

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания  
для проведения лабораторной работы по учебной дисциплине  
«Дорожное материаловедение»**

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТВЕРДЫХ И ВЯЗКИХ НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ**

**Авторы: А.В. Каклюгин, И.В. Трищенко**

Направление подготовки 08.01.03 «Строительство»  
Профиль подготовки «Автомобильные дороги»

Квалификация (степень) выпускника – «Бакалавр»  
Форма обучения – очная

Кафедра  
«Строительных материалов»

Ростов-на-Дону  
2018

## **Аннотация**

Методические указания регламентируют содержание лабораторной работы и правила оформления ее результатов. Содержат методики определения глубины проникания иглы, растяжимости, температур размягчения и хрупкости, а также интервала пластичности твердых и вязких нефтяных битумов. Включают в себя технические требования к строительным, кровельным, изоляционным и дорожным нефтяным битумам.

Предназначены для обучающихся по направлению подготовки «Строительство», по профилю «Автомобильные дороги» при изучении дисциплины «Дорожное материаловедение и технология дорожно-строительных материалов».

Авторы: канд. техн. наук, доц. кафедры «Строительные материалы» А.В. Каклюгин, канд. техн. наук, доц. кафедры «Строительные материалы» И.В. Трищенко

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТВЕРДЫХ И ВЯЗКИХ НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ

### 1 Общие сведения

**Битумы** (от лат. *bitumen* – смола) – группа природных или искусственных веществ черного или темно-бурого цвета, изменяющих свои свойства в зависимости от температуры. **Нефтяные битумы** – продукты переработки нефти и ее тяжелых асфальтосмолистых остатков, обладающие характерными вязкими и пластическими свойствами.

Битумы состоят из смеси высокомолекулярных углеводородов, главным образом метанового ( $C_nH_{2n+2}$ ), нафтенового ( $C_nH_{2n}$ ) и ароматического ( $C_nH_{2n-6}$ ) рядов, и их неметаллических производных (соединений углеводородов с серой, кислородом, азотом). Соотношение между основными группами углеводородов (**групповой состав**) определяет свойства битумов. **Масла** придают им подвижность и текучесть; **смолы** – растяжимость и эластичность; **асфальтены** и их модификации (**карбены и карбоиды**) – вязкость и твердость.

По составу и консистенции при обычной и повышенных температурах нефтяные битумы классифицируют на **твердые** (пластичные и хрупкие), **вязкие** и **жидкие** (разжиженные и остаточные). Важнейшими показателями качества твердых и вязких битумов являются: глубина проникания иглы, растяжимость, температура размягчения и температура хрупкости, методики определения которых рассматриваются в настоящей лабораторной работе.

По области применения твердые и вязкие нефтяные битумы разделяют на:

- **строительные** марок БН 50/50, БН 70/30, БН 90/10, применяемые для различных видов строительных работ (перед чертой цифра указывает минимальное значение температуры размягчения, после черты – среднее значение глубины проникания иглы);

- **кровельные** марок БНК 40/180, БНК 45/190 (пропиточный) и БНК 90/30 (покровный), используемые для производства рулонных (пергамина и рубероида) и мастичных кровельных материалов (перед чертой цифра указывает среднее значение температуры размягчения, после черты – среднее значение глубины проникания иглы);

- **изоляционные** марок БНИ-IV-3, БНИ-IV, БНИ-V, применяемые для изоляции трубопроводов от грунтовой коррозии;

- **дорожные** марок БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 130/200, БНД 200/300, БН 60/90, БН 90/130, БН 130/200, БН 200/300, используемые в качестве вяжущего материала при строительстве и ремонте дорожных и аэродромных покрытий (цифры перед и после черты указывают пределы глубины проникания иглы при 25 °С).

Основные показатели качества твердых и вязких нефтяных битумов приведены в таблице 1. Эти свойства определяют в соответствии с требованиями государственных стандартов с использованием аппаратуры и реактивов, удовлетворяющих требованиям действующей нормативно-технической документации.

Таблица 1 – Основные свойства твердых и вязких нефтяных битумов

Марка битума	Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при		Растяжимость, см, не менее, при		Температура, °С	
	25 °С	0 °С, не менее	25 °С	0 °С	размягчения	хрупкости
<i>Битумы нефтяные строительные твердые (ГОСТ 6617)</i>						
БН 50/50	41-60	–	40	–	50-60	–
БН 70/30	21-40	–	3,0	–	70-80	–
БН 90/10	5-20	–	1,0	–	90-105	–
<i>Битумы нефтяные кровельные твердые (ГОСТ 9548)</i>						
БНК 40/180	160-210	–	–	–	37-44	–
БНК 45/190	160-220	–	–	–	40-50	–
БНК 90/30	25-35	–	–	–	80-95	не выше –10
<i>Битумы нефтяные изоляционные твердые (ГОСТ 9812)</i>						
БНИ-IV-3	30-50	15	4,0	–	65-75	–
БНИ-IV	25-40	12	3,0	–	75-85	–
БНИ-V	20-40	9	2,0	–	90-100	–
<i>Битумы нефтяные дорожные вязкие (ГОСТ 22245)</i>						
БНД 40/60	40-60	13	45	–	не ниже 51	не выше –12
БНД 60/90	61-90	20	55	3,5	не ниже 47	не выше –15
БНД 90/130	91-130	28	65	4,0	не ниже 43	не выше –17
БНД 130/200	131-200	35	70	6,0	не ниже 40	не выше –18
БНД 200/300	201-300	45	–	20	не ниже 35	не выше –20
БН 60/90	60-90	10	70	–	не ниже 45	не выше –6
БН 90/130	91-130	15	80	–	не ниже 41	не выше –10
БН 130/200	131-200	18	80	–	не ниже 38	не выше –12
БН 200/300	201-300	33	–	–	не ниже 33	не выше –14

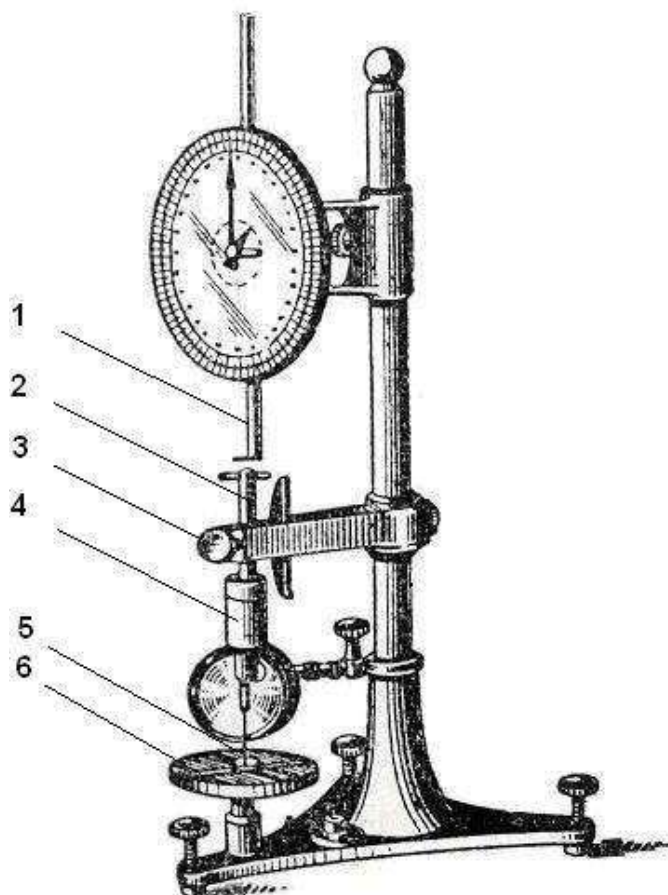
## 2 Определение глубины проникания иглы

**Глубину проникания иглы (пенетрацию)** определяют по методике ГОСТ 11501 по глубине погружения иглы пенетromетра в образец битума при действии на нее груза 100 г в течение 5 с при  $t = 25\text{ °С}$  или 200 г в течение 60 с при  $t = 0\text{ °С}$ .

Глубину проникания иглы выражают в единицах, соответствующих десятым долям миллиметра (0,1 мм). Она характеризует *вязкость* битума, а точнее *текучесть* (величину, обратную вязкости). Для нефтяных дорожных битумов это свойство является маркировочным признаком.

### *Аппаратура и реактивы:*

- пенетromетр с иглой и дополнительным грузом (рисунок 1);
- чашка металлическая (пенетрационная);
- баня водяная (для термостатирования);
- термометры ртутные стеклянные;
- кристаллизатор;
- палочка стеклянная;
- секундомер.



1 – кремальера; 2 – плунжер; 3 – прижимная кнопка;  
4 – дополнительный груз; 5 – игла; 6 – столик

**Рисунок 1 – Пенетрометр**

**Подготовка к испытанию.** Испытуемый битум нагревают до подвижного состояния, осторожно перемешивая стеклянной палочкой. Время нагревания битума не должно превышать 30 мин, а температура 160 °С.

После этого битум через сито вливают в две пенетрационные чашки с плоским дном так, чтобы поверхность битума была не более чем на 5 мм ниже верхнего края чашки, и тщательно перемешивают до полного удаления воздуха.

Чашки с битумом охлаждают на воздухе при 18-30 °С в течение 60-90 мин. Затем их помещают в водяную баню для термостатирования при заданной температуре испытания на 60-90 мин.

**Проведение испытания.** Пенетрационную чашку с термостатированным битумом помещают в кристаллизатор, наполненный водой так, чтобы высота жидкости над поверхностью битума была не менее 10 мм. Температура воды в сосуде должна соответствовать температуре испытания.

Сосуд устанавливают на столик пенетрометра и подводят острие иглы к поверхности битума так, чтобы игла слегка касалась ее.

Кремальеру пенетрометра доводят до верхней площадки плунжера, несущего иглу, устанавливают стрелку на нуль или отмечают ее положение на шкале. После этого одновременно включают секундомер и нажимают кнопку пене-

трометра, давая игле свободно входить в испытуемый образец в течение 5 с, по истечении которых отпускают кнопку. После этого доводят кремальеру вновь до верхней площадки плунжера с иглой и отмечают показание стрелки на шкале пенетрометра.

Определение повторяют не менее трех раз в различных точках, отстоящих от краев чашки и друг от друга не менее чем на 10 мм. После каждого погружения иглу вынимают из гнезда, отмывают ее растворителем и насухо вытирают в направлении острия.

**Обработка результатов.** Результаты не менее трех определений глубины проникания иглы заносят в таблицу 2. За результат испытания при 25 °С принимают среднее арифметическое значение полученных определений, округленное до целого числа. При этом расхождение между наибольшим и наименьшим определением не должно превышать значений, указанных в таблице 3.

Таблица 2 – Результаты определения глубины проникания иглы

Температура испытания, °С	Номер опыта	Глубина проникания иглы (пенетрация), 0,1 мм	
		Отдельное значение	Среднее значение
	1		
	2		
	3		

Таблица 3 – Допускаемые расхождения результатов испытаний

Глубина проникания иглы (пенетрация) при 25 °С, 0,1 мм	Допускаемые расхождения между наибольшим и наименьшим определением, 0,1 мм
До 50	2
Св. 50 " 150	4
" 150 " 250	6
" 250	3 % среднего арифметического значения

Если расхождения результатов определений превышают значения, указанные в таблице 2, то испытания повторяют на другом параллельно подготовленном образце. Если разница между тремя значениями вновь превысит значения, указанные в таблице 3, то испытание повторяют.

Если испытания проводят при другой температуре, то расхождения между полученными результатами могут отличаться от указанных в таблице 3.

### 3 Определение температуры размягчения по кольцу и шару

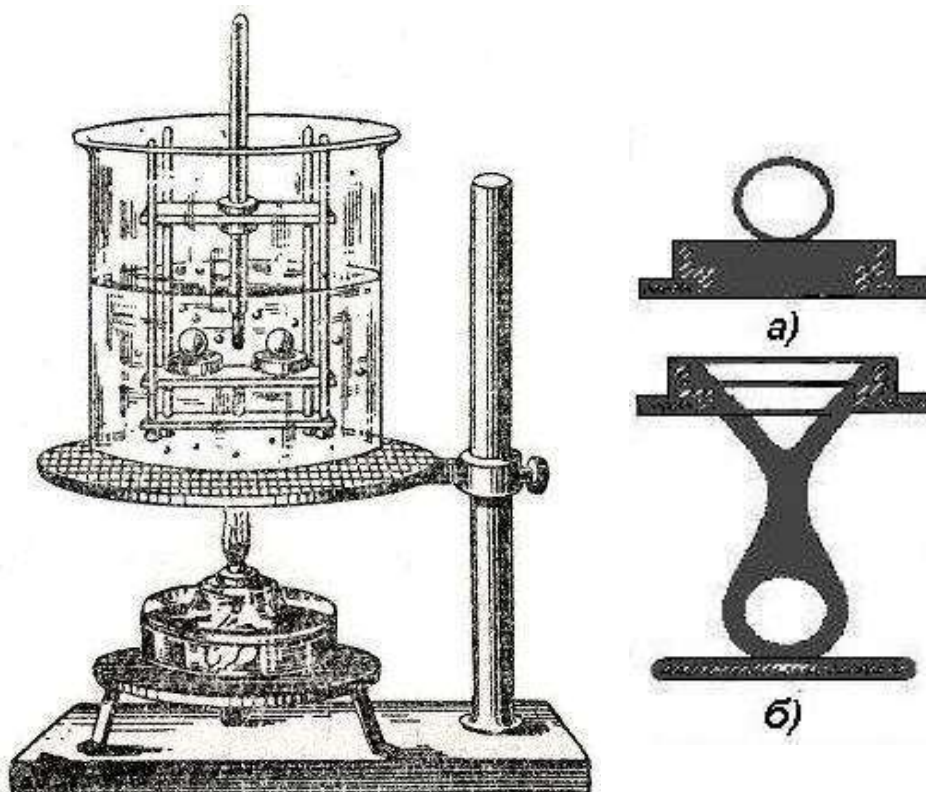
**Температуру размягчения битума** определяют по методике ГОСТ 11506 на приборе «Кольцо и Шар» (КиШ), измерением температуры при которой шарик собственным весом продавит слой битума, залитого в кольцо, и коснется нижней пластинки прибора.

Температура размягчения характеризует верхний температурный предел применения битума (*термостойкость*).

**Аппаратура и реактивы:**

– прибор КиШ (рисунок 2), представляющий собой штатив, поддерживающий две металлические пластинки, расстояние между которыми 25,0-25,4 мм (верхняя пластинка имеет три отверстия: два для помещения колец и третье – для термометра);

- кольца латунные;
- шарики стальные;
- стакан из термостойкого стекла;
- пластинка полированная металлическая или стеклянная;
- термометр ртутный;
- сито с металлической сеткой № 07;
- нож для срезания битума;
- горелка газовая или плитка электрическая;
- смазка – смесь талька с глицерином (1:3 по массе);
- секундомер;
- палочка стеклянная или металлическая для перемешивания битума;
- вода дистиллированная.



а) – положение шарика в начале испытания; б) – то же, после испытания

**Рисунок 2 – Прибор «Кольцо и Шар»**

**Подготовка к испытанию.** Перед испытанием образец битума осторожно нагревают до подвижного состояния, процеживают через сито и затем тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха. Температура нагрева битума должна быть не ниже 120 °С и не выше 180 °С.

Битум наливают с некоторым избытком в два кольца, помещенные на пластинку, покрытую смесью талька с глицерином.

После охлаждения колец с битумом на воздухе в течение 30 мин при  $(25 \pm 10)$  °С избыток битума срезают нагретым ножом вровень с краями колец.

**Проведение испытания.** Кольца с битумом помещают в отверстия верхней пластинки прибора КиШ. В среднее отверстие верхней пластинки вставляют термометр так, чтобы нижняя точка ртутного резервуара была на одном уровне с нижней поверхностью битума в кольцах. Прибор помещают в стеклянный стакан, заполненный дистиллированной или свежевскипяченной водой, температура которой  $(5 \pm 1)$  °С, уровень воды над поверхностью колец не менее 50 мм.

По истечении 15 мин прибор вынимают из стакана, на каждое кольцо в центре поверхности битума помещают стальной шарик, также охлажденный в до  $(5 \pm 1)$  °С, после чего опускают прибор обратно в стакан.

Стакан устанавливают на нагревательный прибор. Температура воды в бане после первых 3 мин подогрева должна подниматься со скоростью  $(5 \pm 0,5)$  °С в минуту.

Для каждого кольца и шарика отмечают температуру, при которой выдавливаемый шариком битум коснется нижней пластинки. Схема испытаний показана на рисунке 2, результаты испытаний заносят в таблицу 4.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений, округленное до целого числа.

Таблица 4 – Результаты определения температуры размягчения

Температура битума в начале опыта, °С	Скорость нагрева воды, °С/мин	Температура размягчения, °С		
		по кольцу №1	по кольцу №2	среднее значение

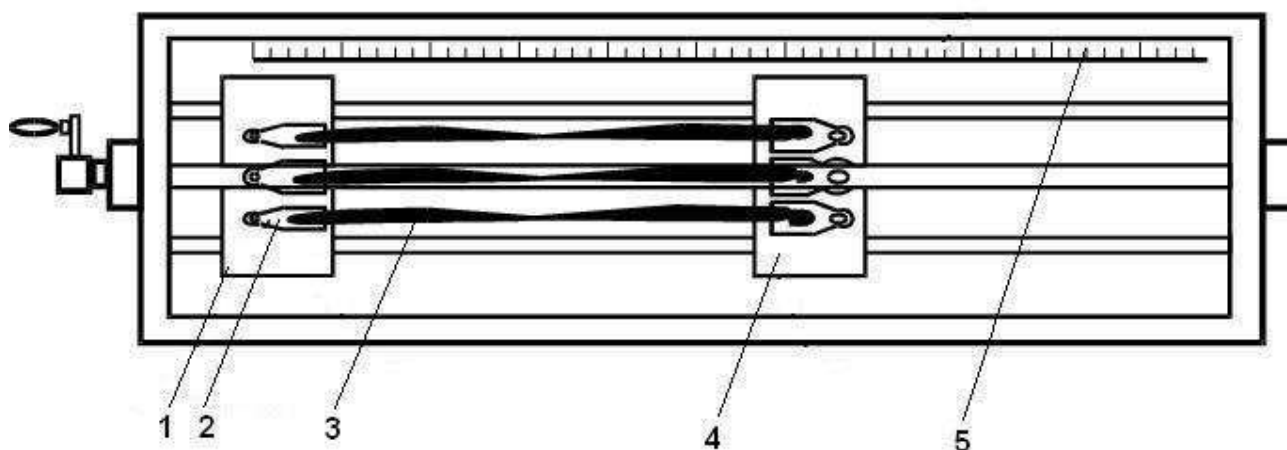
#### 4 Определение растяжимости

**Растяжимость (дуктильность)** битума определяют по методике ГОСТ 11505 измерением максимальной длины, на которую может растянуться без разрыва битум, залитый в форму для стандартных образцов – «*восьмерок*», половинки которых раздвигаются с постоянной скоростью (5 см/мин) при заданной температуре 25 °С или 0 °С.

Растяжимость характеризует *пластичность* и *эластичность* вязких битумов.

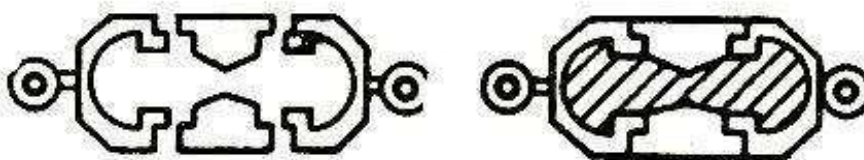
**Аппаратура и реактивы:**

- дуктилометр (рисунок 3);
- формы латунные для битума – «восьмерки» (рисунок 4);
- термометр ртутный стеклянный;
- нож для среза битума;
- сито с металлической сеткой № 07;
- пластинка полированная металлическая или стеклянная;
- смазка – смесь талька с глицерином (1:3 по массе).



- 1 – неподвижная каретка; 2 – половинка формы «восьмерки»;  
3 – образец битума; 4 – подвижная каретка; 5 – линейка

**Рисунок 3 – Дуктилометр**



**Рисунок 4 – Форма для битума «восьмерка»**

**Подготовка к испытанию.** Перед испытанием битум нагревают до подвижного состояния, процеживают через металлическое сито и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха. Температура нагрева битума должна быть не выше 160 °С.

Полированную металлическую или стеклянную пластинку и внутренние боковые стенки вкладышей «восьмерки» смазывают. Затем собирают форму на пластинке.

**Проведение испытания.** Битум наливают в три формы тонкой струей с некоторым избытком и оставляют охлаждаться на воздухе в течение 30-40 мин при комнатной температуре, а затем срезают излишек битума горячим острым ножом вровень с краями формы.

Формы с битумом, не снимая с пластинки, помещают для термостатирования в ванну дуктилометра, предварительно заполненную водой. Температура воды должна соответствовать температуре испытаний. Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм.

По истечении 1 ч формы с битумом вынимают из воды, снимают с пластинки и закрепляют в дуктилометре одним концом на неподвижной части каретки, а другим – на подвижной. После этого отнимают боковые части форм, включают мотор дуктилометра и наблюдают за растяжением битума. Скорость растяжения должна быть 5 см/мин.

**Обработка результатов.** За растяжимость битума принимают длину нити битума в сантиметрах, отмеченную указателем в момент ее разрыва. Результаты испытаний заносят в таблицу 5. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение трех параллельных определений.

При растяжимости до 10,0 см результат округляют до 0,1 см, при большем значении результат округляют до целого числа.

Таблица 5 – Результаты определения растяжимости

Показатель	Номер формы «восьмерки»			Среднее значение
	1	2	3	
Температура битума, °С				
Скорость растяжения битума, см/мин				
Удлинение к моменту разрыва, см				

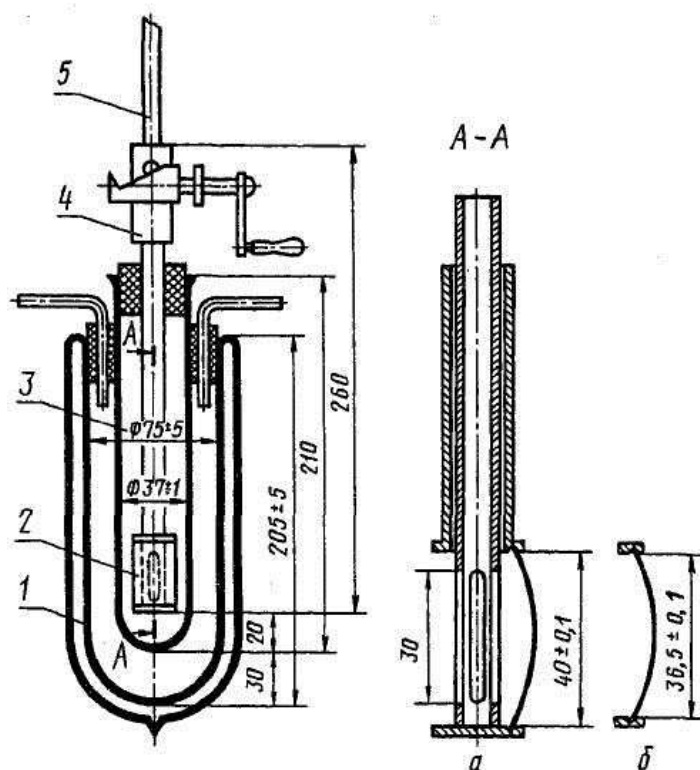
### 1.5 Определение температуры хрупкости

**Температуру хрупкости** битума определяют по методике ГОСТ 11507 измерением температуры, при которой появляются трещины в тонком слое охлаждаемого битума, нанесенного на стальную пластинку стандартного прибора (прибор Фрааса) при ее изгибе и распрямлении.

Температура хрупкости характеризует нижний температурный предел применения битума.

#### **Аппаратура и реактивы:**

– аппарат Фрааса (рисунок 5), в который входят: устройство для сгибания пластинки, состоящее из двух концентрических трубок из теплоизоляционного материала, и приспособления для перемещения внутренней трубки относительно внешней трубки; пластинки стальные длиной  $(41 \pm 0,05)$  мм, шириной  $(20 \pm 0,2)$  мм и толщиной  $(0,15 \pm 0,02)$  мм; пробирка стеклянная диаметром  $(37 \pm 1)$  мм, высотой около 210 мм, в которую вставляется изгибающее устройство; устройство для охлаждения, состоящее из несеребренного сосуда Дьюара, снабженного резиновой пробкой с прорезями для пробирки с изгибающим устройством для подачи охлаждающего агента, и отводящей трубки;



1 – сосуд Дьюара, 2 – пластинка; 3 – пробирка;  
4 – устройство для сгибания пластинки; 5 – термометр;  
а – начальное положение пластинки; б – конечное положение пластинки

### Рисунок 5 – Прибор Фрааса

– термометр ртутный стеклянный с диапазоном измерения от минус 35 до плюс 30 °С, ценой деления 1 °С и погрешностью  $\pm 0,5$  °С;

– устройство для расплавления битума на пластинке, состоящее из двух металлических плиток любой формы (60×60 мм), расположенных друг над другом на расстоянии примерно 50 мм. Верхняя плитка толщиной 5 мм, нижняя – отражатель толщиной 1-2 мм.

– секундомер.

– сито с металлической сеткой № 07;

– плитка керамическая размером для выдерживания пластинок после расплавления битума;

– кальций хлористый технический;

– толуол нефтяной, или толуол каменноугольный, или керосин осветительный;

– охлаждающая смесь: этиловый технический регенерированный спирт или сырец или технический изооктан с твердой углекислотой; жидкий азот или жидкая углекислота;

– весы лабораторные 3-го класса точности;

– держатель для помещения пластинок в пазы захватов.

**Подготовка к испытаниям.** Образец битума при наличии влаги обезвоживают осторожным нагреванием без перегрева до температуры на 80-100 °С

выше температуры размягчения, но не ниже 120 °С и не выше 180 °С при перемешивании стеклянной палочкой. Обезвоженный и расплавленный до подвижного состояния битум процеживают через металлическое сито и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха.

Две стальные пластинки тщательно промывают толуолом или керосином, высушивают и взвешивают с погрешностью не более 0,01 г.

Испытанием на изгиб вручную устанавливают, в какую сторону изгибается стальная пластинка. Наносят  $(0,40 \pm 0,01)$  г битума на выпуклую при изгибе сторону пластинки.

Пластинку с навеской битума кладут на верхнюю плитку устройства для расплавления битума и осторожно нагревают нижнюю плитку-отражатель газовой горелкой или другим источником тепла до тех пор, пока битум не растечется равномерно по поверхности пластинки.

Пламенем шириной около 5 мм и длиной 5-10 мм осторожно прогревают поверхность, удаляют возможные пузырьки воздуха и получают гладкое, равномерное покрытие. При этом следует избегать местных перегревов. Время расплавления и распределения битума составляет 5-10 мин.

Подготовленные пластинки с битумом сдвигают на гладкую плоскую горизонтально установленную керамическую плитку. Защищенные от пыли пластинки с битумом выдерживают при комнатной температуре не менее 30 мин.

В захваты устройства для сгибания (при расстоянии между пазами захватов  $(40,0 \pm 0,1)$  мм) вставляют пластинку так, чтобы битумный слой был расположен наружу.

При этом надо избегать образования трещин в битумном покрытии при сгибании пластинки. Если покрытие треснуло, то в устройство для сгибания помещают пластинку с другим покрытием.

Собирают устройство для охлаждения и сосуд Дьюара заполняют изоктаном или спиртом, примерно, на 1/2 высоты.

**Проведение испытания.** Устройство для сгибания пластинки вставляют в стеклянную пробирку с небольшим количеством хлористого кальция.

Термометр или термопару устанавливают так, чтобы ртутный резервуар термометра или рабочий конец термопары находились на уровне середины стальной пластинки. Температура в пробирке к началу испытания должна быть не ниже 15 °С.

Вводят порциями охлаждающий агент и понижают температуру в пробирке со скоростью 1 °С/мин, при этом допускаемые отклонения не должны превышать  $\pm 1$  °С за 10 мин.

Сгибать пластинку начинают при температуре, примерно, на 10 °С выше ожидаемой температуры хрупкости.

Сгибают и распрямляют пластинку равномерным вращением рукоятки со скоростью около 1 об/с сначала в одну сторону до достижения максимального прогиба пластинки (при уменьшении расстояния между пазами захватов до  $(36,5 \pm 0,1)$  мм), а затем в обратную сторону до достижения исходного положения.

Весь процесс сгибания и распрямления пластинки должен заканчиваться за 20-24 с. Операцию повторяют в начале каждой минуты и отмечают температуру в момент появления первой трещины. Для уточнения появления трещины допускается кратковременно извлекать пробирку с битумом из сосуда Дьюара или широкой пробирки.

В ходе испытания устройство для сгибания нельзя вынимать из пробирки.

Аналогичные испытания проводят с другой пластинкой с битумом, при этом сгибать пластинку начинают при температуре на 10 °С выше температуры появления трещины на первой пластинке.

Если полученные значения различаются на величину, превышающую 3 °С, то проводят третье определение.

Время с момента нанесения битумного покрытия до конца испытания не должно превышать 4 ч.

**Обработка результатов.** За температуру хрупкости принимают среднее арифметическое значение двух определений, округленное до целого числа.

Два результата определения, полученные одним исполнителем на одном и том же аппарате, и пробе битума (*сходимость*) признаются достоверными (с 95 %-ной доверительной вероятностью), если расхождение между ними не превышает 3 °С, а полученные в двух разных лабораториях (*воспроизводимость*) – 8 °С.

## 6 Определение интервала пластичности

Интервал пластичности (температурный интервал превращения)  $T_{пл}$ , °С, определяют для вязких нефтяных дорожных битумов как разность температур размягчения и хрупкости битума

$$T_{пл} = T_{разм} - T_{хр}, \quad (1)$$

где  $T_{разм}$  – температура размягчения, °С;

$T_{хр}$  – температура хрупкости, °С.

Интервал пластичности характеризует способность битума сохранять свои вязкопластические свойства при изменении температуры. Битумы с широким интервалом пластичности обладают более высокой стойкостью к образованию трещин при низких зимних температурах и устойчивостью против сдвига при повышенных летних. Кроме этого, с увеличением  $T_{пл}$  повышаются адгезионные свойства битумов, что объясняется повышенным содержанием в них ароматических соединений и смол.

Таким образом, чем больше  $T_{пл}$ , тем лучше качество вязкого дорожного битума и выше дорожно-эксплуатационные свойства асфальтобетонного покрытия.

## 7 Контрольные вопросы

1 Перечислите основные показатели, по которым оценивают качество твердых и вязких битумов.

2 Изложите методику определения глубины проникания иглы. Влияние группового состава битума на это свойство.

4 Опишите последовательность определения растяжимости битума. Влияние масел, смол и асфальтенов на это свойство.

3 Назовите температуры при которых определяют глубину проникания иглы и растяжимость дорожных, строительных и кровельных битумов.

5 Изложите методику определения температуры размягчения битума. Влияние группового состава битума на это свойство.

6 Опишите методику определения температуры хрупкости битума. Влияние масел, смол и асфальтенов на это свойство.

7 Интервал пластичности вязких дорожных битумов и его влияние на дорожно-строительные свойства битумов.

8 Расскажите как температура влияет на глубину проникания иглы и растяжимость.

## Библиографический список

1 ГОСТ 6617-76. Битумы нефтяные строительные. Технические условия.

2 ГОСТ 9548-74. Битумы нефтяные кровельные. Технические условия.

3 ГОСТ 9812-74. Битумы нефтяные изоляционные. Технические условия.

4 ГОСТ 11501-78. Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы.

5 ГОСТ 11505-75. Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости.

6 ГОСТ 11506-73. Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару.

7 ГОСТ 11507-78. Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу.

8 ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.

9 Илиополов С.К., Мардиросова И.В., Углова Е.В., Безродный О.К. Органические вяжущие для дорожного строительства: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Юг, 2003.

10 Строительные материалы: учеб.-справ. пособие / под ред. Г.В. Несветаева. – Ростов н/Д: Феникс, 2009.

11 Попов Л.Н., Попов Н.Л. Строительные материалы и изделия: учебник. – М.: ОАО «ЦПП», 2008.

12 Юндин А.Н. Битуминозные дорожно-строительные материалы: учеб. пособие. – Ростов н/Д: РГСУ, 2012.