

УДК 625.85:691.16



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

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕНЕТРАЦИИ (ВЯЗКОСТИ) НЕФТЯНЫХ ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

В статье приведены результаты исследования пенетрации (вязкости) нефтяных дорожных битумов различных производителей. По результатам исследований были выявлены коррелятивные связи между пенетрацией и составом нефтяных дорожных битумов. По величине вязкости определены качественные показатели нефтяных дорожных битумов. Для ряда битумов марки БНД 70/100 выявлены отклонения от требований ГОСТ 33133-2014, что обосновывает их несоответствие заявляемым маркам битума.

Адгезионные связи, композиционный материал, битум, модифицированный битум, автомобильная дорога, поверхностная обработка покрытия, щебень из сталеплавильного шлака.

В настоящее время основным типом дорожных одежд являются асфальтобетонные покрытия. Их состояние оказывает существенное влияние на эффективность работы автомобильного транспорта. Дефекты дорожного покрытия приводят к повышению аварийности, увеличению расхода топлива и как следствие к росту стоимости перевозок автомобильным транспортом.

Долговечность асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги в значительной мере зависит от природно-климатических факторов и внешних воздействий. Вместе с тем немаловажную роль играют технология производства асфальтобетонной смеси, качество ее уплотнения и свойства применяемых материалов, в частности нефтяного дорожного битума.

Особую роль в этой связи представляют исследования реологических свойств дорожных битумов, а именно вязкости (пенетрации) битумов при температурах 0 °С и 25 °С.

Для оценки величины пенетрации нефтяных дорожных битумов, а также их качества были проведены испытания образцов битумов марки БНД 70/100 от различных производителей. Марки битумов и их производители приведены в таблице 1.

Таблица 1

### Марки испытываемых битумов и их производители

Заявленная марка	Производитель
БНД 70/100	Ярославский НПЗ
БНД 70/100	Нижегородский НПЗ
БНД 70/100-9 % «Амдор»	Нижегородский НПЗ
БНД 70/100	«Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез»
БНД 70/100	Ярославский НПЗ «Славнефть»
БНД 70/100	Киришский НПЗ
БНД 70/100	Ярославский НПЗ (ООО «Дорсервис»)

Определение показателя пенетрации (глубины проникания иглы) нефтяных дорожных битумов при температурах 25 °С и 0 °С осуществлялось по ГОСТ 33136-2014 «Дороги автомобильные общего пользования, битумы нефтяные дорожные вязкие». Сущность метода заключается в измерении глубины, на которую погружается игла пенетromетра в испытуемый образец битума при заданных рабочих параметрах испытания. Результат метода выражается в единицах, соответствующих десятым долям миллиметра (0,1 мм) [1]. Для проведения испытания на пенетрацию образец битума необходимо нагреть до подвижного состояния. Для полного удаления влаги из образца следует разогреть битум до температуры, которая на 90 °С выше его температуры размягчения. Однако запрещается разогревать битум выше 160 °С.

Температура и условия испытания образцов на показатель глубины проникания иглы представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Температура и условия испытания битума на пенетрацию

Температура испытания	Общая масса стержня иглы и дополнительного груза, г	Время опускания иглы, с
0,0±0,1	200,00±0,20	60
25±0,1	100,00±0,15	5

Результаты исследований величины пенетрации нефтяных дорожных битумов от производителей при температуре 25 °С приведены в таблице 3.

Показатели пенетрации нефтяных дорожных битумов при 25 °С

Заявленная марка БНД / Производитель	Показатель пенетрации, 0,1 мм	Среднее значение пенетрации, 0,1 мм	Значение доверительного интервала
БНД 70/100 / Ярославский НПЗ	68, 68, 63, 67,67, 62, 65, 65,70, 67	66	±0,77
БНД 70/100 / Нижегородский НПЗ	71, 65, 66, 65,69, 66, 62, 69, 63, 67	66	±0,92
БНД 70/100- 9 % «Амдор» / Ниж. НПЗ	76. 79, 73, 77,78, 81, 78, 76, 74, 74	77	±0,79
БНД 70/100 / ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез»	76, 76, 80, 80,77, 80, 80, 80, 79, 77	79	±0,56
БНД 70/100 / Ярославский НПЗ «Славнефть»	155, 149, 149, 155, 160, 157, 157, 166 158,159	157	±1,59
БНД 70/100 / Киришский НПЗ	103, 100, 103, 107, 96, 96, 102, 94, 95, 95	99	±1,41
БНД 70/100 / Ярославский НПЗ / (ООО «Дорсервис»)	104, 103, 102, 102, 103, 107, 110, 105, 104, 101	104	±0,85

Таблица 4

Показатели пенетрации нефтяных дорожных битумов при 0 °С

Заявленная марка БНД / Производитель	Показатель пенетрации, 0,1 мм	Среднее значение пенетрации, 0,1 мм	Значение доверительного интервала
БНД 70/100 / Ярославский НПЗ	15; 16; 14; 14;14	15	±0,40
БНД 70/100 / Нижегородский НПЗ	13; 14; 13; 13;14	13	±0,25
БНД 70/100-9 % «Амдор» / Ниж. НПЗ	15; 14; 15; 14;14	14	±0,25
БНД 70/100 / ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез»	20; 19; 19; 20;20	20	±0,25
БНД 70/100 / Ярославский НПЗ «Славнефть»	42; 43; 41; 43;42	42	±0,38
БНД 70/100 / Киришский НПЗ	15; 14; 15; 14;15	15	±0,25
БНД 70/100 / Ярославский НПЗ (ООО «Дорсервис»)	24; 27; 26; 25; 4	25	±0,58

Для определения достоверности полученных экспериментальных результатов была проведена их статистическая обработка, в частности вычислено среднее квадратичное отклонение и определено значение доверительного интервала.

Среднее квадратичное отклонение рассчитывается по формуле:

$$G = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$

где  $x_i$  – значение пенетрации одного конкретного погружения иглы;

$\bar{x}$  – среднее значение показателей пенетрации;

$n$  – количество погружений иглы в образец (величина выборки).

Значение доверительного интервала определялось по формуле:

$$S_x = \pm \frac{G}{\sqrt{n}};$$

где  $G$  – среднее квадратичное отклонение;

$n$  – количество погружений иглы в образец.

Значения доверительного интервала величины пенетрации приведены для каждого завода-производителя дорожного битума в таблице 2. Отчетливо видно, что все значения величины пенетрации при 25 °С либо входят в область допустимых значений, либо находятся рядом с этой областью. Это подтверждает достоверность полученных нами экспериментальных результатов.

Результаты экспериментальных исследований показателя пенетрации при 0 °С и статистической обработки его значений для конкретных НПЗ приведены в таблице 4.

Необходимо отметить, что показатели глубины погружения иглы на приборе пенетромтр при температуре 0 °С у большинства образцов не соответствуют заявленным производителем маркам нефтяного дорожного битума. Значения экспериментальных показателей пенетрации при 25 °С не удовлетворяют показателям заданной производителем марки (БНД 70/100) для четырех образцов нефтяного дорожного битума.

Пониженные значения температур размягчения позволяют сделать вывод о недостаточном содержании смол и асфальтенов в испытуемых битумах [2]. Недостаточное содержание смол и асфальтенов может приводить к их неудовлетворительной адгезии с поверхностью минеральных зерен, а также к низким показателям эластичности, растяжимости, вязкости, хрупкости и теплоустойчивости.

В настоящее время для характеристики вязкости твердых тел и вязких битумов пользуются глубиной проникания стандартной иглы (пенетрацией). Этот показатель характеризует глубину проникания тела стандартной формы в полужидкие и полутвердые продукты при определенном режиме, обуславливающим способность этого тела проникать в продукт, а продукт – оказывать сопротивление этому прониканию [3].

Вязкость (пенетрация) битума изменяется от температуры. При низких температурах вязкость битума относительно невелика, и он приобретает свойства твердого тела. При повышении температуры вязкость битума уменьшается. При этом происходит переход битума из твердого тела в жидкое состояние. Необходимо отметить, что для вязких битумов с структурированной системой показатель вязкости не является физической константой. Вязкие битумы при нормальной температуре обладают способностью к дополнительному сопротивлению сдвиговым деформациям. При этом их вязкость зависит от скорости деформации. Однако при разрушении структурных связей в битуме влияние скорости деформации на показатель вязкости уменьшается [2]. Все это обосновывает переход на новую систему проектирования асфальтобетонной смеси путем оптимального подбора марки битумного вяжущего. Новая система основывается на специально разработанной шкале PG Grade, которая основывается на реологических свойствах вяжущего, учитывая температурные диапазоны его применения [4].

В заключении необходимо отметить, что некорректное обозначение выпускных марок (БНД 70/100)

нефтяного дорожного битума производителем может приводить к изготовлению асфальтовяжущего вещества, состоящего из битума и минерального порошка, с неверным соотношением пропорций между компонентами. Как следствие, это может привести к низкой прочности асфальтобетона и недолговечности асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги.

## Литература

1. ГОСТ 33136-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы: издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21.07.2015 № 917-ст : введен 2015-11-01. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Дорожно-строительные материалы : учебник для вузов / И. М. Грушко, И. В. Королев, И. М. Борщ, Г. М. Мищенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Транспорт, 1991. – 357 с.

3. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия : утвержден и введен в действие приказом приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17.12.2013 г. № 2309-ст : введен 2014-11-01. – Текст : электронный // Техэксперт : информационно-справочная система / Консорциум «Кодекс» (дата обращения: 01.12.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Кирюхин, Г. Н. Плюсы и минусы системы проектирования асфальтобетона Superpave / Г. Н. Кирюхин, Р. Б. Джуманов – URL: [www.vptechnologiesllc.com/files/Superpave\\_.pdf](http://www.vptechnologiesllc.com/files/Superpave_.pdf) (дата обращения: 01.12.2022). – Текст: электронный.

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

## STUDY OF PENETRATION (VISCOSITY) OF PETROLEUM ROAD BITUMEN FROM VARIOUS MANUFACTURERS

The article presents the results of a study of the penetration (viscosity) of oil road bitumen from various manufacturers. According to the results of the research, correlative relationships between the penetration and the composition of petroleum road bitumen were revealed. Qualitative indicators of petroleum road bitumen were determined by the viscosity value. For a number of bitumen grades BND 70/100, deviations from the requirements of GOST 33133-2014 were revealed, which justifies their inconsistency with the claimed bitumen brands.

Petroleum road bitumen, rheological properties, penetration (viscosity), composition of petroleum road bitumen, quality and grades of petroleum road bitumen.