

Министерство образования Российской Федерации  
Тамбовский государственный технический университет

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ И  
МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ  
БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания к лабораторным работам  
для студентов 5 курса дневного и заочного отделений и магистрантов, обучающихся по специальности  
290300

Тамбов • Издательство ТГТУ • 2003

УДК 691.001.4  
ББК НЗ7я73-5  
ТЗ8

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Рецензент  
Доктор технических наук, профессор ТГТУ  
*В. И. Леденев*

Т38      Теплотехнические и механические испытания битумных материалов: Метод. указ. / Сост.: Е. В. Гурова, В. П. Ярцев. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 24 с.

В методических указаниях рассмотрены методы оценки качества и исследования долговечности битумов и битумных материалов.

УДК 691.001.4  
ББК НЗ7я73-5

© Тамбовский государственный  
технический университет  
(ТГТУ),  
2003

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ И  
МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ  
БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ**



• Издательство ТГТУ •

Учебное издание

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ И  
МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ  
БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания

Составители:

ГУРОВА Елена Валентиновна,  
ЯРЦЕВ Виктор Петрович

Редактор Т. М. Глинкина

Компьютерное макетирование И. В. Евсеевой

Подписано к печати 27.02.2003

Гарнитура Times New Roman. Формат 60 × 84/16. Бумага газетная

Печать офсетная. Объем: 1,39 усл. печ. л.; 1,1 уч.-изд. л.

Тираж 50 экз. С. 142

Издательско-полиграфический центр ТГТУ  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ВВЕДЕНИЕ

Нефтяные (искусственные) битумы, получаемые переработкой нефтяного сырья, в зависимости от технологии производства могут быть: остаточные, получаемые из гудрона путем дальнейшего глубокого отбора из него масел; окисленные, получаемые окислением гудрона в специальных аппаратах (продувка воздухом); крекинговые, получаемые переработкой остатков, образующихся при крекинге нефти. Битумы относятся к наиболее распространенным органическим вязущим веществам.

Нефтяные битумы состоят из сложной смеси многочисленных и разнообразных по химическому строению жидких и твердых углеводов и их производных, богатых кислородом, не растворимых в воде, но растворимых в сероуглероде, хлороформе и других органических растворителях.

Ценными строительными свойствами битумов являются водонепроницаемость, химическая стойкость, способность размягчаться при нагревании и сцепляться с деревом, камнем, металлом и материалами из пластмасс, а также быстрота нарастания вязкости при остывании. Способность битума размягчаться при нагревании вплоть до полного расплавления обусловила его применение при производстве кровельных и гидроизоляционных работ.

Повышение прочности, теплостойкости и экономичности битумов достигается путем использования в качестве наполнителей утилизируемых отходов местного производства.

Лабораторные работы посвящены оценке качества и исследованию долговечности битумов и битумных материалов. По результатам лабораторных работ можно определить марку битума, а также прогнозировать долговечность битумных материалов в широком диапазоне нагрузок и температур.

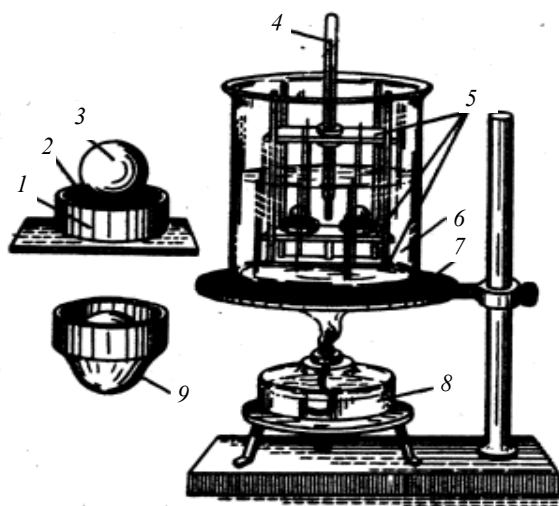
### Лабораторная работа 1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗМЯГЧЕНИЯ БИТУМА

*Цель работы.* Экспериментальное определение температуры размягчения битума. Сравнение полученных результатов с теоретическими.

*Оборудование и приборы.* Испытания проводятся на стандартном приборе «кольцо и шар» (ГОСТ 11506-72\*). Прибор состоит из двух металлических

стоян  
ниже  
рых и  
2,38  
I  
чашк  
ния,  
ленн  
полн  
пров



пластин 5, скрепленных на определенном расстоянии металлическими стержнями. Расстояние между двумя пластине имеются два отверстия, в каждое из которых диаметром 15,88, высотой 6,25 и толщиной стенок отверстие, в которое вставляется термометр 4.

испытаний битум необходимо обезводить, для чего песчаную баню и доводят до подвижного состояния. 180 °С в зависимости от их вязкости. Расплавленными 0,6 ... 0,8 мм и тщательно перемешивают до тех пор, пока проба битума считается подготовленной к

*Порядок выполнения работы.* Температуру размягчения битума по методу «кольцо и шар» определяют следующим образом:

1) Латунные кольца укладывают на металлические пластины и смазывают смесью талька с глицерином (состав 1 : 3).

2) Затем заполняют их с некоторым избытком расплавленным и перемешанным в течение 15 минут битумом 2. После охлаждения избыток битума срезают нагретым ножом вровень с краями.

3) Кольца устанавливают горизонтально в отверстия на средней пластине прибора. Термометр вставляют в среднее отверстие верхней пластины точно по оси так, чтобы ртутный шарик его был на нижнем уровне кольца.

4) Прибор с кольцами ставят в стакан 6, наполненный дистиллированной охлажденной водой с температурой 5 °С (если температура размягчения битума выше 80 °С, прибор заполняют не водой, а глицерином; образец перед испытанием выдерживают в течение 15 минут при температуре 32 °С).

5) Через 15 минут прибор вынимают из стакана, на каждое кольцо в центре поверхности битума кладут стальной шарик 3 диаметром 9,5 мм и массой 3,45 ... 3,55 г и помещают прибор в тот же стакан.

6) Стакан с прибором ставят на асбестовую сетку, нагревают на газовой горелке или спиртовке так, чтобы скорость подъема температуры составляла 5 °С / мин.

7) При нагревании битум размягчается, и стальной шарик вместе с битумом проходит сквозь отверстие кольца. Температура, при которой деформирующийся битум под действием массы шарика коснется нижнего диска прибора, принимается за температуру размягчения. Если температура размягчения битума по методу «кольцо и шар» окажется, например равной 70 °С, то сокращенно записывают «70° КиШ».

Испытания проводятся 2 раза, и температуру размягчения вычисляют как среднее арифметическое двух определений.

8) Результаты эксперимента сравниваются с теоретическими значениями характеристик нефтяных битумов, приведенных в табл. 1.

1 Физико-механические свойства нефтяных битумов

Марка битума	Температура размягчения, °С, не ниже	Глубина проникания иглы 10 мм при 25 °С	Растяжимость, см, при 25 °С, не менее	Температура вспышки, °С
Строительные				
БН 50/50	50	41 ... 60	40	220
БН 70/30	70	21 ... 40	3	230
БН 90/10	90	5 ... 20	1	240
Кровельные				
БНК 45/180	40 ... 45	140 ... 220	Не нормируется	240
	85 ... 95	35 ... 45		240
БНК 90/40	85 ... 95	25 ... 35		240

БНК 90/30				
--------------	--	--	--	--

Литература: [1, с. 135].

### Контрольные вопросы

- 1 По каким показателям определяют марку битума?
- 2 Как производят отбор пробы битума, поступившего на строительство, для оценки его качества?
- 3 Какую температуру называют температурой размягчения битума?

## Лабораторная работа 2

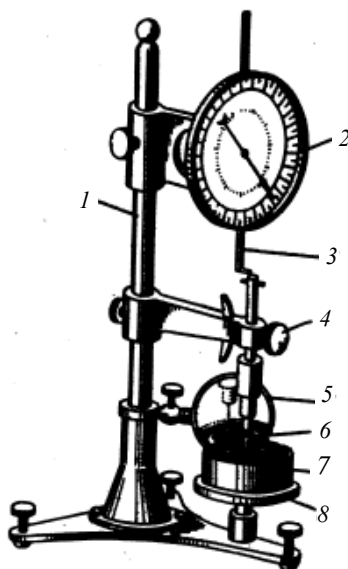
### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ БИТУМА

*Цель работы.* Определение глубины проникания иглы в битум. Сравнение полученных результатов с теоретическими.

*Оборудование и приборы.* Испытания проводятся на стандартном приборе пенетрометре (ГОСТ 11501-78<sup>\*</sup>). Пенетрометр (рис. 2) состоит из металлического штатива 1, нижняя часть которого представляет собой опорную площадку с тремя установочными винтами для приведения ее в горизонтальное положение. К опорной площадке прикреплен вращающийся предметный столик 9 для установки кристаллизатора 8 объемом не менее 0,3 л и высотой 45 ... 50 мм с металлической цилиндрической чаш-

кой 7 высотой 35 мм и диаметром 55 мм, в которую помещают испытываемый битум. На верхнем кронштейне штатива укреплен циферблат 2, разделенный на 360°, и контактная рейка (кремальера) 3, движение которой передается стрелке циферблата. На нижнем кронштейне закреплен свободно падающий стержень с иглой 6 и грузом общей массой  $100 \pm 0,01$  г, удерживаемый стопорной кнопкой 4. Сбоку, несколько выше прикреплено зеркало 5. Стальная игла пенетрометра длиной 50,8 мм должна быть закалена и тщательно затуплена. Диаметр ... 0,16 мм.

*Методические указания.* нефтяного битума определяют пенетрометра. По глубине нагрузкой 1 Н в течение 5 с битума. Вязкость выражают в глубине проникания иглы 0,1



предметного столика, к стойке шарнирно. Стальная игла пенетрометра длиной 50,8 мм должна быть закалена и тщательно затуплена. Диаметр ... 0,16 мм.

Глубину проникания иглы (пенетрацию) при помощи стандартного прибора – проникания иглы прибора в битум под при температуре 25 °С судят о вязкости градусах, причем 1° соответствует мм.

Рис. 2 Пенетрометр

### *Порядок выполнения работы:*

1 Предварительно обезвоженный и процеженный битум расплавляют на песчаной или масляной бане или в сушильном шкафу до подвижного состояния (не перегревая битум) и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха.

2 Наливают битум в металлическую чашку на высоту не менее 30 мм и выдерживают при температуре 18 ... 20 °С в течение 1 ч, предохраня образец от пыли.

3 После этого чашку с битумом помещают в ванну с водой, нагретой до 25 °С, и оставляют на 1 ч до испытания. Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм. Температуру в ванне поддерживают постоянной, добавляя горячей или холодной воды. Колебания температуры воды в ванне не должны превышать  $\pm 0,5$  °С.

4 Чашку с битумом помещают в кристаллизатор, наполненный водой, имеющей температуру 25 °С.

5 Кристаллизатор устанавливают на столик пенетromетра. Подводят острие иглы к поверхности битума, при этом игла должна слегка касаться битума, но не входить в него. Для облегчения этой операции служит зеркало.

6 Кремальеру доводят до верхней площадки стержня, несущего иглу, и устанавливают стрелку на нуль или отмечают ее положение, после чего одновременно пускают секундомер, нажимают стопорную кнопку, давая игле свободно входить в битум в течение 5 с. По истечении этого срока кнопку отпускают.

7 Затем доводят нижнюю часть кремальеры до верхней площадки стержня с иглой, и стрелка передвигается вместе с кремальерой, показывая расстояние, градусы, пройденное иглой за 5 с.

Измерения повторяют 3 раза в различных точках на поверхности битума, отстоящих не менее чем на 10 мм от краев чашки и одна от другой. Среднее арифметическое этих определений дает значение проникания иглы в градусах, соответствующее глубине проникания иглы в десятых долях миллиметра. Расхождение между результатами определения глубины проникания, полученное в каждом из 3-х опытов, не должно превышать следующих значений:

Глубина проникания иглы, град	150 ... 200	75 ... 150	25 ... 75	До 25
Расхождение, град	10	5	3	1

При больших расхождениях результатов испытания следует повторить.

После каждого погружения иглу вынимают, обмывают бензином острие и насухо вытирают чистой тряпочкой или ватой.

Результаты эксперимента сравниваются с теоретическими значениями характеристик нефтяных битумов, приведенных в табл. 1.

Литература: [1, с. 132 – 133].

### *Контрольные вопросы*

- 1 Что такое пенетрация?
- 2 Какие основные испытания проводят для оценки качества нефтяных битумов?
- 3 В чем отличие жидких и твердых битумов?



### Лабораторная работа 3

## ИСПЫТАНИЕ БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ

*Цель работы.* Определение прочности и долговечности битумных материалов при одноосном растяжении. Исследование влияния наполнителя на время сопротивления разрушению композиций из битума.

*Оборудование и приборы.* Испытание битумных образцов на растяжение производится на установке, представленной на рис. 3.

Установка состоит из станины – металлического бруса 1 с приваренным к нему блоком 2. Образец 3 закрепляется болтами 4 в захватах 5, один из которых жестко закреплен на бруске, а второй подвижен. Нагружение производится через гибкую тягу 6.

Для создания повышенных температур используется накладная термокамера с нихромовой спиралью. Она выполнена в виде полуцилиндра, закрепленного на штативе. Температура задается лабораторным автотрансформатором и поддерживается постоянно потенциометром с точностью до  $\pm 1$  °С.

*Изготовление образцов.* Предварительно обезвоженный и процеженный битум расплавляют на пес-

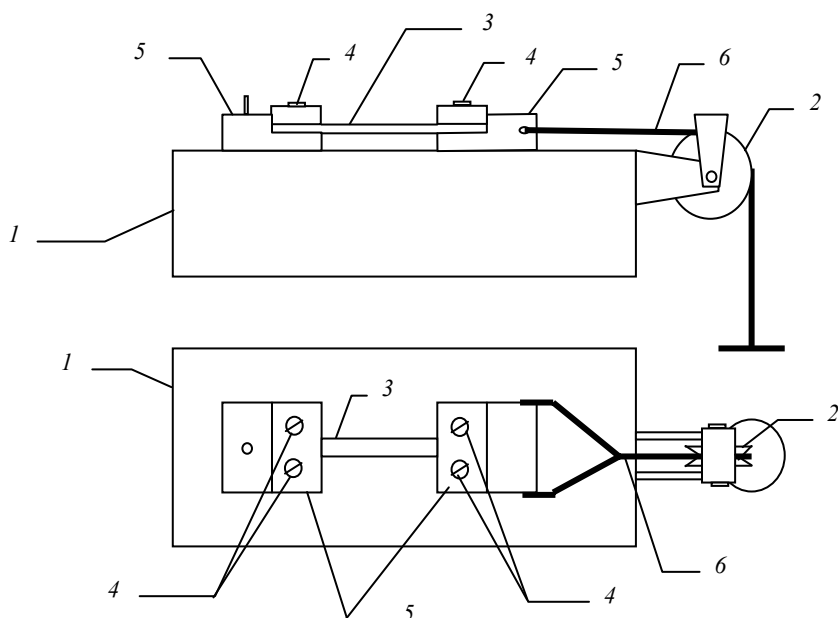


Рис. 3 Стенд для испытания битумных материалов на растяжение

чаной или масляной бане или в сушильном шкафу до подвижного состояния (не перегревая битум) и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха. В расплавленный битум небольшими порциями вводят наполнитель (10 ... 50 %) (см. табл. 2), перемешивают до однородной массы. Смесь выливают в формы, смазанные глицерином, и оставляют на сутки для устранения усадочных деформаций. Форма образца представлена на рис. 4.

## 2 Наполнители для битумных материалов

Наименование	Рекомендуемое количество, % по массе
Стирол-бутадиен-стирол (СБС)	10 ... 15
Поверхностно-активная добавка ОЭЖ	0,5 ... 2,5
Фосфогипс	5 ... 10
Асбофрикционные отходы (АФО)	10 ... 50

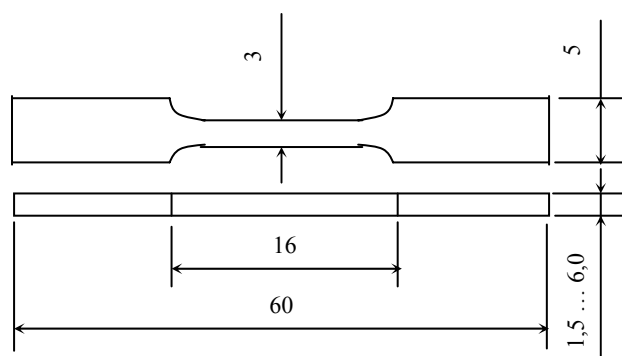


Рис. 4 Образец «восьмерка» для испытания битумных материалов на растяжение

Порядок выполнения работы:

- 1 Образец битумного материала закрепляют в захватах и определяют разрушающую нагрузку ( $N_p$ ).
- 2 По разрушающей нагрузке определяют разрушающие напряжения ( $\sigma_p$ )

$$\sigma_p = \frac{N_p}{b\delta},$$

где  $N_p$  – разрушающая нагрузка;  $b$  – ширина образца;  $\delta$  – толщина образца.

3 Испытывают 5-6 образцов чистого битума при непрерывном действии нагрузки  $N_1 = 0,8N_p$ . В процессе испытания фиксируют время от начала нагружения до разрушения образца ( $\tau$ ). Затем испытывают 5-6 образцов при  $N_2 = 0,6N_p$  и так далее, постепенно уменьшая нагрузку до  $N_n = 0,1N_p$ .

- 4 Затем проводят аналогичные испытания наполненного битума.
- 5 Напряжения в образце вычисляют по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{b\delta} \text{ [МПа]},$$

где  $N$  – нагрузка, приложенная к образцу.

*Обработка результатов испытаний.* Полученные данные заносят в табл. 3.

### 3 Значения времени до разрушения при заданных напряжениях и температуре

Но- мер точ- ки	Но- мер об- разца	$b \times$ $\delta$ , см× см	$T$ , К	$N$ , кг	$\sigma$ , МПа	$\tau$ , с	$\lg[\tau]$	$\lg[\tau_c$ $p]$

Экспериментальные данные обрабатываются с позиции термофлуктуационной концепции прочности твердых тел [1]. При постоянных заданных температуре и напряжении испытывается 6 образцов на каждую точку. За результат испытаний принимается среднее арифметическое. Нагрузка варьируется в таких пределах, чтобы получить не менее четырех точек на одну кривую при заданной температуре (берутся три различных температуры). Достоверность экспериментальных данных проверяется по ГОСТ 14359–69.

По экспериментальным данным строится график в координатах  $\lg \tau - \sigma$  (рис. 5, а). Затем перестраивают полученные зависимости в координаты  $\lg \tau - \lg \sigma$  (рис. 5, б). Для выявления аналитической зависимости, связывающей время до разрушения с напряжением и температурой, зависимости перестраиваются в координаты  $\lg [\tau] - 1/T$  (рис. 5, в). Уравнения, описывающие связь долговечности  $\tau$  с напряжением  $\sigma$  и температурой  $T$ , приведены в [2] и имеют вид:

– для прямого пучка

$$\tau = \tau_m \exp \frac{U_0 - \gamma\sigma}{RT} \left( 1 - \frac{T}{T_m} \right); \quad (1)$$

– для параллельных прямых

$$\tau = B\sigma^{-m} \exp(U/RT) = \tau_m \exp(U_0/RT) [(U'_0 - U_0)/\gamma'\sigma]^m; \quad (2)$$

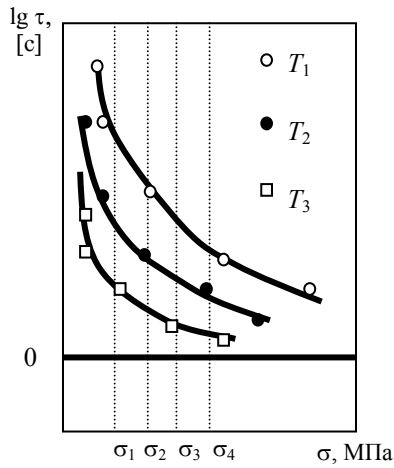
– для обратного пучка

$$\tau = \tau_* \exp \frac{U_* - \gamma_*\sigma}{RT} \left( \frac{T_*}{T} - 1 \right). \quad (3)$$

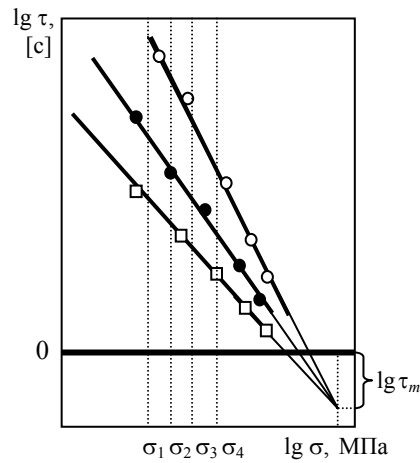
Закономерности разрушения битумных материалов при растяжении также можно описать уравнением (4):

$$\tau = \tau_m \exp\left[\frac{U - \chi \lg \sigma}{RT} \left(1 - \frac{T}{T_m}\right)\right], \quad (4)$$

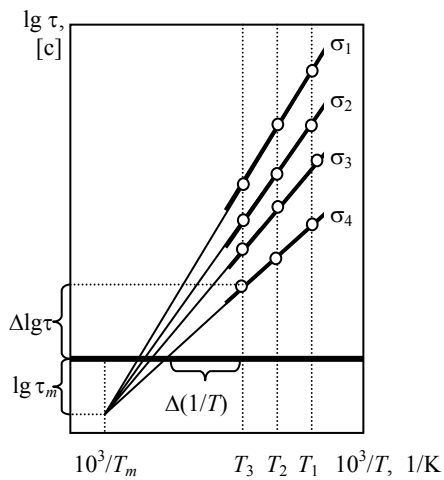
где  $\tau_m$  – период колебания кинетических единиц;  $U_0$  – энергия активации;  $\gamma$  – структурно-механическая константа;  $T_m$  – предельная температура существования твердого тела;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – температура, К;  $\tau$  – время до разрушения (долговечность);  $B$ ,  $m$ ,  $\tau^*$ ,  $U^*$ ,  $\gamma^*$  и  $T^*$  – эмпирические коэффициенты;  $U$ ,  $U'_0$ , и  $\gamma'$  – физические константы;  $U$  – эффективная энергия активации разрушения;  $U'_0$  – максимальная энергия активации процесса критического деформирования;  $\gamma'$  – струк-



a)



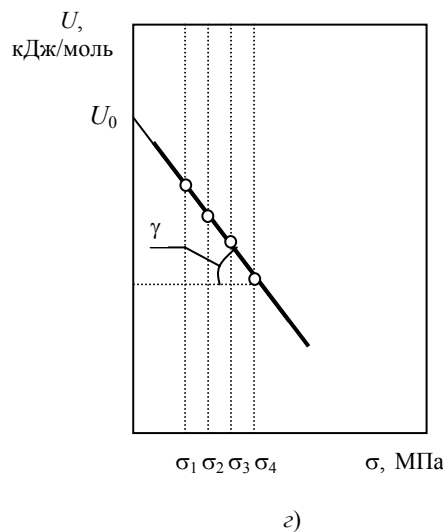
б)



в)

**Рис. 5 Схема определения физических констант при разрушении битумных материалов**

турно-механическая константа при критическом деформировании;  $\chi$  – эмпирическая константа, имеющая размерность энергии. Величины констант определяются графоаналитическим способом. Так,  $\tau_m$  и  $T_m$  определяют как координаты полюса (точка пересечения прямых) из зависимости  $\lg[\tau] - 1/T$ . По тангенсу угла наклона прямых (рис. 5, в) по формуле  $U = \frac{2,3R\Delta \lg \tau}{\Delta(1/T)}$  рассчитывают значения  $U$  при заданных напряжениях и строится график в координатах  $U - \sigma$  (рис. 5, з). При экстраполяции на  $\sigma = 0$  определяется величина  $U_0$ ; по тангенсу угла наклона прямой определяется  $\gamma$ . Константу  $m$  определяют как угол наклона семейства прямых (рис. 5, б). Константу  $B$  определяют из семейства прямых в координатах  $\lg[\tau] - 1/T$  (рис. 5, в) [3]. Значения рассчитанных констант сводятся в табл. 4.



**4 Физические и эмпирические константы уравнений (1) – (3) и долговечность битумных материалов**

Марка битума	Количество наполнителя,	Характер семейства прямых	$\tau, c$	Константы						
				$U_0, U, U^*,$ кДж/моль	$\gamma, \gamma^*,$ кДж/моль	$10^3/T_m,$ $10^3/T^*, K^{-1}$	$\tau_m, B, \tau^*, c$	$m$	$\chi,$ кДж/моль	

Литература: [1, с. 61 – 66; 2, с. 59 – 74; 3, с. 46 – 50].

*Контрольные вопросы*

- 1 Физический смысл термофлуктуационной концепции прочности твердых тел.
- 2 Из каких групп соединений состоят битумы?
- 3 Что такое прочность и долговечность и от чего они зависят?
- 4 Применение битумов.

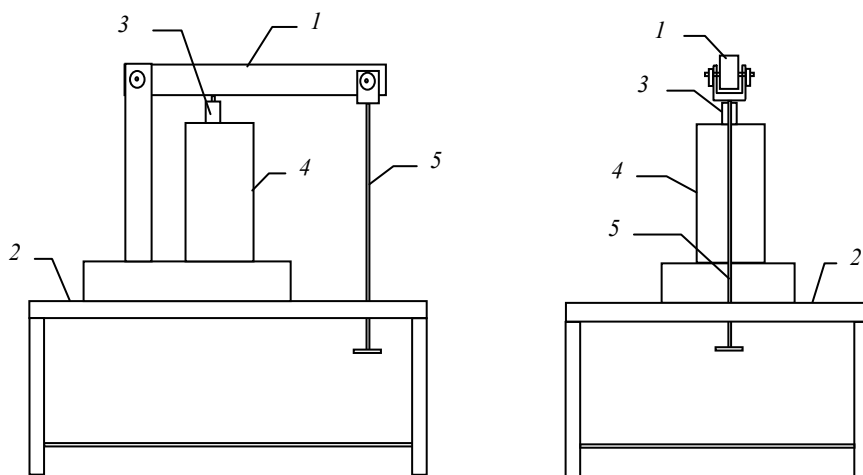
## ИСПЫТАНИЕ БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СРЕЗ

*Цель работы.* Определение долговечности битумных материалов при срезе. Исследование влияния наполнителя на долговечность битумных материалов.

*Оборудование и приборы.* Для испытаний на срез используется установка рычажного типа, приведенная на рис. 6. Рычаг 1 установлен на столе 2. Приспособление для испытания на срез (см. рис. 7) состоит из цилиндра 1 с отверстием для режущего пуансона 2 с острыми краями и отверстием 3 для установки образца [3].

*Порядок проведения работы.* Испытания проводятся в следующей последовательности:

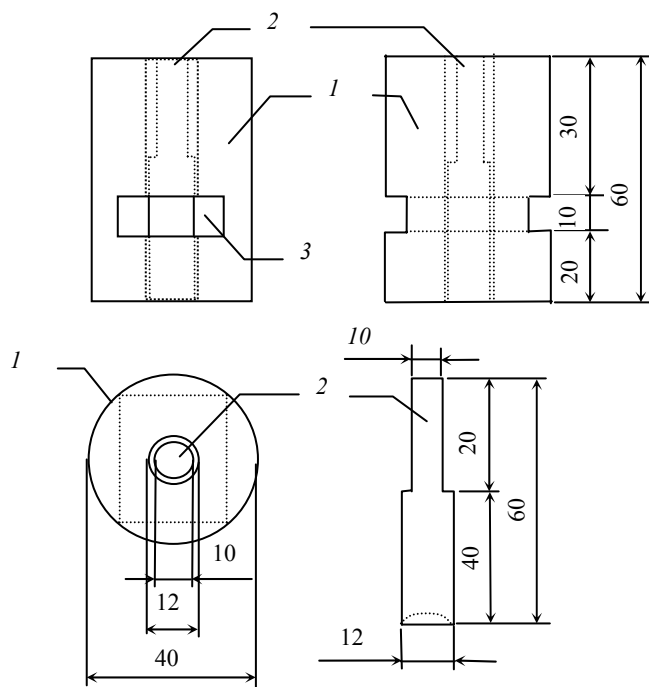
1) Предварительно обезвоженный и процеженный битум расплавляют на песчаной или масляной бане или в сушильном шкафу до подвижного состояния (не перегревая битум) и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха. В расплавленный битум небольшими порциями вводят наполнитель (10 ... 50 %), перемешивают до однородной



**Рис. 6** Стенд для испытания битумных материалов на срез

массы. Смесь выливают в формы, смазанные глицерином, и оставляют на сутки для устранения усадочных деформаций. Образец представляет собой прямоугольник размером  $15 \times 60$  мм,  $h = 1,5 \dots 6,0$  мм.

2) Образец помещают в приспособление 3 (см. рис. 7) и ставят на столик 4, определяют разрушающую нагрузку ( $N_p$ ).



**Рис. 7** Приспособление для испытания битумных материалов на срез

3) По разрушающей нагрузке определяют разрушающие напряжения ( $\sigma_p$ )

$$\sigma_p = \frac{N_p}{\pi dh} \text{ [МПа]},$$

где  $N_p$  – разрушающая нагрузка;  $d$  – диаметр режущего пуансона;  $h$  – толщина образца.

4) Испытывают 5-6 образцов чистого битума при непрерывном действии нагрузки  $N_1 = 0,8N_p$ . В процессе испытания фиксируют время от начала нагружения до разрушения образца ( $\tau$ ). Затем испытывают 5-6 образцов при  $N_2 = 0,6N_p$ , и так далее, постепенно уменьшая нагрузку до  $N_n = 0,1N_p$ .

5) Затем проводят аналогичные испытания наполненного битума.

6) Напряжения в образце вычисляют по формуле

$$\sigma = \frac{N}{\pi dh} \text{ [МПа]},$$

где  $N$  – нагрузка, приложенная к образцу.

*Обработка результатов испытаний.* Полученные данные заносят в табл. 3 (см. лабораторную работу 3). Обработка экспериментальных данных проводится аналогично лабораторной работе 3.

**Значения рассчитанных констант сводятся в табл. 4 (см. лабораторную работу 3).**

Литература: [3, с. 33 – 36].

*Контрольные вопросы*

1 Области применения битумов.

- 2 Физический смысл констант  $\tau_m$ ,  $T_m$ ,  $\gamma$ ,  $U$ .
- 3 Смысл термофлуктуационной концепции прочности твердых тел.

## Лабораторная работа 5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДГЕЗИИ БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Цель работы.* Изучение влияния наполнителя на адгезию битумных материалов к древесине, металлам, пластмассе и камню.

*Оборудование и приборы.* Испытание битумных образцов производится на установке, представленной на рис. 8. Установка состоит из станины - металлического бруса 1 с приваренным к нему блоком 2 и креплением 7. Нагружение производится через гибкую тягу 6.

*Конструкция образца.* Предварительно обезвоженный и процеженный битум расплавляют на песчаной или масляной бане или в сушильном шкафу до подвижного состояния (не перегревая битум) и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха. В расплавленный битум небольшими порциями вводят наполнитель (10 ... 50 %), перемешивают до однородной массы. Смесь выливают в

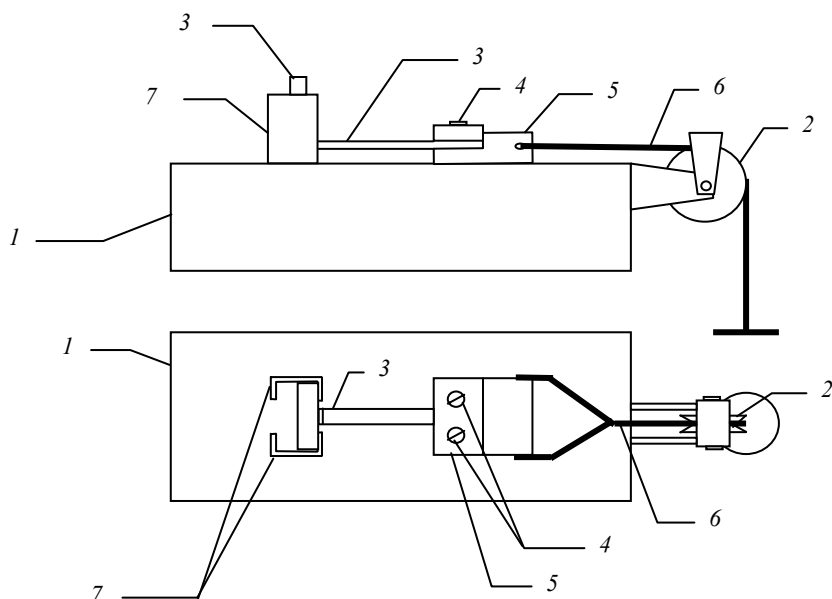
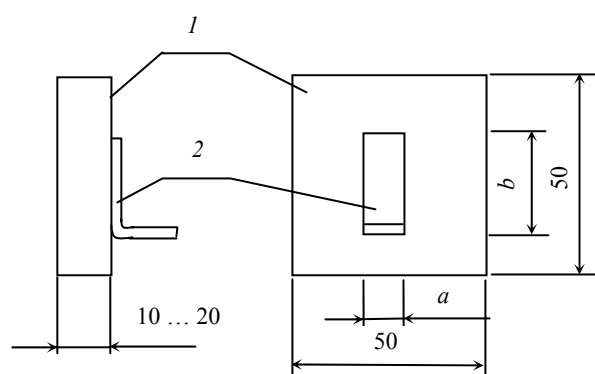


Рис. 8 Стенд для испытания битумных материалов на отрыв



формы, смазанные глицерином, и оставляют на сутки для устранения усадочных деформаций. Готовые образцы расплавляют и приклеивают к пластине из древесины, металла или пластмассы. Форма образца представлена на рис. 9.



## Рис. 9 Образец для испытания

*Порядок проведения работы.* Испытания проводятся в следующей последовательности:

- 1) Образец жестко закрепляется на станине.
- 2) Битумный материал закрепляется в зажиме.
- 3) Нагружение производят ступенчато, до отрыва битума от пластины и фиксируют разрушающую нагрузку ( $N_p$ ).

- 4) Определяют напряжение отрыва по формуле

$$\sigma = \frac{N_p}{a \times b} \text{ [МПа]},$$

где  $a \times b$  – площадь приклеивания битумного материала к пластине.

*Обработка результатов испытаний.* Для каждой концентрации наполнителя проводят 5-6 испытаний. За результат эксперимента принимают среднее арифметическое. Экспериментальные данные заносятся в табл. 5. По данным таблицы строят график зависимости адгезии от количества наполнителя.

### 5 Результаты испытаний образцов битумных материалов на адгезию к различным материалам

Материал	Количество наполнителя, %	Номер образца	$N_p$ , кг	$\sigma$ , МПа	$\sigma_{\text{ср}}$
Древесина					
Металл					
Пластмасса					
Камень					

#### Контрольные вопросы

- 1 Что такое адгезия?

- 2 Что такое поверхностное натяжение?
- 3 Что называют смачиванием?

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Попов Л. Н. Лабораторные испытания строительных материалов и изделий. М.: Высшая школа, 1984. 168 с.
- 2 Регель В. Р., Слуцкер А. И., Томашевский Э. Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1974.
- 3 Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? / Сост.: С. Б. Ратнер, В. П. Ярцев. М.: Химия, 1992. 320 с.
- 4 Ярцев В. П. Прогнозирование работоспособности полимерных материалов в деталях и конструкциях зданий и сооружений: Учеб. пособие. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2001. 149 с.