

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Кафедра химии

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИТУМОВ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСТЯЖИМОСТИ

Методические указания к выполнению лабораторной работы

Нижегород
ННГАСУ
2010

УДК 665.664.23.061.54:(665.775.4:665.7.035.6)

Физико-химические свойства битумов. Метод определения растяжимости. Методические указания к выполнению лабораторной работы. Нижний Новгород. Издание ННГАСУ, 2010.

Приведена классификация битумных материалов. Рассмотрен химический состав и методы получения битумов, используемых для промышленного и гражданского строительства. Дано описание лабораторной работы и методические указания для определения растяжимости битума на дуктилометре.

Составители:	доцент, к.х.н.	Колмаков Г.А.
	инженер	Кочеткова М.А.
	ст. преподаватель	Шубников И.А.

Редактор	профессор, д.х.н.	Яблоков В.А.
----------	-------------------	--------------

Подписано к печати «_____» _____ 2010 г.

Бумага газетная. Печать офсетная.

Усл.печ.л. _____ Уч.-изд. печ.л. _____

Формат 60x90 1/16

Тираж 150 экз. Заказ № _____

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
603000, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.

Полиграфический центр Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, 603000, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.

© Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2010

Теоретическая часть

Нефтяные битумы как твердые или вязкопластичные, так и жидкие, находят широкое применение в строительстве. Их используют для устройства дорожных покрытий, покрытий аэродромов, устройства плоских кровель, ирригационных каналов, производства гидроизоляционных и кровельных материалов в лакокрасочной и химической промышленности. Из общего количества битумов, потребляемых в различных отраслях промышленности, свыше 90% падает на долю искусственных битумов, получаемых из нефти; их мировое производство составляет десятки млн. тонн [1].

Дорожные вязкие битумы используют в качестве вяжущего материала при строительстве и ремонте дорожных покрытий. Основное количество таких битумов вырабатывается в России в соответствии с требованиями ГОСТ 22245-90 [2] (табл. 1). Все битумы маркируются по пенетрации при 25°C. При равной пенетрации при 25°C битумы нефтяные дорожные (БНД) имеют более высокую температуру размягчения, более низкую температуру хрупкости и большие значения пенетрации при 0°C, чем битумы нефтяные (БН). В то же время для битумов БНД устанавливаются требования по дуктильности при 0°C, а требования по дуктильности при 25°C менее строгие в сравнении с битумами БН. Требования к термостабильности битумов БНД более жесткие [1].

В первой дорожно-климатической зоне при среднемесячной температуре наиболее холодного времени года не выше -20 °C рекомендуется использовать битумы БНД 200/300, БНД 130/200, БНД 90/130; во второй и третьей зонах при температуре в пределах -10–(-20)°C – битумы БНД 200/300, БНД 130/200, БНД 90/130, БНД 60/90; во второй, третьей и четвертой зонах при температуре -5–(-10)°C – битумы БН 200/300, БН 130/200, БН 90/130, БНД 130/200,

БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60; в четвертой и пятой климатических зонах при температуре не ниже +5 °C – битумы БН 90/130, БН 60/90, БНД 90/130, БНД 60/90, БНД 40/60 [3].

Жидкие битумы предназначены для удлинения сезона дорожного строительства. В соответствии с нормативами ГОСТ 11955-82 [4] их получают смешением вязких битумов БНД с дистиллятными фракциями-разжижителями. После укладки покрытия разжижитель постепенно испаряется. Применение жидких дорожных битумов не соответствует современным требованиям к энергосбережению и защите окружающей среды. Кроме того, низкая температура вспышки предопределяет их пожароопасность [1,4].

Строительные битумы применяют при выполнении различных строительных работ, в частности для гидроизоляции фундаментов зданий.

Кровельные битумы применяют для производства кровельных материалов. Их разделяют на пропиточные и покровные (соответственно, для пропитки основы и получения покровного слоя).

Изоляционные битумы используют для изоляции трубопроводов с целью защиты их от коррозии.

Предусмотрены пять марок битумов БНД от 200/300 до 40/60, где цифры дроби указывают на допустимые для данной марки пределы изменения показателей пенетрации при 25°C, и четыре марки битума, обозначаемые «БН» (битум нефтяной) от 200/300 до 60/90 (табл. 1) [2].

Для кровельных работ в соответствии с требованиями ГОСТ 9548-74 [5] предусмотрены следующие марки: 45/180, БНК 90/40 и 90/30, а также БНК 45/190 (табл.2). В данном случае числитель дроби соответствует среднему значению показателей температуры размягчения по «КиШ», а знаменатель – среднему значению показателей пенетрации при 25°C.

Т а б л и ц а 1.

Характеристики вязких дорожных битумов

Характеристики вязких дорожных битумов (ГОСТ 22245–90) [2]									
Показатели	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60	БН 200/300	БН 130/200	БН 90/130	БН 60/90
Пенетрация, 0,1 мм, при температуре:									
25 °С	201-300	131-200	91-130	61-90	40-60	201-300	131-200	91-130	60-90
0 °С, не менее	45	35	28	20	13	24	18	15	10
Температура, °С:									
Размягчения, не ниже	35	40	43	47	51	33	38	41	45
Хрупкости, не выше	-20	-18	-17	-15	-12	-14	-12	-10	-6
Вспышки, не ниже	220	220	230	230	230	220	230	240	240
Дуктильность, см, не менее при температуре:									
25 °С	-	70	65	55	45	-	80	80	70
0 °С	20	6,0	4,0	3,5	-	-	-	-	-
Изменение температуры размягчения после прогрева									
°С, не более	7	6	5	5	5	8	7	6	6
Индекс пенетрации	От -1,0 до +1,0					От -1,5 до +1,0			

Для строительных работ в соответствии с требованиями ГОСТ 6617-76 [6] предусмотрено три марки, обозначаемые «БН» – битум нефтяной: БН 50/50, БН 70/30 и БН 90/10, где цифры числителя дроби соответствуют показателю температуры размягчения по «КиШ» (кольцо и шар), а знаменателя – указывают на средние значения пределов изменения пенетрации при 25°С (табл. 3). Кроме твердых и вязкопластичных битумов указанных марок существуют жидкие битумы, используемые в качестве изоляционных материалов [7] (табл. 4). Жидкие битумы при комнатной температуре имеют незначительную вязкость, т.е. жидкую консистенцию, и применяются в строительстве в холодном или слегка подогретом (до 50-60°С) состоянии.

Т а б л и ц а 2.

Характеристики кровельных битумов

Характеристики кровельных битумов (ГОСТ 9548–74) [5]			
Показатели	БНК 40/180	БНК 45/190	БНК 90/30
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	160-210	160-220	25-35
Температура, °С:			
размягчения	37-44	40-50	80-95
хрупкости, не выше	-	-	-10
После прогрева:			
изменение массы, %, не более	0,8	0,8	0,5
пенетрация при 25 °С, % от исходной, не менее	60	60	70
<i>Примечание.</i> Для всех битумов: температура вспышки не ниже 240°С; для марки БНК 45/190 массовая доля парафина не более 5%.			

Т а б л и ц а 3.

Характеристики строительных битумов

Характеристики строительных битумов (ГОСТ 6617–76) [6]			
Показатели	БН 50/50	БН 70/30	БН 90/10
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	41-60	21-40	5-20
Температура, °С:			
Размягчения	50-60	70-80	90-105
Вспышки, не ниже	230	240	240
Дуктильность при 25 °С, см, не ниже	40	3,0	1,0

В результате испарения летучих фракций и процессов окисления жидкие битумы постепенно загустевают. В зависимости от скорости загустевания производство жидких нефтяных битумов подразделяют на два класса – густеющие со средней скоростью (класс СГ) и медленногустеющие (класс МГ). Жидкие битумы класса СГ изготавливают путем разжижения обычных, вязких битумов легкими разжижителями типа керосина. Для получения битумов класса МГ применяют разжижители каменноугольного

или нефтяного происхождения (нефть, мазут и т.п.). В зависимости от показателей вязкости дорожные жидкие битумы классов СГ и МГ каждый делят на три марки, которые должны удовлетворять требованиям ГОСТ.

Т а б л и ц а 4.

Характеристики изоляционных битумов

Характеристики изоляционных битумов (ГОСТ 9812-74) [7]			
Показатели	БНИ-IV-3	БНИ-IV	БНИ-V
Пенетрация, 0,1 мм, при температуре:			
25 °С	30-50	25-40	20-40
0 °С, не менее	15	12	9
Температура, °С:			
размягчения	65-75	75-85	90-100
вспышки, не ниже	250	250	240
Дуктильность при 25 °С, см, не менее	4	3	2
Изменение массы после прогрева, %, не более	0,5	0,5	0,5
Массовая доля парафина, %, не более	4	-	-

Первоначально к битумам относили только природные образования, в основном нефть и её естественные производные (чаще всего асфальт). Затем битумом стали называть также искусственные асфальтоподобные продукты, получаемые переработкой природных битумов, остатков от перегонки нефти, каменноугольной и сланцевой смол (технические битумы). Кроме того, термин «битум» стали распространять на экстракты, извлекаемые органическими растворителями из торфа, бурого угля и др. (битумы твёрдых топлив). Экстракты, извлекаемые из осадков и осадочных пород, относят к битумоидам [8,9].

Природные битумы

Природные битумы подразделяются на нафтиды и нафтоиды [9]. Нафтиды весьма широко распространены в

природе – это нефть и её естественные производные: мальты, асфальты, асфальтиты, кериты, озокериты и т.д. Мальты представляют собой вязкие сгустившиеся нефти, подвергшиеся выветриванию. Они состоят из масел (40-65%) и асфальтово-смолистых компонентов (не менее 35%). Дальнейшее изменение мальт под влиянием того же фактора приводит к образованию: твёрдых, но легкоплавких асфальтов, содержащих 60-75% асфальтово-смолистых веществ; асфальтитов – твёрдых высокоплавких и полностью растворяющихся в хлороформе и сероуглероде продуктов, содержащих более 75% асфальтово-смолистых веществ – керитов, к которым относят также вещества, характеризующиеся лишь частичной, иногда очень слабой растворимостью в органических растворителях. К битумам иногда относят также все углеводородные в своей основе природные газы (газообразные нафтиды). Нафтоиды – нафтидоподобные продукты естественной возгонки органического вещества под влиянием магматического тепла. Они встречаются значительно реже нафтидов, ещё очень слабо изучены и не имеют промышленного значения [9].

Технические битумы

Технические битумы – продукты, обладающие обычно твёрдой или вязкой консистенцией и получаемые главным образом из тяжёлых нефтяных остатков, богатых асфальто-смолистыми веществами, следующими методами: глубокой вакуумной перегонкой тяжёлых нефтяных остатков – мазутов, гудронов и др. – при 300-350°С (остаточные битумы); окислением кислородом воздуха тяжёлых остатков от перегонки нефти (гудронов и др.) при 260-280°С (окисленные битумы); смешением окисленных битумов с неокисленными нефтепродуктами (компаундированные битумы) [1,9].

Заменители нефтяных битумов

Заменителями нефтяных битумов могут быть продукты термической переработки кислых гудронов [10], твёрдых топлив: высококипящие фракции смол, получаемых при коксовании и полукоксовании каменных углей, каменноугольные пеки, продукты сухой перегонки каменных углей, горючих сланцев, старых топочных мазутов и др. [1,10,11].

Химический состав битумов

По химическому составу битумы – сложные смеси высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных азота, кислорода и серы, полностью растворимые в сероуглероде. Для исследования битумов их разделяют на основные группы углеводородов (близкие по свойствам) – масла, смолы, асфальтены, асфальтогеновые кислоты и их ангидриды [10].

Масла – смесь циклических углеводородов (в основном нафтенового ряда) светло-желтой окраски с плотностью менее 1г/см^3 и молекулярной массой 300-500 а.е.м.; повышенное содержание масел в битумах придает им подвижность, текучесть. Количество масел в битумах колеблется в пределах 45-60% [12].

Смолы – вязкопластичные вещества темно-коричневого цвета. Относительная плотность смол варьирует в пределах от 0.99 до 1.08г/см^3 . Молекулярная масса смол от 500 до 1200 а.е.м. [13]. Смолы имеют более сложный состав углеводородов, нежели масла. Они состоят в основном из кислородных гетероциклических соединений нейтрального характера и придают битумам большую тягучесть и эластичность. Содержание смол в битумах 15-30%. Содержание гетероатомов (например, O, S, N) колеблется в интервале от 3 до 12%. На рис. 1 представлена пространственная конфигурация компонента смол [13]:

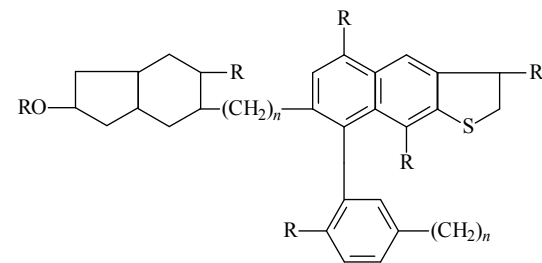


Рис. 1. Схематическое представление молекулы смол [13].

Характерной особенностью смол является их способность уплотняться в асфальтены при нагревании или обработке серной кислотой. Особенно легко этот процесс протекает при продувании воздуха. При нагревании без доступа воздуха смолы образуют кокс.

Асфальтены – аморфные, твердые, неплавкие вещества темно-бурого или черного цвета [14] с плотностью несколько больше 1г/см^3 . На рис. 2 представлена пространственная конфигурация асфальтенов.

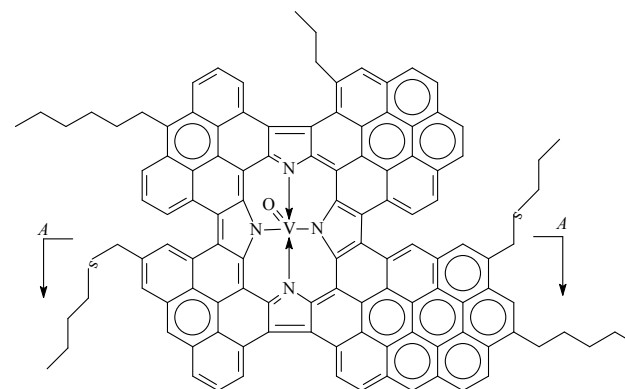


Рис. 2. Схематическое представление молекулы асфальтенов [14].

При нагревании асфальтены не плавятся, а переходят в пластическое состояние при температуре около 300°C. При более высоких температурах разлагаются с образованием газообразных и жидких веществ и твердого остатка – кокса.

В растворах они склонны к ассоциации, поэтому их молекулярная масса может изменяться на несколько порядков (от 2000 до 140 000 а.е.м.) [14].

Эта группа углеводородов является существенной составной частью битумов. Повышенное содержание асфальтенов в битуме определяет его высокие вязкость и температурную устойчивость. Общее содержание асфальтенов в различных битумах составляет 5-30% и более.

Карбены и *карбоиды* встречаются в битумах сравнительно редко, в малом количестве (1-2%) и способствуют повышению хрупкости битума. Карбены и карбоиды представляют собой высокоуглеродистые коксообразные частицы. В соответствии с представлениями немецкого исследователя И. Маркуссона [15] под карбенами понимают высокоуглеродистые вещества, не растворимые в четыреххлористом углероде CCl_4 , но относительно легко растворимые в сероуглероде CS_2 и пиридине C_5H_5N . Карбоиды, подобно углероду, не растворимы ни в каких растворителях, на чем и основан принцип их взаимного разделения [15].

Асфальтогеновые кислоты и их ангидриды – вещества коричневатого цвета смолистой консистенции с плотностью более $1г/см^3$, относящиеся к группе полинафтеновых кислот. Асфальтогеновые кислоты являются поверхностно-активной частью битума и способствуют повышению сцепления его с поверхностью минеральных наполнителей. Содержание этих кислот в нефтяных битумах составляет около 1% [16].

Получение нефтяных битумов.

Нефтяные битумы получают на нефтеперерабатывающих заводах из различных нефтей, отличающихся друг от друга химическим составом и свойствами.

Нефть на заводах подвергается фракционной перегонке с целью получения светлых продуктов (бензина, лигроина, керосина, дизельного топлива) смазочных масел и других видов нефтепродуктов. Нефтяные остатки после отбора более легких по массе фракций – гудрон, крекинг-газойль – в дальнейшем используют в качестве сырья для получения нефтяных битумов заданных свойств. В настоящее время нефтяные битумы получают при атмосферно-вакуумной перегонке нефти (остаточные битумы); окислением нефтяных остатков (окисленные битумы) и смешением остатков, образующихся при перегонке нефти (компаундированные битумы).

Остаточные битумы представляют собой продукты малой вязкости и обычно подвергаются окислению.

Окисленные битумы получают путем продувки воздухом нефтяных остатков (гудрона) на специальных окислительных установках до заданной вязкости. В результате взаимодействия кислорода воздуха с гудроном в процессе продувки идет реакция образования высокомолекулярных компонентов окисленного битума и происходит повышение его вязкости. За последнее время освоен метод непрерывного окисления битума. Нефтяные остатки при температуре около 210°C поступают в реактор, где с помощью специальных аппаратов (диспергаторов) засасывается воздух и распределяется в окисляемом продукте. В данной технологии наряду с интенсификацией процесса окисления улучшается качество окисленного битума.

Смешанные (компаундированные) битумы получают в основном путем смешения битума деасфальтизации (ос-

таточный продукт после обработки гудрона жидким пропаном) с масляными дистиллятами.

Эксплуатационные характеристики битумных материалов.

Важнейшими свойствами битумов, характеризующими их качество, являются вязкость, пластичность, температуры размягчения (КиШ) и хрупкости, а также изменение температуры размягчения после прогрева (фактор старения) и высокая адгезия. Все вышеперечисленные параметры, значения которых находятся в рамках предъявляемых требованиями ГОСТ, в совокупности придают материалу высокие эксплуатационные характеристики, что увеличивает сроки службы дорожного покрытия, кровельных материалов и др.

Пластичность – одно из важнейших свойств битумов, которое возрастает с увеличением содержания масел, длительности действия нагрузки и повышением температуры. Пластические свойства твердых и вязких битумов условно характеризуются растяжимостью или дуктильностью.

Дуктильность (от англ. термина ductility – эластичность, тягучесть) – способность материала, например, битума, вытягиваться в тонкие нити под действием внешних постоянных сил. Растяжимость определяют на специальном приборе – дуктилометре при скорости деформации образца битума, залитого в бронзовую форму в виде «восьмерки» (рис. 3), 5 см/мин; температуры испытания 25 и 0°C.

Лабораторная работа.

«Метод определения растяжимости».

Целью настоящей работы является экспериментальное определение растяжимости (дуктильности) нефтяного битума при заданной температуре.

Для проведения работы используется прибор – дуктилометр, (модель К80015, поставляемая в стандартном исполнении, либо модель К80025, имеющая термостат для поддержания необходимой температуры во время эксперимента в пределах от 2 до 32°C).

В ходе работы измеряется расстояние, на которое может максимально увеличить свою длину специально подготовленный образец битума при растяжении его с заданной линейной скоростью при строго контролируемой температуре. Одновременно могут испытываться три образца. Синхронный двигатель позволяет растягивать образец с постоянной скоростью 0.25, 1 и 5 см/мин без вибраций и толчков. Датчик перемещения указывает положение каретки на линейной градуированной в сантиметрах шкале. Максимальное допустимое удлинение составляет 150 см с автоматической остановкой каретки. В состав устройства входят три стандартные формы – «восьмерки» (рис. 3) для образцов и бронзовые поддоны.

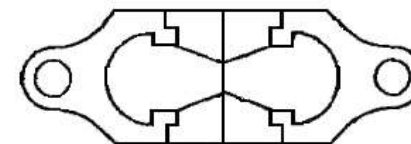


Рис. 3. Форма для определения дуктильности битума («восьмерка») ГОСТ 11505-75 [17].

Задание:

- получить у дежурного инженера образец нефтяного битума;

- подготовить в соответствии с методическим руководством 3 пробы;
- используя дуктилометр, определить дуктильность битума при заданной температуре. Полученные данные сравнить с нормативными показателями ГОСТ по соответствующему параметру.

Методика выполнения работы:

1. С установочных штифтов (1) дуктилометра (рис. 4) демонтируют бронзовые формы – «восьмерки» (2). В данном положении стрелка указателя пройденного кареткой расстояния (см) должна соответствовать нулевой отметке на линейке (3), закрепленной на корпусе прибора.

Во избежание поражения электрическим током, а также возможного получения травм, в результате вращения вала (4) дуктилометра, – заземления рук движущимися деталями (5), непосредственно перед контактом с металлическими деталями прибора, последний должен быть обесточен.

2. Металлическую или стеклянную пластинку и внутренние боковые стенки вкладышей «восьмерки» покрывают смесью талька с глицерином, приготовленной в массовом соотношении 1:3. Затем собирают форму на пластинке.

3. Форму собирают, последовательно вставляя боковые вкладыши в пазы проушин «восьмерки».

4. Битум расплавляют и наливают в три формы тонкой струей от одного конца формы до другого, пока она не наполнится выше краев. Залитый в форму битум оставляют охлаждаться на воздухе в течение 30-40 мин при комнатной температуре, но не ниже 18°C, а затем срезают излишек битума горячим скальпелем или острым ножом от середины к краям так, чтобы битум заполнял формы вровень с их краями.

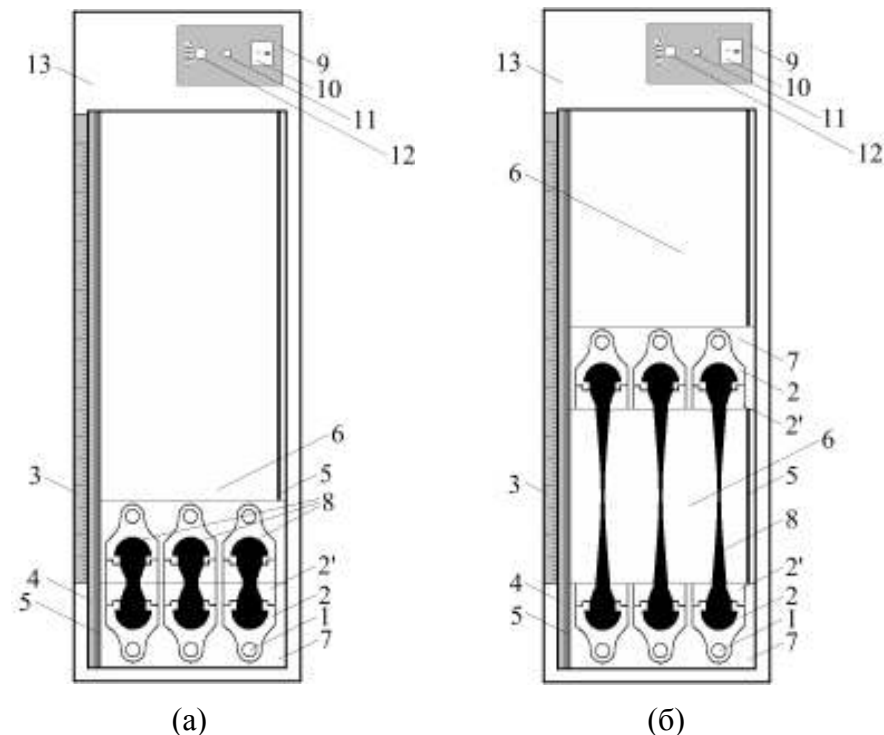


Рис. 4. Схема расположения основных элементов дуктилометра (вид сверху):

- а) подготовленного к проведению испытания (исходное положение);
- б) в процессе определения растяжимости нефтяного битума.

1. Штифт установочный;
2. Форма бронзовая для битума («восьмерка»);
- 2'. Вкладыши боковые бронзовой формы;
3. Линейка измерительная;
4. Вал ведущий;
5. Штанга направляющая;
6. Ванна дуктилометра (дистиллированная вода);
7. Поддон бронзовый.
8. Образец нефтебитума, подвергаемого испытанию;
9. Блок управления;
10. Выключатель;
11. Плавкий предохранитель (... А);
12. Индикатор подключения к сети переменного напряжения (220В/50Гц);
13. Корпус прибора.

5. Формы с битумом, не снимая с пластинки, помещают в водяную ванну, объем воды, в которой должен быть не менее 10 дм³ (можно в ванну дуктилометра). Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм. При определении растяжимости при 25°C температура воды поддерживается (25±0,5)°C, при определении растяжимости при 0°C температура воды поддерживается 0+0,5°C.

6. По истечении 1 ч формы с битумом вынимают из воды, снимают с пластинки и закрепляют в дуктилометре (рис. 4а), для чего кольца зажимов формы надевают на установочные штифты, находящиеся на салазках и на стойке дуктилометра. После этого снимают боковые части форм (вкладыши).

7. Включают электродвигатель дуктилометра и наблюдают за растяжением битума (рис. 4б). За растяжимость битума принимают длину нити битума в сантиметрах, отмеченную указателем в момент ее разрыва.

Обработка результатов эксперимента

При растяжимости до 10.0 см результат округляют до 0.1 см. При большем значении результат округляют до целого числа. Полученные результаты записывают в табл. 5:

Т а б л и ц а 5.

Обобщение результатов эксперимента.

№ образца	Дуктильность (... °C), см	Δ (среднее арифметическое), см
1		
2		
3		

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение трех параллельных измерений при данной температуре. В соответствии с нормативными

показателями ГОСТ 22245-90 [2] (табл. 1), определяют возможную принадлежность нефтебитума к товарной марке, наиболее близко подходящей по данному параметру.

Табличные данные показывают дежурному инженеру, после чего оформляют отчет о лабораторной работе и предоставляют его преподавателю.

Литература:

1. Грудников И.Б. Производство нефтяных битумов. – М.: Химия, 1983. – 192 с.
2. ГОСТ 22245-90 Битумы нефтяные дорожные вязкие.
3. Наметкин С.С. Собрание трудов. Т. 3. М.: Химия, 1955.
4. ГОСТ 11955-82 Битумы нефтяные дорожные жидкие.
5. ГОСТ 9548-74 Битумы нефтяные кровельные.
6. ГОСТ 6617-76 Битумы нефтяные строительные.
7. ГОСТ 9812-74 Битумы нефтяные изоляционные.
8. Крейцер Г.Д. Асфальты, битумы, пеки. – М.: Промстройиздат, 1952. – С. 17-34.
9. Черножуков Н.И. Технология нефти. Ч. 3. Очистка нефтепродуктов и производство специальных продуктов. М.-Л., 1948.
10. Колмаков Г.А. Экологические и физико-химические процессы термической переработки кислых гудронов в дорожный битум. – Диссертация на соискание уч.степени кандидата химических наук. – Н.Н.: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2007. – С. 17-24.
11. Гун Р.Б. Нефтяные битумы. – М.: Химия, 1973, 432 с.
12. Рыбак Б.М. Анализ нефти и нефтепродуктов. – М.: Гостоптехиздат, 1962. – С. 791-793.
13. Сергиенко С.Р. Высокомолекулярные соединения нефти. – М.: Химия, 1964. – 541 с.
14. Америк Ю.Б. Проявление макромолекулярной природы асфальтенов в реакциях деструкции, аддиционной и конденсационной полимеризации // Нефтехимия. 1995. – Т. 35. – № 3. – С. 228-247.
15. Маркуссон И. Асфальт (пер. с нем.). – М.: ОНТИ, 1926. – С. 37-43.
16. Эрих В.Н. Химия Нефти и газа. – Л.: Химия, 1969. – С. 11-13, 59-63.
17. ГОСТ 11505-75 Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости.

Колмаков Георгий Александрович
Кочеткова Марина Александровна
Шубников Игорь Александрович

Физико-химические свойства битумов. Метод определения растяжимости. Методические указания к выполнению лабораторной работы. Нижний Новгород. Издание ННГАСУ, 2010.

Подписано к печати «___» _____ 2010 г.
Бумага газетная. Печать офсетная.
Усл.печ.л. _____ Уч.-изд. печ.л. _____
Формат 60x90 1/16
Тираж 150 экз. Заказ № _____

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
603000, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.
Полиграфический центр Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, 603000, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.