвечает за структурно-механические (реологические) свойства битумов, является когезия битума. Когезия – сцепление внутри слоя битумного вяжущего.

Адгезионные свойства нефтяных дорожных битумов можно увеличить за счет введения специальных адгезионных присадок, таких как «Дорос-АП», «Азол-1008», «Амдор-9», Sasobit, Wetfix-VE и др. Добавление ПАВ к битуму заметно улучшает обволакивание частиц и прилипание пленки вяжущего (адгезию) к каменным материалам кислых пород, поэтому эти добавки называются адгезионными. Улучшение адгезии существенно повышает качество асфальтобетонных смесей и, соответственно, дорожных покрытий.

Когезионные свойства нефтяных дорожных битумов можно значительно усилить путем введения различных полимерных материалов (дивинилстирольный термопласт, ДСТ-30, добавку «Кратон» и др.)

Особенность добавки Honeywell заключается в ее способности одновременно усиливать как когезионные, так и адгезионные свойства нефтяных дорожных битумов. Honeywell – многофункциональная добавка, комбинирующая свойства низкотемпературной укладки, эффективного сопротивления деформациям дорожного полотна и хорошую адгезивность. Honeywell состоит из функционального низкомолекулярного полиэтиленового воска – это порошок средней крупности, белого цвета. Эта добавка отлично сочетается практически со всеми разновидностями

битумов. Добавка в битуме с легкостью диспергируется при 150 °С с использованием простой мешалки.

Основные преимущества, обеспечиваемые добавкой:

- Увеличение срока службы покрытия: повышение устойчивости и колеежности.

- Улучшение адгезионных характеристик: улучшение способности к агломерированию, повышение водостойкости.

- Снижение затрат при строительстве новых дорог: повышение производительности благодаря легкости смешения (отсутствие необходимости в специальном оборудовании с большим усилием сдвига).

- Повышение скорости укладки: для достижения тех же результатов требуется меньше проходов катка.

Авторами проведено комплексное исследование реологических (вязкость, температура размягчения, дуктильность) и адгезионных свойств дорожного битума Московского НПЗ модифицированного бифункциональной добавкой Honeywell. Согласно ГОСТ 33133-2014 «Дороги автомобильные общего пользования, битумы

нефтяные дорожные вязкие» были определены важнейшие эмпирические показатели, такие как пенетрация при 25 °С и 0 °С, температура размягчения, растяжимость битумов (дуктильность) при температуре 25 °С и 0 °С. Данные показатели тесно связаны с реологическими характеристиками и могут использоваться для оценки структуры и качества битумов [4].

Результаты экспериментальных исследований влияния концентрации добавки Honeywell на величину пенетрации (глубины проникания иглы) при 25 °С приведены в таблице 1.

Результаты исследования выявили зависимость уменьшения значения глубины проникания иглы с увеличением роста концентрации добавки Honeywell. Таким образом, был сделан вывод, что при вводе добавки увеличиваются когезионные силы в битуме, а также повышается вязкость битумного вяжущего.

В таблице 2 приведены результаты испытаний модифицированного вяжущего с добавкой Honeywell на основе битума Московского НПЗ БНД 60/90 при температуре 0°С.

Таблица 1

**Результаты исследования влияния добавки Honeywell на величину глубины проникания иглы при 25 °С битума БНД 60/90 Московского НПЗ**

Вид битумного вяжущего	1-е значение пенетromетра	2-е значение пенетromетра	Глубина проникания иглы, °П	Среднее значение глубины проникания иглы, °П
БНД 60/90	67	136	71	73
	63	138	75	
	69	142	73	
БНД 60/90 (+1,0%-й Honeywell)	66	120	54	56
	70	127	57	
	71	128	57	
БНД 60/90 (+1,5%-й Honeywell)	65	118	53	54
	69	124	55	
	67	121	54	
БНД 60/90 (+2,0%-й Honeywell)	65	119	54	53
	68	120	52	
	70	123	53	

Таблица 2

**Результаты исследования влияния добавки Honeywell на величину глубины проникания иглы при 0 °С битума БНД 60/90 Московского НПЗ**

Вид битумного вяжущего	1-е значение пенетromетра	2-е значение пенетromетра	Глубина проникания иглы, °П	Среднее значение глубины проникания иглы, °П
БНД 60/90	71	95	24	25
	69	94	25	
	70	96	26	
БНД 60/90 (+1,0%-й Honeywell)	68	91	23	23
	74	97	23	
	69	92	23	
БНД 60/90 (+1,5%-й Honeywell)	75	97	22	22
	67	90	23	
	70	91	21	
БНД 60/90 (+2,0%-й Honeywell)	77	94	17	18
	73	92	19	
	70	88	18	

**Результаты исследования влияния добавки Honeywell  
на температуру размягчения битума БНД 60/90 Московского НПЗ**

Вид битумного вяжущего	Температура размягчения, °С		Среднее значение температуры размягчения, °С
	1-е значение	2-е значение	
БНД 60/90	50,0	50,8	50,4
БНД 60/90 (+1,0%-й Honeywell)	57,8	58,1	57,9
БНД 60/90 (+1,5%-й Honeywell)	63,5	64,5	64,0
БНД 60/90 (+2,0%-й Honeywell)	70,8	71,4	71,1

Таблица 4

**Результаты исследования влияния добавки Honeywell  
на величину растяжимости при 25 °С битума БНД 60/90 Московского НПЗ**

Вид битумного вяжущего	Растяжимость, см			Среднее значение растяжимости, см
	1-е значение	2-е значение	3-е значение	
БНД 60/90	94,0	95,0	94,8	94,6
БНД 60/90 (+1,0%-й Honeywell)	38,4	38,5	38,0	38,3
БНД 60/90 (+1,5%-й Honeywell)	35,5	35,2	35,8	35,5
БНД 60/90 (+2,0%-й Honeywell)	27,6	28,2	28,2	28,0

Можно отметить, что при температуре 0 °С также наблюдается уменьшение значения пенетрации, хоть и менее существенное, чем при 25 °С.

Данные, полученные в ходе исследования, дают подтверждение априорного предположения, что введение добавки Honeywell улучшает однородность смеси битума с полимером и увеличивают прочность микро-структуры внутримолекулярных связей битума. Все эти выводы обуславливают повышение величины когезии нефтяного дорожного битума марки БНД 60/90.

Один из этапов работы заключался в экспериментальном исследовании влияния концентрации добавки Honeywell на величину температуры размягчения модифицированного битума БНД 60/90. За температуру размягчения битума условно принимается та температура, при которой битум переходит в капельно-текущее состояние в условиях стандартного испытания. Определение температуры размягчения производилось по стандартному методу «кольцо и шар» [4]. Результаты исследования температуры размягчения битума БНД 60/90, модифицированного добавкой, представлены в таблице 3.

Полученные результаты исследования отчетливо показывают, что с увеличением концентрации добавки Honeywell температура размягчения битума повышается. При концентрации добавки в 2 % температура размягчения достигает значения, которое более чем на 40 % превышает температуру размягчения для немодифицированного битума. Это обусловлено более сильным когезионным взаимодействием в структуре вяжущего вещества. Поэтому обоснованно сделан

вывод, что деформационные свойства битума, такие как упругость, усиливаются.

Исследование растяжимости модифицированного битума БНД 60/90 с добавкой Honeywell выполнялось по методике, описанной в [4]. Результаты исследования приведены в таблице 4.

Растяжимость (дуктильность) битума характеризуется расстоянием, на которое его можно вытянуть в нить до разрыва. В таблице 4 просматривается четкая зависимость уменьшения средней величины растяжимости в зависимости от концентрации добавки Honeywell. Этот показатель косвенно характеризует также прилипаемость битума и связан с природой его компонентов. Растяжимость битумов при 25 °С имеет максимальное значение, отвечающее их переходу от состояния ньютоновской жидкости к структурированной.

Исследование адгезионных свойств было проведено с использованием инновационной нанотехнологии. Был использован современный спектрофотометрический метод определения величины адгезии битумного вяжущего к поверхности щебеночного каменного материала. Были проведены экспериментальные исследования по определению адгезии модифицированного битума к поверхности гранитного щебня с использованием спектрофотометра ПЭ-5300В. На рисунке 1 изображена зависимость оптической плотности от показателя адгезии. По вертикальной оси указывается значение оптической плотности исследуемого раствора и определяется величина адгезии по горизонтальной оси.

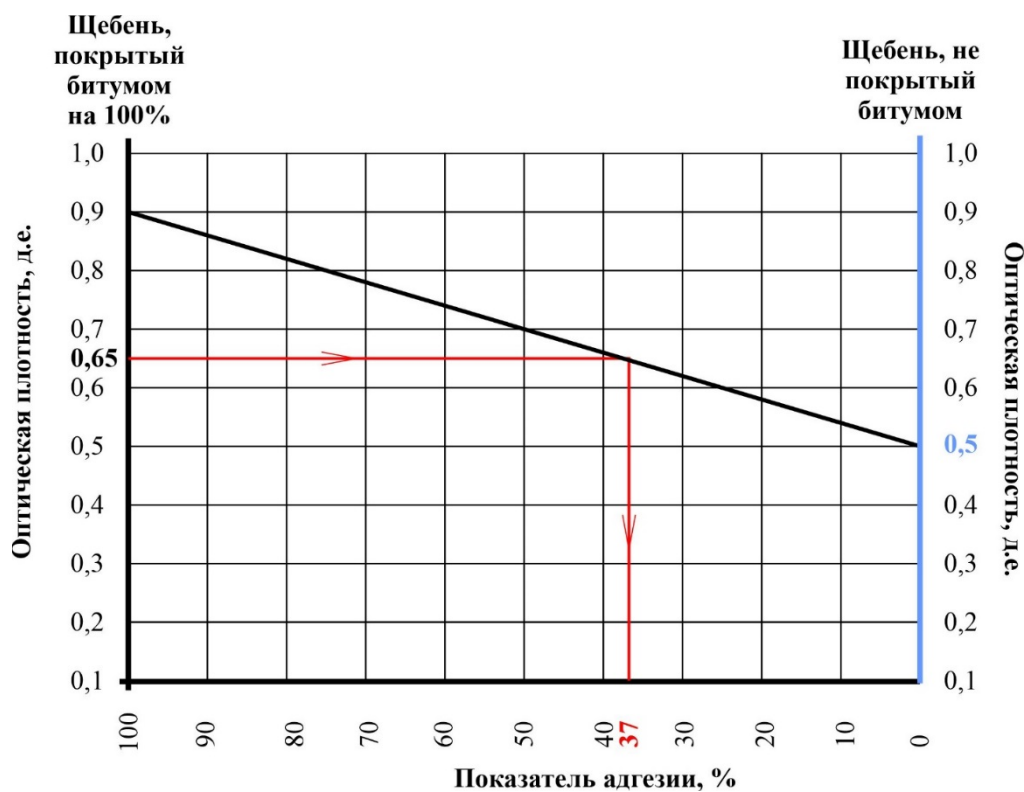


Рис. 1. Графическая зависимость линии адсорбции

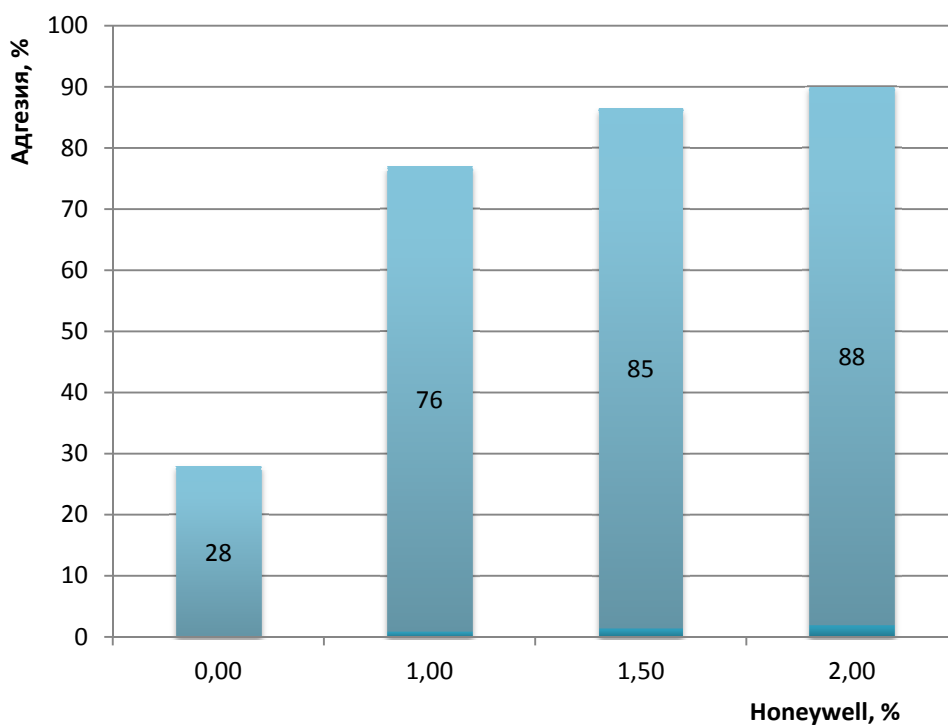


Рис. 2. Влияние добавки Honeywell на величину адгезии БНД 60/90 к поверхности гранитного щебня

Результаты исследования адгезионных свойств композиций битума с бифункциональной добавкой Honeywell отражены в диаграмме, приведенной на рисунке 2. Отчетливо видно, что введение в битум марки БНД 60/90 Московского НПЗ модифицирующей добавки Honeywell увеличивает величину адгезии битумного вяжущего к поверхности гранитного щебня более чем в три раза (с 28 до 88 %).

В заключение следует отметить, что авторами впервые проведено комплексное исследование реологических свойств и адгезии нефтяного битума БНД 60/90 Московского НПЗ модифицированного бифункциональной добавкой Honeywell. Доказано, что при введении добавки Honeywell происходит улучшение когезионных свойств нефтяных битумов, а именно: возрастает вязкость битума, увеличивается

его температура размягчения, уменьшается величина растяжимости модифицированного битума.

Поэтому введение добавки Honeywell значительно увеличивает величину адгезии дорожного битума марки БНД 60/90 Московского НПЗ к поверхности гранитного щебня.

#### Литература

1. Гуреев, А. А. Производство дорожных битумов в России / А. А. Гуреев // Химия и технология топлив и масел. – 2009. – № 6. – С. 6–8.

2. Высоцкая, М. А. Вяжущее: особенности правильного выбора / М. А. Высоцкая, Д. А. Кузнецов, С. Ю. Русина // Дорожная держава. – 2014. – № 54. – С. 54–57.

3. Модифицирующие присадки к дорожным битумным вяжущим / П. И. Грязнов, Т. Р. Фосс, И. М. Зайдуллин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2012. – Т. 55, № 10. – С. 89–91.

4. ГОСТ 33133-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования: издание официальное: утвержден и введен в действие приказом Росстандарта от 29.05.2015 N 520-ст : дата введения 2015-10-01. – Текст : электронный // Техэксперт: информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 20.04.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Шорин, В. А. Reliability of Indirect Methods for Evaluation of the Heaving Properties of Soils / В. А. Шорин, Г. Л. Каган, А. Ю. Вельсовский // Soils Mechanics and Foundation Engineering. – 2012. – V. 49, Issue 3. – P. 111–114.

6. Каган, Г. Л. A method for construction of an energy-efficient ice floating pier in the Arctic using hardened ice / Г. Л. Каган, Л. Р. Мухаметова, А. Ю. Вельсовский // E3S Web of Conferences: – 2020. – V. 178. – P. 01064.

*V.A. Shorin, A.Y. Velsovsky*  
*Vologda State University*

#### **RESEARCH OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF PETROLEUM ROAD BITUMEN OF MOSCOW REFINERY WITH MODIFIED BIFUNCTIONAL ADDITIVE HONEYWELL**

This work is devoted to the study of factors that improve the properties of petroleum road bitumen, in particular, the degree of influence of modifying additives. The objects of the study were road bitumen of the BND 69/90 brand of Moscow Refinery and a promising modifying bifunctional additive Honeywell. For the first time, a comprehensive study of the rheological and adhesive properties of road bitumen modified with the addition of Honeywell was carried out. Clear correlative relationships of the influence of the concentration of the Honeywell additive on the viscosity, softening temperature, ductility and the amount of adhesion of modified bitumen were revealed.

Petroleum road bitumen, modifying additives, rheological properties, viscosity, softening temperature, ductility, spectrophotometric method, cohesion, bitumen adhesion.