

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

по дисциплинам  
«Дорожно-строительные материалы и изделия»,  
«Строительное материаловедение»

для студентов специальностей  
I -70 03 01 Автомобильные дороги,  
7-07-0732-01 Строительство зданий и сооружений  
Профилизация: Автомобильные дороги

Брест 2024

Приведены общие сведения о наиболее широко применяемых в современном дорожном строительстве материалах – битумных вяжущих и асфальтобетонах. Описаны состав, структура, методы определения основных свойств нефтяных дорожных битумов. Приведен комплекс требований к асфальтобетонным смесям, и асфальтобетонам; пример расчета состава асфальтобетона и описаны методы определения физико-механических свойств в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами на испытание дорожно-строительных материалов и изделий.

Методические указания соответствуют тематике программ дисциплин «Дорожно-строительные материалы и изделия» и «Строительное материаловедение», предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям I -70 03 01 Автомобильные дороги, 7-07-0732-01 Строительство зданий и сооружений, профилизация: Автомобильные дороги. Могут быть использованы студентами как дневной, так и заочной формы получения высшего образования строительных специальностей, будут полезны аспирантам и инженерно-техническим работникам, занимающимся исследованием органических вяжущих и материалов на их основе.

Таблиц 18, рисунков 12, библиографических названий 4.

Составители: Шалобыта Т.П., доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов, к.т.н., доцент

Сырица Г.В., доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов, к.т.н.

Рецензенты: Щербач Н.С., руководитель испытательного центра РУП «Сертис» РУП «Белстройцентр»;

Шведовский П.В., профессор кафедры геотехники и транспортных коммуникаций УО БрГТУ, к.т.н., профессор

## Лабораторная работа №1 ИСПЫТАНИЕ НЕФТЯНОГО БИТУМА

**Цель работы:** ознакомиться с оборудованием и методикой определения основных свойств нефтяного битума.

**Битумы** — это сложные смеси высокомолекулярных углеводородов (метанового ( $C_nH_{2n+2}$ ), нафтенового ( $C_nH_{2n}$ ), ароматического ( $C_nH_{2n-6}$ ) рядов) и их кислородных, сернистых и азотистых производных. Битумы, как органические вяжущие, имеют следующие свойства: пластичность при нагревании и быстро увеличивающаяся вязкость при охлаждении; гидрофобность; водонепроницаемость; стойкость к действию кислот, щелочей, агрессивных жидкостей и газов; способность прочно сцепляться с металлом, деревом, каменными материалами. Применяются битумы для изготовления асфальтовых бетонов и растворов; устройства конструктивных слоев дорожных одежд; поверхностной обработки дорожных покрытий; в производстве кровельных, гидро- и пароизоляционных материалов, мастик, эмульсий и паст; антикоррозионных материалов и др.

*Природный битум* – это вещество черного или темно-коричневого цвета, в природе встречается редко (в виде линз и озер). Образуется в результате естественной полимеризации нефти, отличается повышенной погодоустойчивостью и адгезией к каменным материалам.

*Нефтяные (искусственные) битумы* являются продуктами переработки нефти и ее смолистых остатков. В зависимости от способа переработки они подразделяются на остаточные, окисленные, крекинговые, экстрактные.

Элементарный состав битума колеблется в пределах: углерод – 70-80%; водород – 10-15 %; сера – 2-9 %; кислород – 0 – 5 %; азот – 0 – 2 %.

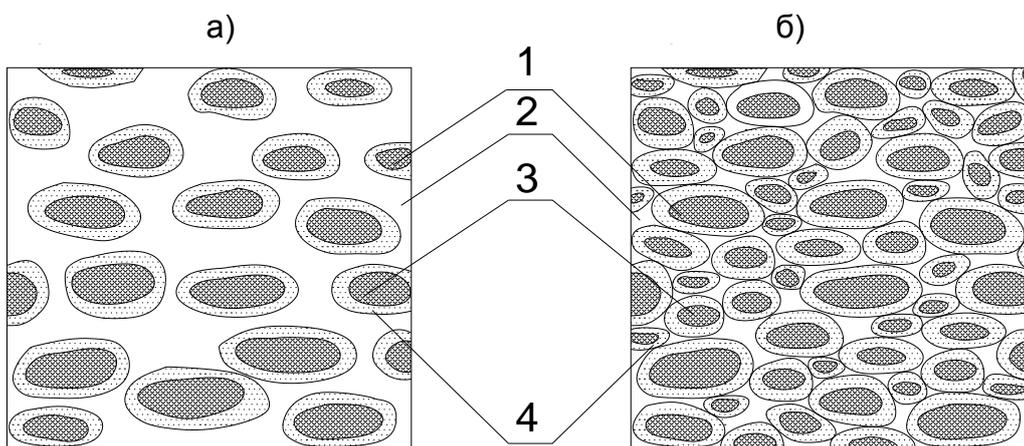
Для битумов принято определять групповой состав:

- *твердая часть (асфальтены, 15-25 %)* – твердые вещества темно-коричневого или черного цвета с молекулярной массой от 1000 до 5000, плотность немного больше, чем  $1000 \text{ кг/м}^3$ ; придают битуму твердость, теплостойкость; в твердую часть входят *карбены* и *карбоиды* (отличаются по растворимости в бензоле); *парафины* (повышают хрупкость при отрицательных температурах, поэтому их содержание нужно ограничивать);

- *смолы* (аморфные вещества темно-коричневого, почти черного цвета) молекулярная масса от 500 до 1000, плотность около  $1000 \text{ кг/м}^3$ ; придают битуму вязкость и эластичность;

- *масла* – вещества светло-коричневого цвета, при обычной температуре находятся в жидком состоянии, молекулярная масса от 100 до 500; придают битуму подвижность и текучесть.

Битум представляет собой коллоидную систему, в которой диспергированы асфальтены, а дисперсионной средой являются смолы и масла. Асфальтены диспергированы в виде частиц размеров около 18-20 мкм, окруженных оболочкой убывающей плотности от смол к маслам (рисунок 1.1).



1 – комплексные частицы – мицеллы; 2 – раствор смол в маслах;  
3 – ядро мицеллы; 4 – оболочка мицеллы

**Рисунок 1.1 – Структура битумных вяжущих**

Если в дисперсной системе имеется избыток дисперсионной среды, то комплексные частицы – мицеллы (рисунок 1.1, а) не контактируют друг с другом, свободно перемещаясь в дисперсионной среде. Такая структура характерна для жидких битумов при нормальной температуре и для вязких при повышенной температуре. Этот вид структуры характеризуется предельно стабилизированной разбавленной суспензией асфальтенов, в сильно структурированной смолами дисперсионной среде. Асфальтены не связаны и не взаимодействуют друг с другом. Если же имеется относительно пониженное количество дисперсионной среды, т.е. ее концентрация, а также большое количество мицелл, которые контактируют друг с другом, то в этом случае имеет место коагуляция частиц – образуется мицеллярная пространственная сетка (рисунок 1.1, б). Это приводит к увеличению вязкости битумов и их твердению.

Свойства битумов, как дисперсной системы, определяется соотношением входящих в него составных частей: асфальтенов, смол, масел. Широкое применение битума, как для создания разных видов асфальтобетонных смесей, так и для производства многих других материалов, используемых при возведении дорог (эмульсий, мастик и др.), способствовало углубленному изучению его свойств и стандартизации показателей вяжущего.

Для строительства дорог, ремонта и обслуживания объектов транспортной инфраструктуры используют два вида битумов — вязкие (применяются для создания горячих асфальтобетонных смесей, полимерно-битумных вяжущих) и жидкие (применяются для производства теплых асфальтобетонных смесей, укрепления грунтов, обработки поверхности и др.). Требования к физико-механическим характеристикам разных видов битума и их испытания отличаются. На дорожные битумы распространяются требования разных стандартов. В части испытаний образцов вяжущего стандарты практически совпадают, но все же есть некоторые отличия. Например, в более новых стандартах добавлены измерения, связанные с изменениями свойств битума после процесса старения, который характеризуется ухудшением качеств вяжущего под воздействием воздушной среды, температуры, солнечного света и др. Кроме того, для модифицированных дорожных битумов проводят определение эластичности при температуре 13°С.

## **1.1 Определение вязкости битума**

Характеристикой структурно-механических свойств битумов является вязкость. С увеличением температуры вязкость уменьшается, с понижением — увеличивается. При низких температурах битум приобретает свойства твердого тела, при повышенных температурах — жидких. Для твердых и вязких битумов вязкость определяют по глубине проникания иглы в битум при определенной нагрузке, температуре и продолжительности погружения на приборе пенетрометре по ГОСТ 33136, ГОСТ 11501, СТБ EN 1426 или ГОСТ EN 1426; для жидких битумов — по условной вязкости, которая определяется по ГОСТ 11503.

### **1.1.1. Определение глубины проникания иглы**

**Глубина проникания иглы (пенетрация)** – показатель, характеризующий консистенцию расстоянием в условных единицах, соответствующих десятым долям миллиметра (0,1 мм), на которое в пробу продукта вертикально проникает стандартная игла при заданных значениях температуры, нагрузки и времени погружения.

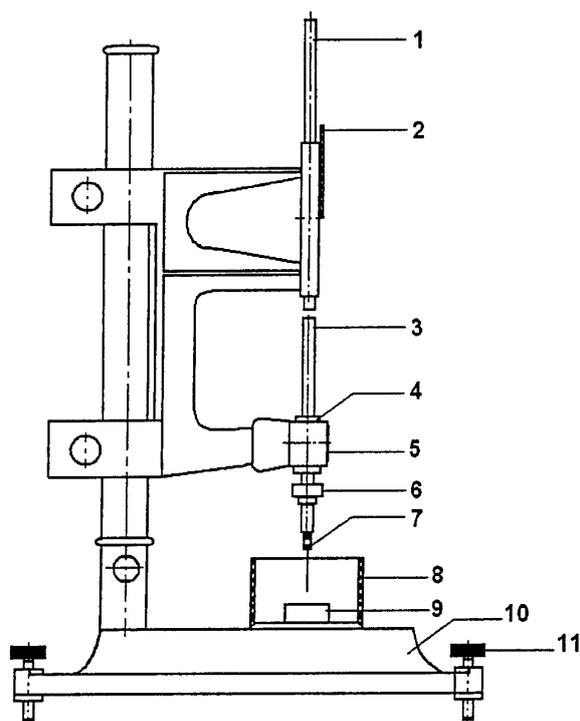
**Пенетрометр** – техническое устройство, при помощи которого определяют глубину погружения в битум пенетрационной иглы с точностью до 0,1 мм.

**Материалы и оборудование:** проба битума; пенетрометр; иглы пенетрационные; чашки кристаллизационные цилиндрические с плоским дном, внутренним диаметром  $(55\pm 1)$  мм и внутренней высотой  $(35\pm 1)$  мм из стали; баня водяная вместимостью не менее 10 дм<sup>3</sup> (для термостатирования); термометр ртутный стеклянный с ценой деления 0,1°С; секундомер диапазоном измерения от 0 до 60 с; стержни тарировочные; вода дистиллированная; сито с металлической сеткой N 07; стакан фарфоровый или металлический для расплавления битума; палочка стеклянная или металлическая для перемешивания битума.

**Выполнение работы.** При работе с битумом необходимо соблюдать требования техники безопасности и требования противопожарной безопасности. В лаборатории должны быть следующие условия: температура воздуха  $(21\pm 4)$ °С; относительная влажность воздуха не более 80%.

Отбирают достаточное количество лабораторной пробы и переносят в подходящий сосуд. Образец битума доводят до подвижного состояния и обезвоживают: сначала нагревают его в сушильном шкафу до температуры  $(105\pm 5)$ °С, затем, не допуская локальных перегревов, доводят температуру битума при постоянном перемешивании стеклянной или металлической палочкой до температуры, на  $(90\pm 10)$ °С выше температуры размягчения, но не ниже 120°С и не выше 160°С. Время нагревания битума при указанных условиях не должно превышать 50 мин. Затем битум процеживают через сито с металлической сеткой и наливают в две пенетрационные чашки, так, чтобы поверхность битума была не более чем на 5 мм ниже верхнего края, и тщательно перемешивают металлической палочкой до полного удаления пузырьков воздуха. Испытуемые пробы охлаждают на воздухе при температуре  $(21\pm 4)$ °С в течение  $(75\pm 15)$  мин, защищая образец от пыли. Затем чашку с битумом помещают в емкость для термостатирования (баню), заполненную дистиллированной водой, при заданной температуре испытания, на такой же период времени.

Пенетрометр устанавливают горизонтально по уровню или отвесу, после этого проверяют точность показаний с помощью тарировочных стержней разной высоты. Основные элементы пенетрометра показаны на рисунке 1.2.



1 – рейка кремальеры, 2 – шкала, 3 – плунжер, 4 – направляющая втулка, 5 – тормозное устройство, 6 – груз-шайба, 7 – игла и держатель, 8 – кристаллизационная чашка, 9 – пенетрационная чашка, 10 – опорный столик, 11 – регулируемый винт

**Рисунок 1.2 – Пенетромтр**

По истечении заданного времени выдерживания чашку с образцом битума вынимают из бани для термостатирования и помещают в плоскодонный сосуд вместимостью не менее 0,5 дм<sup>3</sup>, наполненный дистиллированной водой так, чтобы высота жидкости над поверхностью битума была не менее 10 мм, температура воды в сосуде должна соответствовать температуре испытания.

После установки сосуда для пробы медленно опускают иглу и подводят ее острие к поверхности битума так, чтобы игла слегка касалась ее. Доводят кремальеру до верхней площадки плунжера, несущего иглу, устанавливая стрелку на нуль или отмечают ее положение, после чего одновременно включают секундомер и отключают тормозное устройство пенетромтра, давая игле свободно входить в испытуемый образец в течение времени испытания, по истечении которого включают тормозное устройство. После этого доводят кремальеру вновь до верхней площадки плунжера с иглой и отмечают показание пенетромтра.

Измеряют глубину погружения стандартной иглы в пробу кондиционированного испытуемого продукта. Определение глубины проникания иглы проводят:

- при температуре испытания  $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ , прилагаемой нагрузке  $(100,0 \pm 0,15)$  г и времени испытания 5 с;
- при температуре испытания  $(0,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ , прилагаемой нагрузке  $(200,0 \pm 0,2)$  г и времени испытания 60 с.

Проводят не менее определений с использованием трех отдельных игл в точках поверхности испытуемой пробы, расположенных на расстоянии не менее 10 мм друг от друга и от краев сосуда. Для каждого определения

следует использовать чистую иглу, обеспечивая их сохранность от затупления и излома. Если глубина проникания иглы образца превышает 130 единиц, иглы из испытуемой пробы допускается не извлекать до завершения всех определений. Время с момента заполнения пенетрационной чашки до конца испытания не должно превышать 4 ч.

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов не менее трех определений, округленное до целого числа.

Максимальное расхождение между наибольшим и наименьшим результатами определений при 25°С, 0,1 мм:

- при глубине проникания иглы до 70 включительно – 3;
- при глубине проникания иглы от 71 до 130 включительно – 4;
- при глубине проникания иглы свыше 131 – 5.

Максимальное расхождение между наибольшим и наименьшим результатами определений при 0°С, 0,1 мм:

- при глубине проникания иглы до 11 включительно – 1;
- при глубине проникания иглы от 12 до 28 включительно – 2;
- при глубине проникания иглы свыше 29 – 3.

При больших расхождениях испытания следует повторить. Полученные результаты записывают в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты определения глубины проникания иглы

Показатель	№ испытания			Среднее значение
	1	2	3	
Глубина проникания иглы, 0,1 мм				

#### 1.1.2. Определение условной вязкости

Сущность метода заключается в измерении времени, в течение которого определенное количество битума протекает через калиброванное отверстие цилиндра аппарата при заданной температуре. При определении условной вязкости битумов нефтяных дорожных жидких диаметр калиброванного отверстия прибора должен составлять 5 мм, температура испытания — 60°С.

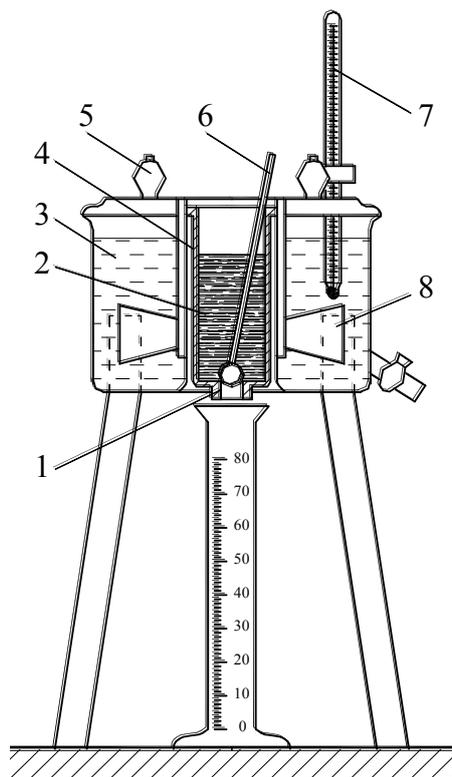
**Материалы и оборудование:** аппарат для определения условной вязкости нефтяных битумов (ВУБ-1), сито с металлической сеткой №07, посуда лабораторная фарфоровая, секундомер, растворитель (бензин), мыльный раствор, соль поваренная пищевая или хлористый кальций.

**Выполнение работы.** При работе с битумом необходимо соблюдать требования техники безопасности и требования противопожарной безопасности. В лаборатории должны быть следующие условия: температура воздуха (21±4)°С; относительная влажность воздуха не более 80%.

Перед испытанием пробу битума, нагретого до подвижного состояния (жидкого битума не выше 60°С), при необходимости обезвоживают фильтрованием через слой высотой 15...20 мм крупнокристаллической свежeproкаленной пищевой соли или хлористого кальция.

Обезвоженный и нагретый до подвижного состояния битум процеживают через металлическое сито и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха.

Аппарат (рисунок 1.3) устанавливают горизонтально с помощью установочных винтов.



- 1 – калиброванное отверстие; 2 – битум; 3 – водяная баня;  
4 – латунный цилиндр; 5 – ручка водяной бани;  
6 – затвор (шариковый клапан); 7 – термометр;  
8 – лопасти для перемешивания воды

**Рисунок 1.3 – Аппарат для определения условной вязкости нефтяных битумов**

Внутреннюю поверхность цилиндра аппарата и затвор протирают растворителем (бензином) и высушивают. Сточное отверстие рабочего цилиндра закрывают затвором и подставляют под него мерный цилиндр. Баню аппарата наполняют водой, нагретой на 1–2°С выше температуры испытания. Температуру воды в бане поддерживают нагреванием, перемешивая с помощью мешалки.

Для определения условной вязкости пробу охлаждают до комнатной температуры и выдерживают не менее 1 ч, затем нагревают ее на 2–3°С выше температуры испытания и наливают в рабочий цилиндр аппарата при закрытом затворе до уровня отметки на затворе.

Битумы наливают так, чтобы не образовывались пузырьки воздуха. Вяжущее в цилиндре вискозиметра хорошо перемешивают термометром.

При достижении температуры испытания ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ) из рабочего цилиндра аппарата вынимают термометр, быстро поднимают затвор. При сливе продукт не должен разбрызгиваться по стенкам мерного цилиндра.

В момент, когда уровень битума достигнет в измерительном цилиндре метки 25 см<sup>3</sup>, включают секундомер. Его останавливают, когда уровень битума дойдет до отметки 75 см<sup>3</sup>, и определяют продолжительность испытания. Для удобства работы допускается в мерный цилиндр перед

определением наливать 20 см<sup>3</sup> мыльного раствора с массовой долей 1 % или легкого минерального масла. При этом уровень меток истечения 25 см<sup>3</sup> и последующих 50 см<sup>3</sup> смешается на соответствующую величину.

За условную вязкость, выраженную в секундах, принимают время истечения 50 см<sup>3</sup> битума. За результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов двух определений, округленное до целого числа. Расхождение результатов не должно превышать 2 с при условной вязкости до 20 с, 3 с при условной вязкости до 40 с, и не более 10% от среднего арифметического результата при условной вязкости более 40 с. Результаты испытаний заносят в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 — Результаты определения условной вязкости битума

Показатель	№ образца		Среднее значение условной вязкости битума
	1	2	
Условная вязкость, с			

### **1.2 Определение температуры размягчения битума по кольцу и шару**

**Температура размягчения** – это условная характеристика перехода битума из твердого или вязко-пластичного состояния в вязко-текучее при определенной температуре, которая зависит от группового состава битума.

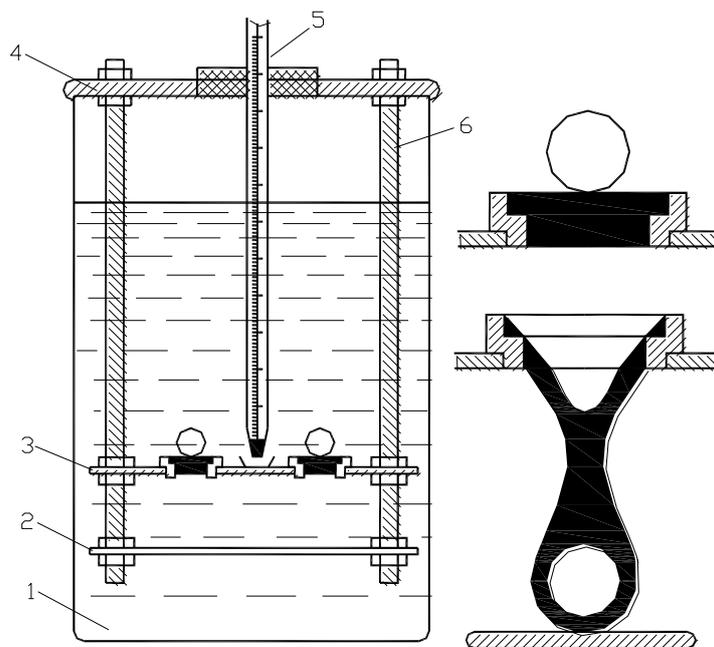
Метод испытаний заключается в определении температуры, при которой битум, залитый и остывший внутри колец заданных размеров, в условиях испытания размягчается и, перемещаясь под действием веса стального шарика, касается нижней пластинки. Температуру размягчения по кольцу и шару определяют по ГОСТ 33142, СТБ EN 1427, ГОСТ 11506, ГОСТ EN 1427.

**Материалы и оборудование:** проба битума; аппарат для определения температуры размягчения битума (прибор «Кольцо и шар»); два латунных ступенчатых кольца; стакан (баня) из термостойкого стекла диаметром не менее 85 мм и высотой не менее 120 мм; пластинки металлические; штатив; направляющие для центрирования стальных шариков; шарики стальные диаметром (9,525±0,050) мм и массой (3,50±0,05) г; термометр; сито с металлической сеткой N 07; нож для срезания электроплитка; пинцет; битума вода дистиллированная; глицерин; стакан фарфоровый или металлический для расплавления битума; палочка стеклянная или металлическая для перемешивания битума; секундомер; тальк или декстрин.

**Выполнение работы.** При работе с битумом необходимо соблюдать требования техники безопасности и требования противопожарной безопасности. В лаборатории должны быть следующие условия: температура воздуха (21±4)°С; относительная влажность воздуха не более 80%.

Аппарат для определения температуры размягчения битума («Кольцо и шар») состоит из трех скрепленных между собой пластинок и стеклянного стакана (рисунок 1.4). Расстояние между нижней и средней пластинками (25,0±0,4) мм. В средней пластинке имеются отверстия, в которые вставляют два ступенчатых кольца высотой (6,4±0,1) мм с верхним внутренним диаметром (19,8±0,1) мм и с нижним внутренним диаметром (15,9±0,1) мм. В центре верхней пластинки имеется отверстие для термометра.

Образец битума доводят до подвижного состояния, обезвоживают, процеживают и перемешивают согласно п.1.1.1. Два ступенчатых кольца подогревают в сушильном шкафу при температуре на  $(90\pm 10)^\circ\text{C}$  выше ожидаемой температуры размягчения битума, укладывают на стеклянную пластинку, покрытую смесью декстрина с глицерином (1:3) или талька с глицерином (1:3), и заливают расплавленным битумом с некоторым избытком. После охлаждения колец с битумом на воздухе в течение 30 мин при температуре  $(21\pm 4)^\circ\text{C}$  избыток битума гладко срезают нагретым ножом вровень с краями колец.



1 – стакан; 2...4 – пластинки; 5 – термометр.  
**Рисунок 1.4 – Схема аппарата для определения температуры размягчения битума**

Для выполнения определения температуры размягчения битума по кольцу и шару кольца с битумом помещают в отверстия верхней пластинки аппарата. В среднее отверстие верхней пластинки вставляют термометр так, чтобы нижняя точка ртутного резервуара была на одном уровне с нижней поверхностью битума в кольцах и удалена от них не более чем на 13 мм. Не допускается касание термометром ступенчатых и направляющих колец.

Штатив с испытуемым битумом в кольцах и направляющими накладками помещают в стеклянный стакан, заполненный дистиллированной водой, температуру которой необходимо поддерживать  $(5\pm 1)^\circ\text{C}$ , уровень воды над поверхностью колец  $(50\pm 3)$  мм.

Штатив с испытуемым битумом в кольцах и направляющими накладками помещают в стеклянный стакан (баню), заполненный дистиллированной водой, температуру которой необходимо поддерживать  $(5\pm 1)^\circ\text{C}$ , уровень воды над поверхностью колец –  $(50\pm 3)$  мм. Через 15 мин штатив вынимают из бани, на каждое кольцо кладут пинцетом стальной шарик, охлажденный в бане до  $(5\pm 1)^\circ\text{C}$ , и опускают подвеску обратно в баню, избегая появления пузырьков воздуха на поверхности битума. Затем баню ставят на электроплиту, подкладывая металлическую сетку с асбестовым покрытием.

Стакан должен стоять так, чтобы плоскость колец была строго горизонтальной. Температура воды в бане после первых 3 мин подогрева должна равномерно подниматься со скоростью  $(5,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}/\text{мин}$ . Для каждого кольца и шарика отмечают температуру, при которой размягченный битум коснется нижней пластинки. Если шарик прорывает битум, то результат признается некорректным, испытание повторяют еще раз.

Время с момента начала подготовки образца до окончания испытания не должно превышать 4 ч.

За температуру размягчения битума принимают среднее арифметическое двух значений температуры, с округлением до  $0,2^\circ\text{C}$ .

Расхождения результатов определений не должно превышать  $1^\circ\text{C}$ . Если разница между двумя параллельными определениями превысит указанные значения, то результат признается некорректным, испытание повторяют. Результаты испытания записывают в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 — Результаты определения температуры размягчения битума

Показатель	№ кольца		Среднее значение температуры размягчения битума
	1	2	
Температура размягчения, $^\circ\text{C}$			

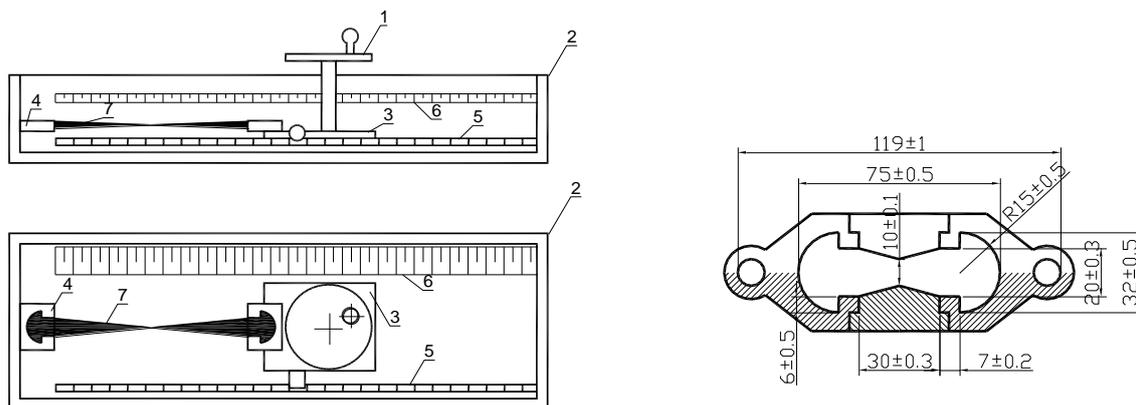
### 1.3 Определение растяжимости битума

**Растяжимостью (дуктильностью)** называют свойство битума вытягиваться в тонкие нити под действием растягивающего усилия без разрыва (без нарушения сплошности). Растяжимость зависит от группового состава битума. С понижением температуры растяжимость уменьшается. Чем больше растяжимость битума, тем выше трещиностойкость асфальтобетона и др. материалов. Растяжимость определяют по ГОСТ 33138 или ГОСТ 11505.

**Материалы и оборудование:** проба битума; дуктилометр; латунные формы «восьмерки»; тальк, глицерин; нож для среза битума с прямым лезвием, термостойкая стеклянная или полированная металлическая пластинка; вода; термометр ртутный стеклянный; часы; поваренная соль; спирт этиловый технический; бумага папиросная; водяная баня для термостатирования образцов; линейка; палочка стеклянная или металлическая для перемешивания битума.

**Выполнение работы.** Метод заключается в растяжении образца битума с постоянной скоростью, при заданной температуре для определения максимального усилия при растяжении и растяжимости битума. При работе с битумом необходимо соблюдать требования техники безопасности и требования противопожарной безопасности. В лаборатории должны быть следующие условия: температура воздуха  $(21 \pm 4)^\circ\text{C}$ ; относительная влажность воздуха не более 80%.

Растяжимость определяют в дуктилометре (рисунок 1.5), который представляет собой металлический ящик, по длине которого движется червячный винт с салазками. Имеется линейка со шкалой, по которой можно определить длину нитей.



1 – маховик, 2 – ящик; 3 – подвижные салазки;  
4 – неподвижные салазки; 5 – червячный винт;  
6 – шкала; 7 – испытываемый образец

**Рисунок 1.5 – Дуктилометр**

Сначала битум доводят до подвижного состояния, обезвоживают, процеживают через металлическое сито и перемешивают, тщательно удаляя пузырьки воздуха согласно п.1.1.1.

Затем подготавливают образцы «восьмерки». Для этого формы образцов с внутренней стороны смазывают смесью талька с глицерином состава 1:3 или декстрина с глицерином состава 1:2 и устанавливают на стеклянную, или металлическую пластинку, смазанную также вышеупомянутым составом. Допускается внутренние стенки боковых частей "восьмерки" покрывать папиросной бумагой.

Подготовленный битум наливают в три латунные формы тонкой струей от одного конца латунной формы до другого, пока не наполнится выше краев. После заливки формы с битумом охлаждают на воздухе при температуре  $(21 \pm 4)^\circ\text{C}$  в течение  $(35 \pm 5)$  мин, а затем горячим острым ножом от середины формы к краям гладко срезают избыток битума.

Для термостатирования образцов латунные формы с битумом и пластинкой помещают в водяную баню на  $(60 \pm 2)$  мин. Объем воды в бане должен быть не менее 10 л.

Слой воды над образцом должен быть не менее 25 мм. Температуру воды поддерживают доливанием горячей или холодной воды (можно добавлять лед). При определении растяжимости битума требуемая температура испытаний должна поддерживаться с точностью до  $0,5^\circ\text{C}$ .

Затем образцы, снятые с пластинок, закрепляют на штифтах салазок дуктилометра, удаляют боковые части форм, не допуская деформации образцов.

После того, как температура воды в дуктилометре установится  $(25,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$  или  $(0,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ , включают режим испытания, обеспечивающий скорость растяжения образцов битума  $(5,00 \pm 0,25)$  см/мин. Допускается при температуре испытания  $0^\circ\text{C}$  использовать режим испытания, обеспечивающий скорость растяжения образцов битума  $(1,00 \pm 0,25)$  см/мин.

Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм. При испытаниях необходимо контролировать температуру воды в ванне дуктилометра, измерить максимальное усилие при растяжении для каждого образца, измерить растяжимость каждого образца.

Испытание считается выполненным при разрыве всех трех образцов или достижении растяжимости до значения не менее 100 см.

Допускается при определении растяжимости битума при температуре 0°С устанавливать перегородку в середине ванны дуктилометра для облегчения поддержания указанной выше температуры, так как жидкости требуется в три раза меньше, чем при испытании по определению растяжимости битума при температуре 25°С.

Если битум имеет среднюю плотность, отличную от плотности воды, то плотность воды измеряют и доводят до средней плотности битума добавлением раствора поваренной соли, или глицерина, или этилового спирта.

При растяжимости образца не более 100 см за результат измерения растяжимости битума принимают длину нити битума в сантиметрах, отмеченную указателем в момент ее разрыва.

За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов измерений трех образцов битума. При значениях растяжимости не более 10 см результат округляют до 0,1 см, при большем значении результат округляют до целого числа.

При растяжимости образца более 100 см расчет растяжимости пробы не проводят, а в протоколе испытания указывают, что растяжимость более 100 см.

Окончательный результат измерения максимального усилия при растяжении вычисляют как среднее арифметическое трех параллельных измерений, выраженное в ньютонах. Результат вычислений округляют до трех значащих цифр. В случае определения только растяжимости образцов битума, разрешается использование дуктилометра без функции определения максимального усилия.

Результаты испытаний заносят в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 — Результаты определения растяжимости битума

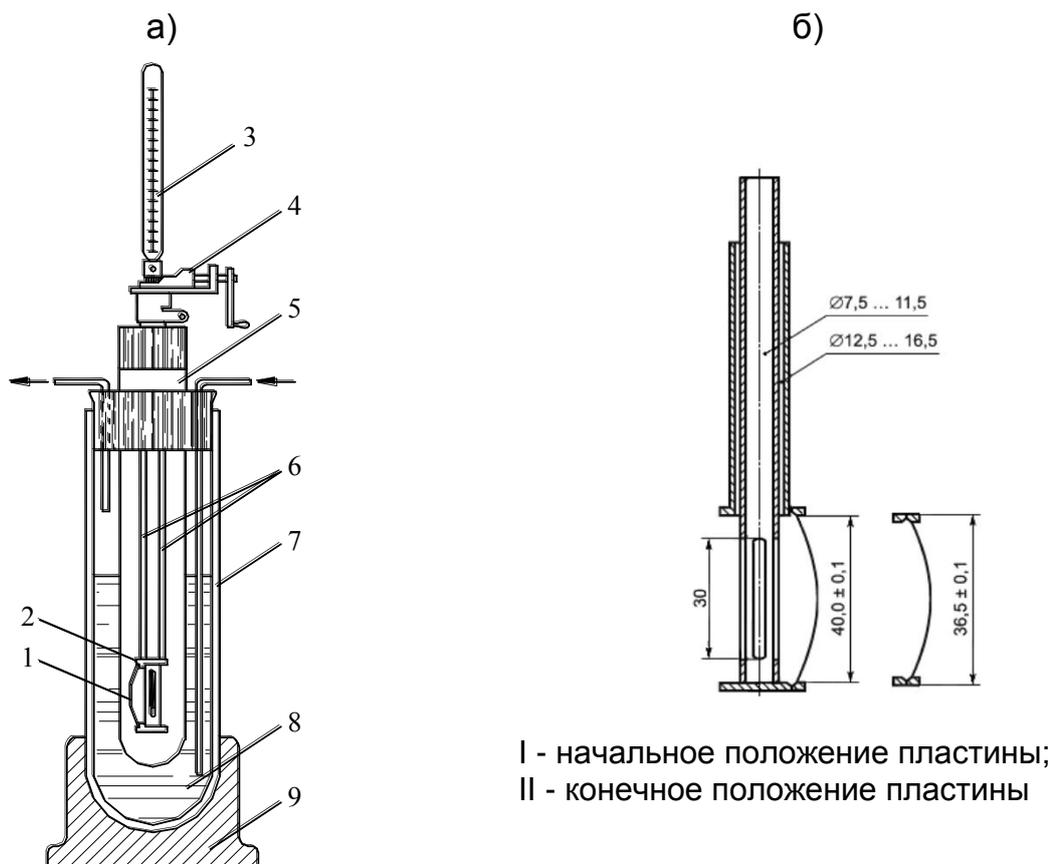
Показатель	№ образца			Среднее значение растяжимости битума
	1	2	3	
Длина нити битума в момент разрыва, см				

#### **1.4. Определение температуры хрупкости битума**

**Температура хрупкости** характеризует переход битума в такое состояние, при котором он под воздействием внешних нагрузок деформируется и разрушается как твердое хрупкое тело. За температуру хрупкости битума принимают температуру в момент появления в слое битума, нанесенном на стальную пластинку, охлаждаемую с постоянной скоростью и подвергаемую периодическому изгибу, первой трещины. По температуре хрупкости битума можно оценивать трещиностойкость при низких температурах, а по значениям температуры хрупкости и размягчения — интервал пластичности битума. Температуру хрупкости по Фраасу определяют по ГОСТ 33143, ГОСТ 11507 или ГОСТ EN 12593.

**Материалы и оборудование:** прибор Фрааса (рисунок 1.6); пластинки стальные длиной  $(41,00 \pm 0,05)$  мм, шириной  $(20,0 \pm 0,2)$  мм и толщиной

( $0,15 \pm 0,02$ ) мм; термометр ртутный (длина погружаемой части ( $255 \pm 5$ ) мм, диаметр не более ( $6 \pm 0,5$ ) мм) с диапазоном измерения от  $-38^\circ\text{C}$  до  $+30^\circ\text{C}$  при цене деления  $0,5^\circ\text{C}$  или термопара хромель-копелевая малоинерционная с длиной погружаемой части ( $255 \pm 5$ ) мм, с диапазоном измерения от минус  $50^\circ\text{C}$  до плюс  $50^\circ\text{C}$ , ценой деления  $0,1^\circ\text{C}$  и погрешностью измерения не более  $0,2^\circ\text{C}$ ; секундомер; сито с металлической сеткой N 07, нагревательное устройство; устройство для расплавления битума на пластинке; кальций хлористый технический; толуол или керосин; ацетон; смесь охлаждающая (жидкий азот или др.); весы лабораторные; держатель для помещения пластинок в пазы захватов; палочка стеклянная или металлическая для перемешивания битума.



- 1 – пластинка с битумом; 2 – захват; 3 – термометр;  
 4 – приспособление для перемещения внутренней трубки;  
 5 – пробирка; 6 – трубки; 7 – сосуд Дьюара;  
 8 – охлаждающая жидкость; 9 – подставка

**Рисунок 1.6 – Прибор Фрааса (а) и устройство для сгибания пластинки (б)**

В прибор Фрааса входят:

– устройство для сгибания пластинки, состоящее из двух концентрических трубок из материала, имеющие слабое температурное расширение (линейный коэффициент расширения -  $40 \cdot 10^{-6}$  м/К) и теплопроводность - менее  $0,3$  Вт/(м·К), и приспособления для перемещения внутренней трубки относительно внешней. На нижних концах трубок жестко укреплены захваты с пазами. Зазор между трубками не должен превышать 1 мм. При перемещении внутренней трубки расстояние между пазами захватов ( $40 \pm 0,1$ ) мм должно

равномерно уменьшаться до  $(36,5 \pm 0,1)$  мм от максимального расстояния  $(40,0 \pm 0,1)$  мм за  $(11 \pm 1)$  оборотов рукоятки в течение  $(11 \pm 1)$  с. Приспособление для перемещения внутренней трубки состоит из конуса или двух клиньев, по поверхности которых движется штифт, соединенный с внутренней трубкой. Приспособление приводится в действие вращением рукоятки или автоматически;

– пластинки длиной  $(41,00 \pm 0,05)$  мм, шириной  $(20,0 \pm 0,2)$  мм и толщиной  $(15,0 \pm 0,02)$  мм. В ненапряженном состоянии пластинки должны быть плоскими. Не допускается применять пластинки со следами коррозии и (или) искривленные;

– пробирка стеклянная диаметром  $(36 \pm 1)$  мм, высотой  $(210 \pm 5)$  мм, в которую вставляется изгибающее устройство;

– устройство для охлаждения, состоящее из сосуда Дьюара, снабженного резиновой пробкой с прорезями для пробирки с изгибающим устройством для подвода охлаждающего агента (воронки в случае подачи твердой углекислоты или трубки для подачи газообразного азота), и отводящей трубки.

На дно пробирки и сосуда Дьюара помещают немного (около 3 г) хлористого кальция или другого осушителя.

Выполнение работы. Метод испытаний заключается в охлаждении с равномерной скоростью и периодическом изгибе образца битума и определении температуры, при которой появляются трещины или образец битума ломается.

При работе с битумом необходимо соблюдать требования техники безопасности и требования противопожарной безопасности. В лаборатории должны быть следующие условия: температура воздуха  $(21 \pm 4)^\circ\text{C}$ ; относительная влажность воздуха не более 80%.

Сначала битум обезвоживают, процеживают через металлическое сито и перемешивают, тщательно удаляя пузырьки воздуха (п 1.1.1).

Три стальные пластинки тщательно очищают толуолом, керосином или ацетоном, высушивают и взвешивают с погрешностью не более 0,01 г. Наносят  $(0,40 \pm 0,01)$  г исследуемого битума на выпуклую при изгибе сторону пластинки. Затем пластинку с навеской битума кладут на нагревательную металлическую стойку и осторожно нагревают снизу. Температура нагревания не должна превышать температуру размягчения битума более чем на  $100^\circ\text{C}$ . При помощи регулирования уровня на стойке добиваются равномерного распределения битума по всей площади пластинки. Время подготовки битума – не более 10 мин.

В случае появления на поверхности битума пузырьков воздуха их необходимо осторожно удалить при помощи открытого пламени для получения гладкой, равномерно покрытой поверхности. При этом следует избегать местных перегревов. Затем пластинку выдерживают на воздухе при температуре  $(21 \pm 4)^\circ\text{C}$  не менее 30 мин. В захваты устройства для сгибания пластинки вставляют битумным слоем наружу, избегая появления трещин. Если покрытие треснуло, то в устройство для сгибания помещают другую подготовленную пластинку.

Собирают устройство для охлаждения и сосуд Дьюара заполняют изооктаном или спиртом до уровня не менее 100 мм.

Термометр устанавливают так, чтобы ртутный резервуар находился на уровне середины стальной пластинки. Температура в пробирке к началу

испытания должна быть не менее чем на 15°C выше минимально допустимой для данной марки битума. Порциями вводят охлаждающий агент и понижают температуру в пробирке. После первоначального падения температуры на 3°C скорость падения температуры следует поддерживать в пределах (1,0±0,1)°C в 1 мин.

Начиная с температуры на (10±2)°C превышающей ожидаемую температуру хрупкости битума, пластинку начинают сгибать равномерным вращением рукоятки со скоростью около 1 об/с сначала в одну сторону до максимального прогиба, а затем в обратную сторону до ее исходного положения. Продолжительность полного цикла изгиба и распрямления пластинки должна составлять (22±2) с. Операцию повторяют в начале каждой минуты и отмечают температуру в момент появления первой трещины. После появления первой трещины испытание прекращают.

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.

Первое сгибание пластины должно происходить при температуре на (10±2)°C выше ожидаемой температуры хрупкости. Если температура хрупкости первой пластины на (10±2)°C ниже температуры первого сгибания пластины, то испытание повторяют на второй пластине. Если разница температур хрупкости первой и второй пластины не более 3°C, то полученные значения температуры хрупкости первой и второй пластин признают корректными. Если температура хрупкости первой пластины менее чем на 8°C или более чем на 12°C ниже температуры первого сгибания пластины, то такой результат признается некорректным и эта температура принимается как ожидаемая температура хрупкости второй пластины. Если в данном случае температура хрупкости второй пластины оказывается на (10±2)°C ниже температуры первого сгибания, то проводят испытание третьей пластины. Если разница температур хрупкости второй и третьей пластины не более чем 3°C, то полученные значения температуры хрупкости пластин признают корректными.

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

За результат испытания температуры хрупкости битума по Фраасу принимают среднее арифметическое значение результатов измерений, округленное до целого числа.

Температуру хрупкости в некоторых случаях допускается определять по номограммам. Для этого используют значения глубины проникания иглы в битум и температуры размягчения.

### **1.5. Определение интервала пластичности и индекса пенетрации битума**

Переход битумов из жидкого состояния в хрупкое и обратно происходит в определенном температурном интервале, который называют интервалом превращений или **интервалом пластичности**. В этом интервале битум обладает упруговязкопластическими свойствами. Интервал пластичности зависит от состава структуры и вида битума. Определяется как разность между температурой размягчения и температурой хрупкости:

$$T_{пл} = T_p - T_{xp}, \quad (1.1)$$

где  $t_p$  — температура размягчения, °С;  
 $t_{xp}$  — температура хрупкости, °С.

Для характеристики изменения вязкости битумов также принято определять **индекс пенетрации**, отражающий интервал пластичности или характер изменения вязкости, в виде отвлеченного числа. Индекс пенетрации  $ИП$  вычисляют по формуле (ГОСТ 33134) и округляют до первого десятичного знака, по формуле:

$$ИП = \frac{30}{1 + 50A} - 10, \quad (1.2)$$

где  $A$  — коэффициент, который вычисляют по формуле (1.3) и округляют до четвертого десятичного знака, по формуле

$$A = \frac{2.9031 - \log П}{T_p - 25}, \quad (1.3)$$

где  $П$  — глубина проникания иглы при 25°С, 0,1 мм;  
 $T_p$  — температура размягчения битума, °С.

В расчетах используют значение  $\log П$  округленное до четвертого десятичного знака.

Битумы с индексом пенетрации меньше -2 характеризуются повышенной чувствительностью к изменению температуры. При низких температурах и кратковременных нагрузках от колес автотранспорта они разрушаются, как хрупкий материал. Битумы с индексом пенетрации более 2 характеризуются высокой теплоустойчивостью и малой хрупкостью при низких температурах. В дорожном строительстве применяются битумы индексом пенетрации -2...+2. При индексе пенетрации -2...+2 битумы менее чувствительны к изменению температуры, менее хрупки, так как при отрицательных температурах у них сохраняются вязкоупругие свойства.

Индекс пенетрации можно определить не только по формуле, но и по таблице приложения ГОСТ 22245.

### **1.6. Определение температур вспышки битума**

Температура вспышки битума характеризуется температурой, при которой смесь воздуха и газообразных веществ, образующихся при нагревании битума, вспыхивает при контакте с открытым пламенем. Для определения температуры воспламенения продолжают испытание, пока поднесение зажигательного устройства не вызовет воспламенение паров над образцом битума и горение в течение не менее 5 с. Температуру вспышки и температуру воспламенения, определенные при барометрическом давлении окружающей среды, корректируют на стандартное атмосферное давление, используя соответствующую формулу. Показатели характеризует огнестойкость битумов и важны для установления безопасного технологического режима их расплавления и смешивания с растворителями и наполнителями. Температуры вспышки и воспламенения в открытом тигле определяют по ГОСТ 33141, ГОСТ 4333, методом Кливленда, реже методом Бренкена.

Материалы и оборудование: проба битума, аппарат для определения температуры вспышки в открытом тигле, состоящий из термометра ртутного

стержневого с диапазоном измерения температур от 0°C до 360°C, с ценой деления 1°C и погрешностью измерения не более 2°C, приспособления для подачи пламени с выходным отверстием, имеющим диаметр 6 мм, открытого тигля, пластины нагревательной (термостойкой) и устройства для ее нагрева; экран трехстворчатый, окрашенный с внутренней стороны черной краской, с секциями шириной (46±1) см и высотой (60±5) см или щит высотой от 55 до 65 см из листовой кровельной стали, окрашенный с внутренней стороны черной краской; секундомер с диапазоном измерения (0...60) с с погрешностью не более 0,1 с; барометр ртутный или барометр-анероид с диапазоном измерения давления от 695 до 805 мм рт.ст. с ценой деления 1 мм рт.ст.; металлическая щетка; бензин-растворитель; осушающие агенты (обезвоженные); натрий серноокислый (безводный); натрий серноокислый технический; кальций хлористый технический; натрий хлористый; вода дистиллированная; пипетка; палочка стеклянная или металлическая для перемешивания битума; линейка металлическая.

**Выполнение работы.** Метод испытаний заключается в нагревании пробы битума в открытом тигле с установленной скоростью до тех пор, пока не произойдет вспышка паров битума над его поверхностью от зажигательного устройства. При работе с битумом необходимо соблюдать требования техники безопасности и требования противопожарной безопасности. В лаборатории должны быть следующие условия: температура воздуха (21±4)°C; относительная влажность воздуха не более 80%. Сначала битум обезвоживают, процеживают через металлическое сито и перемешивают, тщательно удаляя пузырьки воздуха (п. 1.1.1). Аппарат устанавливают на горизонтальном столе в таком месте, где нет заметного движения воздуха и вспышка хорошо видна. Для защиты от движения воздуха аппарат с трех сторон окружают экраном или щитом.

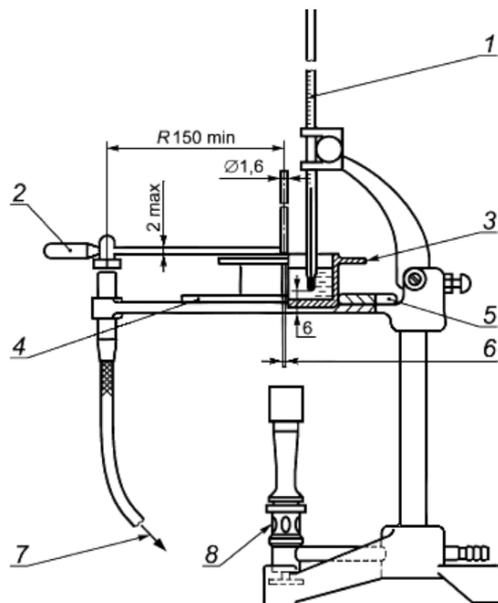
Перед каждым испытанием аппарат охлаждают, а тигель промывают растворителем. Углеродистые отложения удаляют металлической щеткой. Затем тигель промывают холодной дистиллированной водой и высушивают на открытом пламени или горячей электроплитке, охлаждают до температуры не менее чем на 56°C ниже предполагаемой температуры вспышки и помещают его в аппарат. В тигель помещают термометр в строго вертикальном положении таким образом, чтобы нижний конец термометра находился на расстоянии (6,0±0,5) мм от дна тигля и на равном расстоянии от центра и стенок тигля.

Битум заливают в тигель, удаляя пузырьки воздуха, чтобы верхний мениск точно совпадал с меткой. Не допускается смачивание стенок тигля выше уровня жидкости. Если битум попадает на внешние стенки тигля, то тигель надо освободить от битума и обработать. Затем тигель с пробой нагревают пламенем газовой горелки или при помощи электрообогрева сначала со скоростью от 14°C до 17°C в 1 мин. Когда температура пробы будет приблизительно на 56°C ниже предполагаемой температуры вспышки, скорость подогрева регулируют таким образом, чтобы при достижении 28°C перед ожидаемой температурой вспышки скорость нагрева снижают до (5,5±0,5)°C в 1 мин. Зажигают пламя зажигательного устройства и регулируют его таким образом, чтобы диаметр поперечника пламени был (4,0±0,8) мм.

Когда температура битума будет не менее чем на 28°C ниже ожидаемой температуры вспышки, каждый раз при повышении температуры пробы

на  $(2,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ , пламени зажигательного устройства перемещают в горизонтальном направлении, не останавливаясь над краем тигля, и проводят им над центром тигля в одном направлении в течение 1 с. Середина пламени должна быть на расстоянии от верхнего края тигля не более чем 2 мм. При последующем повышении температуры перемещают пламя зажигания в обратном направлении.

За температуру вспышки принимают температуру, показываемую термометром при первой вспышке. При появлении неясной вспышки она должна быть подтверждена последующей вспышкой через  $(2,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ . Появление ореола пламени в виде голубого круга, который иногда образуется вокруг пламени зажигания, не является вспышкой.



- 1 – термометр; 2 – приспособление для подачи пламени; 3 – открытый тигель;  
 4 – металлический держатель приспособления для подачи пламени;  
 5 – нагревательная пластина; 6 – сопло приспособления для подачи пламени;  
 7 – подача газа; 8 – устройство для нагрева нагревательной пластины

**Рисунок 1.7 – Прибор для определения температуры вспышки в открытом тигле**

Если барометрическое давление во время испытания ниже чем 101,3 кПа (760 мм рт.ст.), то температуру вспышки  $T_s$ ,  $^\circ\text{C}$ , вычисляют по формуле

$$T_s = T_0 + 0,25(101,3 - p), \quad (1.4)$$

где  $T_0$  — температура вспышки при фактическом барометрическом давлении окружающей среды,  $^\circ\text{C}$ ;

$p$  — фактическое барометрическое давление во время испытания битума, кПа.

#### Примечания

- Формулу (1.4) применяют для барометрических давлений не ниже 82,0 кПа, она является строго верной только до 104,7 кПа.
- Для практических целей 4 кПа эквивалентны изменению температуры вспышки или температуры воспламенения на  $1^\circ\text{C}$ .

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов двух определений, округленное до целого числа и выраженное в градусах Цельсия.

## Лабораторная работа №2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОНА

**Цель работы:** подобрать состав, ознакомиться с оборудованием и методикой определения основных свойств асфальтобетона.

**Асфальтобетонная смесь** — рационально подобранная смесь минеральных материалов с органическим вяжущим, взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии.

**Асфальтобетон** — уплотненная асфальтобетонная смесь в слое дорожной конструкции.

Классификация (СТБ 1033):

1. В зависимости от наибольшего размера зерен применяемых минеральных материалов смеси и асфальтобетона подразделяются на:

- крупнозернистые – с зернами размером, мм до 40;
- мелкозернистые – то же " 20;
- песчаные – " " 5.

2. В зависимости от вида крупного заполнителя крупнозернистые и мелкозернистые смеси и асфальтобетона подразделяют на щебеночные и гравийные (в том числе смеси гравия и щебня).

3. В зависимости от температуры укладки смеси и асфальтобетона подразделяют на следующие виды:

- горячие – с температурой укладки не ниже 120°C;
- теплые – то же " 80°C.

4. В зависимости от значения остаточной пористости смеси и асфальтобетона подразделяют на:

- плотные – с остаточной пористостью, % от 1,0 до 5,0 включительно;
- пористые – то же св. 5,0 " 12,0 "
- высокопористые – " " 12,0 " 18,0 "

5. Смеси и асфальтобетона, в зависимости от содержания в них крупного и мелкого заполнителей, подразделяют на типы и марки в соответствии с таблицей 2.1.

Таблица 2.1 — Классификация смесей и асфальтобетонов в зависимости от содержания крупного и мелкого заполнителей

Тип и вид смесей (асфальтобетонов)	Количество крупного заполнителя, % по массе	Вид мелкого заполнителя	Марка смесей (асфальтобетонов)
Плотные асфальтобетоны			
Сг	Св. 65 до 80 включ.	Дробленый или отсеv; природный	I
Аг, Ат	Св. 50 до 65 включ.		I, II
Бг, Бт	Св. 35 до 50 включ.		I, II, III
Вг, Вт	Св. 20 до 35 включ.		II, III
Гг, Гт	—	Природный — до 30% включ.; дробленый или отсеv	I, II, III
Дг, Дт	—	Природный — св. 30%; дробленый или отсеv	II, III
Пористые и высокопористые, горячие и теплые			
Крупно- и мелкозернистые	Св. 35 до 70 включ	Дробленый или отсеv; природный	I, II
Песчаные, высокопористые	—		

В настоящее время асфальтобетон широко применяется при строительстве дорожных и аэродромных покрытий. Это объясняется комплексом положительных свойств асфальтобетонных покрытий: достаточная механическая прочность в сочетании с пластичностью и деформативностью; хорошие технологические свойства; высокая степень механизации работ; доступность, простота и быстрота усиления и ремонта покрытия; возможность получения высокой ровности покрытия и обеспечение надлежащего сцепления с автомобильными шинами и др.

Проектирование состава асфальтобетонной смеси заключается в выборе соотношения между компонентами, при котором обеспечивается оптимальная структура и заданные эксплуатационные свойства асфальтобетона. Проектирование осуществляют в следующей последовательности:

- испытание исходных материалов и установление их пригодности для применения в асфальтобетоне требуемого качества;
- расчет состава минеральной части асфальтобетонной смеси на основании данных о зерновых составах исходных материалов;
- определение оптимального количества битума в асфальтобетонной смеси.

### **2.1. Оценка работы асфальтобетона и выбор исходных материалов**

Основными факторами, действующими на асфальтобетон в транспортных сооружениях, являются климатические и механические воздействия. Например, эксплуатация асфальтобетона при низких зимних температурах требует повышения его трещиностойкости, что может достигаться применением битумов пониженной вязкости; в районах со значительным количеством осадков требуется повышенная водостойкость асфальтобетонов (достигается за счет снижения пористости, повышения прочности сцепления между вяжущим и минеральными материалами, введением поверхностно-активных веществ); кроме того, в этом случае требуется и повышение шероховатости покрытия (за счет применения асфальтобетонов с повышенным содержанием щебня); при строительстве городских дорог (где количество участков разгона и торможения велико) требуются асфальтобетоны с повышенным сопротивлением сдвигу; и т.д. Поэтому выбор вида и типа асфальтобетона осуществляется, исходя из анализа условий эксплуатации сооружений.

Выбор материалов для асфальтобетона осуществляется, исходя из вида и типа смеси и в соответствии с требованиями действующих технических нормативных правовых актов.

Органическое вяжущее. Битум является материалом, объединяющим остальные компоненты асфальтобетона в единый монолит, поэтому его свойства во многом определяют качество асфальтобетона. Для приготовления смесей следует применять битумы по СТБ 1062, ГОСТ 33133, ГОСТ 22245, по СТБ EN 12591, [1], модифицированные битумы по СТБ 1220, СТБ 2302. Марку битума выбирают с учетом вида смеси и категории дороги.

Для приготовления смесей следует применять крупный заполнитель из изверженных горных пород по СТБ EN 13043 и СТБ EN 12620, щебень кубовидный из плотных горных пород по СТБ 1311, щебень и гравий из плотных горных пород по ГОСТ 32703, ГОСТ 8267, щебень из неактивных шлаков по СТБ 1957, ГОСТ 32826. Показатели свойств крупного заполнителя

в зависимости от марки, типа и вида смесей должны соответствовать требованиям действующих норм.

Для приготовления смесей следует применять мелкий заполнитель по СТБ EN 13043, СТБ EN 12620, пески по ГОСТ 32824, ГОСТ 8736, пески из неактивных шлаков по СТБ 1957, ГОСТ 32826, песок дробленый по ГОСТ 32730, отсеvy дробления горных пород по [2].

Модуль крупности мелкого заполнителя, определяемый в соответствии ГОСТ 8735 должен быть не менее 1,5. Мелкий заполнитель с модулем крупности менее 1,5 может быть использован только совместно с другим мелким заполнителем, при этом модуль крупности смеси мелких заполнителей должен быть не менее 1,5. Показатели свойств мелкого заполнителя в зависимости от марки, типа и вида смесей должны соответствовать требованиям действующих норм. Значения показателей определяют по ГОСТ 8735.

Наполнитель. Для приготовления смесей следует применять активированные и неактивированные минеральные порошки по ГОСТ 16557, ГОСТ 32761.

Специальные добавки. Адгезионные добавки должны соответствовать требованиям СТБ 1463. Модифицирующие добавки должны соответствовать требованиям СТБ 2302, СТБ 2440. Битумы с полимерными добавками должны соответствовать требованиям СТБ 1220, СТБ 2302. Стабилизирующие добавки должны соответствовать требованиям СТБ 1769. Для приготовления смесей допускается применять асфальтогрануляты типов Аг 10 и Аг 20 по СТБ 1705.

Для приготовления смесей допускается применение органических вяжущих, заполнителей, наполнителей, адгезионных, модифицирующих, стабилизирующих и др. добавок, производимых по другим нормативным документам при условии соответствия смеси требованиям СТБ 1033 и повышения ее устойчивости к пластическим деформациям, усталостной трещиностойкости и коррозионной стойкости согласно [3].

## **2.2. Расчет состава асфальтобетона**

### **2.2.1. Расчет состава минеральной части асфальтобетонной смеси**

В настоящее время наиболее широкое распространение получил метод расчета по предельным кривым плотных смесей. При проведении расчета состава считают, что вся минеральная часть составляет 100%, а битум берут сверх 100%. Для упрощения расчета состава предполагают, что частицы крупнее 5 мм присутствуют только в щебне (гравии), а частицы менее 0,071 мм – только в минеральном порошке. Рассчитанный состав минеральной части асфальтобетонной смеси должен соответствовать нормативной кривой просеивания.

### **2.2.2. Пример расчета состава асфальтобетона**

Требуется подобрать состав плотного асфальтобетона из горячей мелкозернистой смеси типа Б марки I для устройства верхнего слоя покрытия автомобильной дороги.

Исходные материалы: вязкий дорожный битум марки БНД 60/90; щебень гранитный марки по дробимости 1200 с наибольшей крупностью зерен 20 мм; песок карьерный кварцевый; минеральный порошок известняковый неактивированный. Зерновые составы минеральных материалов приведены в таблицах 2.2. – 2.4.

Таблица 2.2 – Зерновой состав щебня

Показатели	Размеры отверстий сит, мм					
	40	20	15	10	5	Менее 5
Частные остатки, %	0	8,3	21,5	35,2	32,4	2,6
Полные остатки, %	0	8,3	29,8	65,0	97,4	100

Таблица 2.3 – Зерновой состав песка

Показатели	Размеры отверстий сит, мм							
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071	Менее 0,071
Частные остатки, %	9,8	11,0	14,0	23,9	22,6	13,6	3,4	1,7
Полные остатки, %	9,8	20,8	34,8	58,7	81,3	94,9	98,3	100

Таблица 2.4 – Зерновой состав минерального порошка

Показатели	Размеры отверстий сит, мм					
	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071	Менее 0,071
Частные остатки, %	0,9	2,8	8,2	8,5	7,6	72,0
Полные остатки, %	0,9	3,7	11,9	20,4	28,0	100

Подбор состава смеси выполняют в соответствии с [4] и требованиями СТБ 1033 в отношении зернового состава минеральной части (таблица 2.5).

Проектирование зернового состава минеральной части удобно вести в табличной части (таблицы 2.6). Зерновые составы исходных минеральных компонентов записываем в графы 3, 4, 5, рекомендуемый состав записываем в графу 2 таблицы 2.6.

1. Расчет состава асфальтобетона начинаем с определения необходимого количества щебня в смеси. При этом исходим из того, что в 100% щебня содержится 97,4% частиц крупнее 5 мм, а в минеральной части асфальтобетона типа Б таких частиц должно содержаться от 35 до 50% (таблица 2.5). Приняв за необходимое количество 45% частиц крупнее 5 мм, составляем пропорцию:

$$\begin{array}{l} 100\% - 97,4 \\ x \quad - 45,0 \end{array} \quad x = \frac{45}{97,4} 100 = 46,2\%$$

Затем определяем содержание каждой фракции щебня в смеси минеральных материалов, исходя из того, что содержание щебня в этой смеси равно 46,2%:

На сите с отверстиями 20 мм	$8,3 \cdot \frac{46,2}{100} = 3,8\%$
На сите с отверстиями 15 мм	$21,5 \cdot 0,462 = 9,9\%$
На сите с отверстиями 10 мм	$35,2 \cdot 0,462 = 16,3\%$
На сите с отверстиями 5 мм	$32,4 \cdot 0,462 = 15,0\%$
На сите с отверстиями 2,5 мм	$2,6 \cdot 0,462 = 1,2\%$
	Итого 46,2%

Расчеты частных остатков на ситах ведутся с точностью до первого знака после запятой.

2. Количество минерального порошка в смеси рассчитывают из условия, что определяющей функцию минерального порошка является фракция менее 0,071 мм. Пропорцию составляем, исходя из того, что в 100% минерального порошка таких частиц содержится 72% (таблица 2.4). Для минеральной части асфальтобетона типа Б таких частиц должно быть от 6 до 12% (таблица 2.5). Приняв за необходимое количество 8% частиц менее 0,071 мм, находим количество минерального порошка в смеси минеральных составляющих асфальтобетона:

$$\begin{array}{l} 100\% - 72,0 \\ x - 8,0 \end{array} \quad x = \frac{8,0}{72,0} \cdot 100 = 11,1\%$$

Затем определим количество минерального порошка в смеси минеральных материалов:

На сите с отверстиями 1,25 мм	$0,9 \cdot \frac{11,1}{100} = 0,1\%$
На сите с отверстиями 0,63 мм	$2,8 \cdot 0,111 = 0,1\%$
На сите с отверстиями 0,315 мм	$8,2 \cdot 0,111 = 0,9\%$
На сите с отверстиями 0,14 мм	$8,5 \cdot 0,111 = 0,9\%$
На сите с отверстиями 0,071 мм	$7,6 \cdot 0,111 = 0,8\%$
Менее 0,071 мм	$72,0 \cdot 0,111 = 8,1\%$
	Итого 11,1%

3. Количество песка в смеси составляющих асфальтобетона определяем как разницу, дополняющую сумму щебня и минерального порошка до 100 %

$$100\% - x - y = 100 - 46,2 - 11,1 = 42,7\%$$

Находим содержание каждой фракции песка в смеси минеральных материалов:

На сите с отверстиями 5 мм	$9,8 \cdot 0,427 = 4,2\%$
На сите с отверстиями 2,5 мм	$11,0 \cdot 0,427 = 4,7\%$
На сите с отверстиями 1,25 мм	$14,0 \cdot 0,427 = 6,0\%$
На сите с отверстиями 0,63 мм	$23,9 \cdot 0,427 = 10,2\%$
На сите с отверстиями 0,315 мм	$22,6 \cdot 0,427 = 9,6\%$
На сите с отверстиями 0,14 мм	$13,6 \cdot 0,427 = 5,8\%$
На сите с отверстиями 0,071 мм	$3,4 \cdot 0,427 = 1,5\%$
Менее 0,071 мм	$1,7 \cdot 0,427 = 0,7\%$
	Итого 42,7%

Полученные значения записываем в таблицу 2.6: частные остатки – в графы 6, 7, 8; суммарное количество каждой фракции (графа 9); полные остатки на ситах (графа 10); просевы (графа 11), как разность 100% и полных остатков. Полученные просевы, сравниваем с требуемыми (графа 2 таблицы 2.6) и определяем наличие отклонений.

Таблица 2.5 — Зерновой состав минеральной части смесей плотных мелкозернистых и песчаных

Наименование и тип смеси	Массовая доля, %, зерен минерального материала мельче, мм										Рекомендуемое содержание вяжущего, % от массы минеральной части
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071	
Б 20	95-100	85-100	70-100	50-65	38-65	28-65	20-65	14-40	9-23	6-12	5,5—6,5

Таблица 2.6 — Зерновой состав минеральной части подбираемой асфальтобетонной смеси

Номера сит	Массовая доля, %, зерен минерального материала мельче, мм	Зерновой состав исходных материалов, частные остатки, %			Зерновой состав проектируемой смеси, частные остатки, %			Сумма частных остатков, %	Полные остатки, %	Просевы, %
		Щ, 100%	МП, 100%	П, 100%	Щ 46,2%	МП, 11,1%	П, 42,7%			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	95-100	8,3	-	-	3,8	-	-	3,8	3,8	96,2
15	85-100	21,5	-	-	9,9	-	-	9,9	13,7	86,3
10	70-100	35,2	-	-	16,3	-	-	16,3	30,0	70,0
5	50-65	32,4		9,8	15,0	-	4,2	19,2	49,2	50,8
2,5	38-65	2,6	-	11,0	1,2	-	4,7	5,9	55,1	44,9
1,25	28-65	-	0,9	14,0	-	0,1	6,0	6,1	61,2	38,8
0,63	20-65	-	2,8	23,9	-	0,3	10,2	10,5	71,7	28,3
0,315	14-40	-	8,2	22,6	-	0,9	9,6	10,5	82,2	17,8
0,14	9-23	-	8,5	13,6	-	0,9	5,8	6,7	88,9	11,1
0,071	6-12	-	7,6	3,4	-	0,8	1,5	2,3	91,2	8,8
		-	72,0	1,7	-	8,1	0,7	8,8	100	-

4. Чтобы установить, допустимы ли имеющиеся в зерновом составе смеси отклонения по отдельным фракциям, наносим подобранный состав минеральных материалов на предельные кривые зернового состава смесей. Для этого на оси абсцисс откладываем размеры сит в логарифмическом масштабе по формуле:

$$X = 3,32 \cdot \lg \frac{D}{d}$$

где  $D$  – наибольший размер сита;  
 $d$  – наименьший размер сита.

Полученные величины откладывают на оси абсцисс. По оси ординат откладывают количество частиц в процентах мельче данного размера. Затем на график наносим предельные кривые согласно СТБ 1033 (таблица 2.5). Так, через сито с отверстиями диаметром 20 мм должно пройти 95-100% материала, что и откладываем на оси ординат для данного сита, получим верхнюю точку (100%) и нижнюю (95%). И так для каждого сита. Соединив верхние и нижние точки между собой, получаем кривые оптимального гранулометрического состава минеральных составляющих смеси. Затем по итоговым данным зернового состава (таблица 2.6) строим кривую зернового состава, полученную при подборе смеси. Если минеральные составляющие имеют удовлетворительный зерновой состав, а расчет выполнен правильно, то построенная кривая рассчитанного зернового состава должна быть плавной и проходить между предельными кривыми проектируемой смеси. При невыполнении этих условий производим корректировку зернового состава минеральной части

асфальтобетонной смеси путем увеличения в ней доли материала с недостающей фракцией и уменьшения с избыточной. Откорректированный зерновой состав наносят на график. Если кривая проходит между предельными кривыми плавно и с допустимым коэффициентом сбега ( $0.7 \div 0.9$ ), то подбор минеральной составляющей бетона считаем завершенным.

### 2.3. Определение оптимального содержания битума в смеси

Количество битума в асфальтобетонной смеси должно обеспечивать необходимые физико-механические и технологические характеристики. Ориентировочное количество битума определяют по таблице 2.5, в соответствии с требованиями СТБ 1033. Оптимальное содержание битума в проектируемой смеси определяют путем испытания контрольных образцов, отформованных минимум из трех замесов, отличающихся расходом битума. Из каждой смеси готовят не менее трех образцов, испытывают их, определяют физико-механические свойства подобранных составов согласно таблицам 2.7–2.9 (СТБ 1115). Сравнивая полученные результаты испытаний образцов смеси и асфальтобетона с нормативными требованиями, выбирают состав асфальтобетона с оптимальным расходом битума. Этот расход битума в процентах добавляют к 100% минеральной составляющей.

Таблица 2.7 — Показатели физико-механических свойств плотных асфальтобетонов из смесей марки I типа Б

Наименование показателя	Нормы для смеси марки I
Пористость минеральной части (остова), % по объему, не более, для смеси типа Б	20,0
Остаточная пористость, % по объему, для смеси типа Б	2,5-5,0
Водонасыщение, % по объему, для смеси типа Б	1,0-4,0
Набухание, % по объему, не более	0,5
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре 50°С, не менее, для смеси типа Б	1,1/0,9
Предел прочности при растяжении, МПа, при температуре 0°С, для смеси типа Б	1,5-3,5
Индекс трещиностойкости, не менее, для смеси типа Б	0,5
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении в агрессивной среде, не менее, для смеси типа Б после 14 сут после 28 сут	— 0,75/0,70
Коэффициент морозостойкости после 50 циклов замораживания-оттаивания, не менее, для смеси типа Б	0,80
Однородность по коэффициенту вариации значения предела прочности при сжатии при температуре 50°С, не более	0,15
<i>Примечание — В числителе приведены значения для горячих смесей, в знаменателе — для теплых</i>	

Таблица 2.8 — Предел прочности при сдвиге при температуре 50°С и индекс сопротивления пластическим деформациям асфальтобетонной смеси типа Б, марки I

Показатель сдвигоустойчивости	Предел прочности при сдвиге при температуре 50°С, МПа, не менее	Индекс сопротивления пластическим деформациям, не менее
2,7	2,7	2,7
2,5	2,5	2,5

Таблица 2.9 — Показатели физико-механических свойств асфальтобетона типа Б марки I

Наименование показателя	Нормы для смеси марки I
Остаточная пористость, % по объему, для типа Б	0,4-5,0
Водонасыщение, % по объему, для типа Б	0,2-0,4
Набухание, % по объему, не более, для типа Б	0,5
<i>Примечание — При контроле качества асфальтобетона типа Б в нижних слоях покрытий и в основаниях допускается увеличение показателей: водонасыщения — до 6% по объему, остаточной пористости — до 8% по объему</i>	

#### 2.4. Испытание асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов

Физико-механические свойства смесей и асфальтобетонов определяют на цилиндрических образцах, полученных уплотнением смеси в стальных формах; на пробах, отобранных из покрытия (основания) вырубках прямоугольной формы или цилиндрических кернах; на цилиндрических образцах, переформованных из вырубков (кернов).

##### 2.4.1. Приготовление асфальтобетонной смеси

При проектировании состава асфальтобетона смесь готовят в лабораторной мешалке, оборудованной обогревающим устройством, в следующем порядке:

- компоненты смеси, отмеряют в количестве, заданном по составу;
- нагревают (кроме минерального порошка), периодически перемешивая, до заданной температуры (таблица 2.10);
- минеральные материалы предварительно перемешивают с вяжущим вручную;
- смесь перемешивают в лабораторной мешалке до полного и равномерного объединения всех ее компонентов.
- после перемешивания перед изготовлением образцов смесь термостатируют не менее 30 мин при температуре изготовления образцов.

Таблица 2.10 — Температурный режим приготовления смесей

Вид асфальтобетонных смесей	Вид вяжущего и глубина проникания иглы при 25°C, 0,1 мм	Температура, °C		
		минерального материала при приготовлении смеси	вяжущего при приготовлении смеси	смеси при изготовлении образцов
Горячие	Вязкий битум 50-130	160—175	130—150	140—160*
	Модифицированный битум 50-130	160—185	150—160	170—180
Теплые	Вязкий битум 90-200	140—160	100—120	120—140
	Жидкий битум 130-200**	120—140	90—110	100—120

\* Температура щебеночно-мастичной смеси при изготовлении образцов – от 160°C до 170°C, температура смеси, приготовленной с использованием температуропонижающих добавок, при изготовлении образцов — от 110°C до 130°C.  
 \*\* Условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм при 60°C, с

При подборе состава смеси в лаборатории для определения оптимального содержания битума для конкретной смеси подготавливается серия образцов с различным его содержанием.

При контроле качества смеси, приготавливаемой в производственных смесительных установках, пробы отбирают не ранее, чем через 30 мин после начала приготовления смеси. Для испытаний необходимо использовать объединенную пробу, состоящую из 3–4 точечных проб. Минимальная масса объединенной пробы в зависимости от максимального размера зерен минерального материала указана в таблице 2.11.

Таблица 2.11 — Масса объединенной пробы смеси в зависимости от максимального размера зерен минерального материала

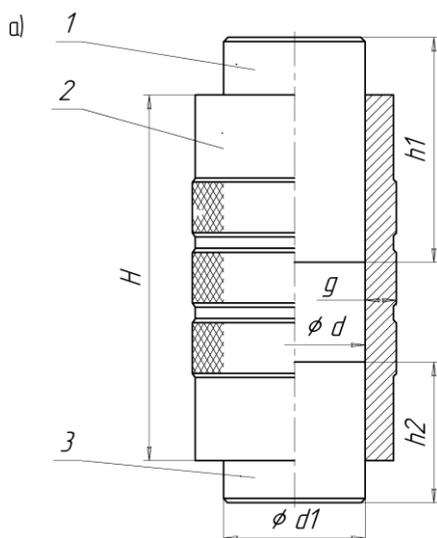
Максимальный размер зерен, мм	Минимальная масса пробы, кг
До 20 включ.	5
Св. 20 до 40 включ.	8

#### 2.4.2. Изготовление образцов

Формы для изготовления образцов представляют собой стальные полые цилиндры, размеры которых зависят от типа смеси и максимального размера зерен минеральной части и метода испытаний (таблица 2.12). Смесь должна уплотняться при двустороннем приложении нагрузки, для этого используют два вкладыша, свободно передвигающихся в форме навстречу друг другу (рисунок 2.1).

Таблица 2.12 — Размеры форм для изготовления образцов асфальтобетона

Наибольшая крупность минеральных зерен, мм	Размеры формы, мм						Площадь поперечного сечения образца, мм <sup>2</sup>
	Внутренний диаметр формы $d$	Высота формы $H$	Высота верхнего вкладыша $h_1$	Высота нижнего вкладыша $h_2$	Диаметр вкладыша $d_1$	Толщина стенки формы $g$	
5, 10, 15, 20	71,4±0,1	160±2	100±2	60±2	71,2±0,2	10,0±0,5	4000
40	101,0±0,2	180±2	110±2	70±2	100,6±0,4	10,0±0,5	8000



1 — верхний вкладыш; 2 — форма;  
3 — нижний вкладыш

**Рисунок 2.1 – Форма для изготовления образцов**

**Материалы и оборудование:** лабораторная виброплощадка; пресс; груз; сушильный шкаф; весы лабораторные; штангенциркуль; секундомер с ценой деления 0,2; термометр жидкостный стеклянный; электроплита; формы (рисунок 2.2); нож или линейка формовочная; выжимное приспособление.

**Выполнение работы.** Перед изготовлением образцов формы осматривают на наличие трещин, вмятин, рисок и т. п., затем внутренние поверхности и вкладыши протирают тканью, смоченной машинным маслом. Перед изготовлением образцов из горячих и теплых смесей формы, вкладыши и груз нагревают до температуры 90–100°С. В каждую форму вставляют нижний вкладыш так, чтобы он выступал из нее на 2,0–2,5 см. Предварительно взвешенную смесь укладывают в форму в три приема с послойным штыкованием нагретым ножом. Затем вставляют и прижимают верхний вкладыш и форму со смесью устанавливают на нижнюю плиту прессы для уплотнения. Верхнюю плиту прессы доводят до соприкосновения с верхним вкладышем и включают электродвигатель прессы. Не допускается одновременно уплотнять смесь более чем в одной форме. В течение 0,5–1,0 мин давление на уплотняемую смесь доводят до 40 МПа и выдерживают при этом давлении (3,0±0,1) мин, затем нагрузку снимают. Образец извлекают при помощи выжимного приспособления. Если при извлечении из формы образец деформируется, его бракуют, а последующие образцы изготавливают либо после охлаждения смеси на 5–10°С, соблюдая требования таблицы 2.13, либо образец в форме оставляют остывать на воздухе до тех пор, пока он не перестанет деформироваться при попытке извлечь его из формы.

Таблица 2.13 – Размеры образца и рекомендуемое количество смеси для изготовления образца

Вид смеси	Размеры образца, мм		Рекомендуемое количество смеси для изготовления одного образца, г
	Диаметр	Высота	
Горячая, теплая	71,4±0,1	71,4±1,5	625-730
	101,0±0,2	101,0±2,0	1800-2000

Готовые образцы внимательно осматривают и измеряют. При наличии дефектов кромок и непараллельности оснований (разность высот по образующей более 3 мм) образцы бракуют.

Контроль качества асфальтобетона производят на пробах, отобранных из покрытия (основания) вырубках прямоугольной формы или цилиндрических кернах. Пробы должны по составу максимально соответствовать среднему составу покрытия. Для отбора проб выбирают участок на расстоянии не менее 1 м от края покрытия (основания) или оси дороги и не менее 0,2 м от шва. Запрещается производить отбор проб в местах, где смесь невозможно уплотнить механизированным способом. Отбор проб выполняют на всю толщину покрытия с последующим разделением слоев в лаборатории. Вырубку проб производят нарезчиком швов, цилиндрические керны высверливают буровой установкой. Диаметр керна зависит от наибольшей крупности (НК) зерен минеральной части смеси:

- при НК, мм до 20 включ. – не менее 70;
- то же св. 20 " 40 " – не менее 100.

Пробы следует отбирать для асфальтобетонных покрытий (оснований) из горячих и теплых смесей не ранее чем через 1 сут после их устройства.

Керны (вырубки) тщательно очищают, измеряют толщину слоев и составляют описание внешних признаков (степень однородности распределения составляющих материалов и степень сцепления слоев между собой). Затем керны (вырубки) разделяют по слоям, и асфальтобетон каждого слоя испытывают отдельно. От каждого слоя вырубку отделяют по три образца приблизительно в форме куба или параллелепипеда с размерами сторон от 5 до 10 мм, массой не менее 200 г каждый. Каждый слой испытывают отдельно. Керны, при необходимости, допускается распиливать или разрубать на части. Образцы из кернов (вырубок) должны быть ненарушенной структуры, без трещин, сколов и вмятин.

Перед испытанием образцы из кернов (вырубок) высушивают до постоянной массы при температуре не выше 50°C до тех пор, пока разница между результатами двух взвешиваний с интервалом не менее 45 мин будет составлять не более 0,1 % от массы.

#### *2.4.3. Определение средней плотности асфальтобетона*

Сущность метода заключается в определении при помощи гидростатического взвешивания плотности образцов, изготовленных в лаборатории или отобранных из конструктивных слоев дорожных одежд, с учетом имеющихся в них пор.

Материалы и оборудование: весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более  $\pm 0,05$  г, с приспособлением для гидростатического взвешивания; термометр жидкостный стеклянный, с диапазоном измерений от 0°C до 100°C, с погрешностью измерения не более  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Выполнение работы. Образцы взвешивают на воздухе, затем погружают на 30 мин в сосуд с водой, имеющей температуру  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Высота слоя воды над поверхностью образцов должен быть не менее 20 мм. Образцы взвешивают в воде, имеющей температуру  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , исключив образование пузырьков воздуха на образцах. Затем образцы извлекают из воды, обтирают мягкой тканью и вторично взвешивают на воздухе.

Среднюю плотность образца  $\rho_m^a, \text{г/см}^3$ , вычисляют с округлением до второго десятичного знака по формуле

$$\rho_m^a = \frac{g_0 \rho^e}{g_1 - g_2}, \quad (2.1)$$

где  $g_0$  – масса образца, взвешенного на воздухе, г;

$g_1$  – масса образца, выдержанного в воде в течение 30 мин, а затем взвешенного на воздухе, г;

$g_2$  – масса того же образца, взвешенного в воде, г;

$\rho^e$  – истинная плотность воды, равная  $1 \text{ г/см}^3$ .

За результат определения средней плотности принимают среднее арифметическое значение результатов определения средней плотности трех образцов. Если расхождение между наибольшим и наименьшим результатами параллельных определений превышает  $0,03 \text{ г/см}^3$ , то проводят повторные испытания и вычисляют среднее арифметическое из шести значений.

#### *2.4.4. Определение средней плотности минеральной части асфальтобетона*

Сущность метода заключается в определении плотности минеральной части асфальтобетона, с учетом имеющихся в нем пор.

Среднюю плотность минеральной части асфальтобетона определяют расчетом на основании предварительно установленной средней плотности образцов асфальтобетона и соотношению минеральных материалов, вяжущего и воды (при наличии ее в асфальтобетоне).

Среднюю плотность минеральной части  $\rho_m^o$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют с округлением до второго десятичного знака, по формуле

$$\rho_m^o = \frac{\rho_m^a q_m}{q_m + q_s}, \quad (2.2)$$

где  $\rho_m^a$  — средняя плотность образца асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>;

$q_m$  — массовая доля минеральных материалов в асфальтобетоне % (100 %);

$q_s$  — массовая доля вяжущего в асфальтобетоне, % (сверх 100% минеральной части).

#### 2.4.5. Определение истинной плотности минеральной части смеси и асфальтобетона

Сущность метода заключается в определении расчетным методом плотности минеральной части смеси или асфальтобетона, без учета имеющихся в нем пор.

Истинную плотность минеральной части смеси или асфальтобетона  $\rho^o$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют с округлением до второго десятичного знака, по формуле

$$\rho^o = \frac{100}{\frac{q_1}{\rho^1} + \frac{q_2}{\rho^2} + \frac{q_3}{\rho^3} + \dots + \frac{q_n}{\rho^n}}, \quad (2.3)$$

где  $q_1, q_2, q_3 \dots q_n$  — массовая доля отдельных минеральных составляющих в минеральной части смеси или асфальтобетона, %;

$\rho^1, \rho^2, \rho^3 \dots \rho^n$  — истинная плотность отдельных минеральных составляющих, г/см<sup>3</sup>.

#### 2.4.6. Определение истинной плотности смеси и асфальтобетона

Сущность метода заключается в определении плотности смеси или асфальтобетона без учета имеющихся в них пор.

Истинную плотность асфальтобетона из покрытия и смесей, отобранных из смесителя, определяют только пикнометрическим методом.

### 1. Определение истинной плотности смеси расчетным методом

Истинную плотность смеси  $\rho^a$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют с округлением до второго десятичного знака по формуле

$$\rho^a = \frac{q_m + q_s}{\frac{q_m}{\rho^o} + \frac{q_s}{\rho^s}}, \quad (2.4)$$

где  $q_m$  — массовая доля минеральных материалов в смеси, % (100 %);

$q_s$  — массовая доля вяжущего в смеси, % (сверх 100% минеральной части);

$\rho^o$  — истинная плотность минеральной части смеси, г/см<sup>3</sup>, рассчитанная по формуле (2.3);

$\rho^s$  — истинная плотность вяжущего, принимают равной 1 г/см<sup>3</sup>.

## 2. Определение истинной плотности смеси и асфальтобетона пикнометрическим методом

Материалы и оборудование: установка вакуумная, весы лабораторные; термометр жидкостный стеклянный; коническая или мерная колба вместимостью не менее 500 см<sup>3</sup>, (диаметр горлышка – 10...50 мм в зависимости от наибольшего размера зерен минеральных материалов); стекло покровное; капельница; раствор смачивателя (порошкообразные, пастообразные и жидкие моющие средства).

Выполнение работы. Из предварительно подготовленных смеси или вырубки (керн) и разрыхленных до размеров не более максимального размера зерен для данного вида смеси, отбирают пробу методом квартования. Из двух противоположных частей отбирают две навески, масса каждой должна быть не менее 300 г (для смесей с максимальной крупностью заполнителя 20 мм), 500 г (для смесей с максимальной крупностью заполнителя 40 мм). Смесь, периодически помешивая, охлаждают до температуры (20±5)°С. При необходимости зерна с размером больше диаметра горлышка колбы по ГОСТ 1770 измельчают в лабораторной дробилке или с помощью пресса в стальном цилиндре со съёмным дном и плунжером.

Сухую и чистую колбу взвешивают, затем в колбу высыплют навеску и взвешивают еще раз; доливают дистиллированную воду (20±2)°С так, чтобы уровень воды был выше уровня смеси не менее чем на 3 см. Колбу помещают на 1 ч в вакуумную установку, где поддерживают вакуумическое давление не более минус 98 кПа. Через 1 ч вакуумическое давление доводят до 0 кПа и добавляют в колбу 10 мл раствора смачивателя и воду в колбе осторожно взбалтывают круговыми движениями для удаления пузырьков воздуха с поверхности смеси или размельченного асфальтобетона. Воду в колбе осторожно взбалтывают круговыми движениями до удаления пузырьков воздуха. Когда все пузырьки воздуха всплывут, добавляют дистиллированную воду (в мерной колбе — до метки; в конической — до края горлышка, накрывают покровным стеклом так, чтобы вытекли излишки воды и не оставалось пузырьков воздуха), доводят воду в колбе до температуры (20±2)°С, тщательно обтирают фильтровальной бумагой и взвешивают. Затем колбу освобождают от воды и смеси, промывают, заполняют дистиллированной водой с температурой (20±2)°С, так, как указано выше, и взвешивают.

Истинную плотность смеси или асфальтобетона  $\rho^a$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют с округлением до второго десятичного знака, по формуле

$$\rho^a = \frac{(g - g_1)\rho^e}{g - g_1 + g_2 - g_3}, \quad (2.5)$$

где  $g$  — масса колбы со смесью или размельченным асфальтобетоном, г;

$g_1$  — масса пустой колбы, г;

$g_2$  — масса колбы с водой, г;

$g_3$  — масса колбы со смесью или размельченным асфальтобетоном и водой, г;

$\rho^e$  — истинная плотность воды, принимают равной 1 г/см<sup>3</sup>.

За результат определения истинной плотности смеси или асфальтобетона принимают среднее арифметическое значение результатов двух определений, расхождение между результатами двух параллельных определений не должно превышать 0,02 г/см<sup>3</sup>. В случае больших расхождений истинную плотность определяют вторично и принимают для расчета среднее арифметическое значение результатов четырех определений.

#### 2.4.7. Определение пористости минеральной части (остова) асфальтобетона

Сущность метода заключается в определении объема пор, имеющих в минеральной части (остове) асфальтобетона.

Пористость минеральной части (остова) асфальтобетона определяют расчетом на основании предварительно установленных значений средней и истинной плотности минеральной части асфальтобетона.

Пористость минеральной части (остова) асфальтобетона  $V_{пор}^0$ , %, вычисляют по формуле

$$V_{пор}^0 = \left(1 - \frac{\rho_m^0}{\rho^0}\right) \cdot 100, \quad (2.6)$$

где  $\rho_m^0$  — средняя плотность минеральной части (остова) асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>;

$\rho^0$  — истинная плотность минеральной части (остова) асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>.

#### 2.4.8. Определение остаточной пористости асфальтобетона

Сущность метода заключается в определении объема пор, имеющих в асфальтобетоне.

Остаточную пористость образцов, определяют расчетом на основании предварительно установленных значений средней и истинной плотности.

Остаточную пористость  $V_{пор}^a$ , %, вычисляют по формуле

$$V_{пор}^a = \left(1 - \frac{\rho_m^a}{\rho^a}\right) \cdot 100, \quad (2.7)$$

где  $\rho_m^a$  — средняя плотность асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>;

$\rho^a$  — истинная плотность асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>.

#### 2.4.9. Определение водонасыщения асфальтобетона

Сущность метода заключается в определении количества воды, поглощенной образцом при заданном режиме насыщения. Водонасыщение определяют на образцах, приготовленных в лаборатории из смеси или на образцах кернах (вырубках) из покрытия (основания).

**Материалы и оборудование:** вакуумная установка, весы лабораторные с приспособлением для гидростатического взвешивания, термометр жидкостный стеклянный, сосуд вместимостью не менее 3,0 л.

**Выполнение работы.** Водонасыщение определяют на образцах, ранее использованных для определения средней плотности. Образцы, взвешенные на воздухе и в воде по 2.4.3, помещают в сосуд с водой, температура которой равна (20±2)°С. Уровень воды над образцами должен быть не менее 3 см.

Сосуд с образцами выдерживают в вакуумной установке, где создают вакуумическое давление не более минус 98 кПа (остаточное давление — 2000 Па) и поддерживают в течение 1 ч при испытаниях образцов из горячих и теплых смесей. Вакуумическое давление доводят до 0 кПа (остаточное давление от 94 до 104 кПа) и выдерживают образцы в том же сосуде с водой в течение 30 мин. Образцы взвешивают в воде, извлекают из воды, обтирают мягкой тканью и вторично взвешивают на воздухе. Температура воды —  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Увеличение массы образца соответствует количеству поглощенной образцом воды.

Приращение массы образца, отнесенное к первоначальному объему образца, составляет его водонасыщение по объему  $W$ , %, которое вычисляют по формуле

$$W = \frac{g_3 - g_0}{g_1 - g_2} \cdot 100, \quad (2.8)$$

где  $g_0$  — масса сухого (ненасыщенного водой) образца, взвешенного на воздухе, г;

$g_1$  — масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного на воздухе, г;

$g_2$  — масса того же образца, взвешенного в воде, г;

$g_3$  — масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г.

Водонасыщение определяют как среднее арифметическое результатов трех определений. Расхождение между наибольшим и наименьшим результатами не должно превышать 0,5 % (по абсолютному значению водонасыщения).

#### 2.4.10. Определение набухания (приращения объема) асфальтобетона

Набухание определяют как приращение объема образца после насыщения его водой. Для определения набухания используют данные, полученные при определении средней плотности и водонасыщения. Набухание образца  $H$ , %, по объему вычисляют по формуле

$$H = \frac{(g_3 - g_4) - (g_1 - g_2)}{g_1 - g_2} \cdot 100, \quad (2.9)$$

где  $g_1$  — масса сухого образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного на воздухе, г;

$g_2$  — масса того же образца, взвешенного в воде, г;

$g_3$  — масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г;

$g_4$  — масса того же образца, взвешенного в воде, г.

За результат определения набухания принимают среднее арифметическое значение результатов трех определений.

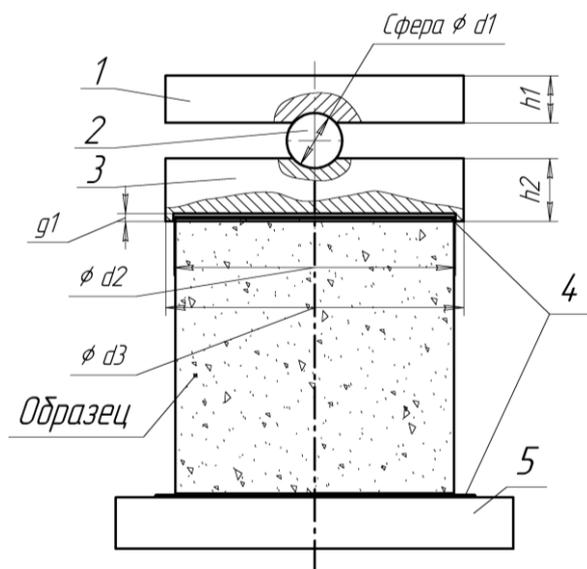
#### 2.4.11. Определение предела прочности асфальтобетона при сжатии

Сущность метода заключается в определении нагрузки, необходимой для разрушения образца при заданных условиях.

**Материалы и оборудование:** пресс с силоизмерителями, предел допустимой погрешности которых не превышает  $\pm 2\%$  измеряемой нагрузки, со скоростью движения плиты пресса  $(3,0 \pm 0,5)$  мм/м; водяная баня или сосуд для термостатирования объемом не менее 5 л (в зависимости от размера

и количества образцов); термометр жидкостный стеклянный (с погрешностью измерения не более  $\pm 2^\circ\text{C}$ ); шарнирное устройство для равномерного распределения нагрузки по поверхности нагружения образца.

**Выполнение работы.** Для испытания готовят образцы в соответствии с 2.4.1, 2.4.2 (по три образца для испытаний при каждой заданной температуре). Образцы из горячих и теплых смесей выдерживают в течение 1 ч при заданных температурах ( $50\pm 2^\circ\text{C}$  и  $20\pm 2^\circ\text{C}$ ) в водяной бане. Предел прочности при сжатии асфальтобетонных образцов определяют при скорости движения плиты пресса ( $3,0\pm 0,5$ ) мм/мин. Образцы, извлеченные из водяной бани, устанавливают на основание цилиндра в центр нижней плиты пресса (рисунок 2.2). Затем опускают верхнюю плиту и устанавливают ее выше уровня поверхности образца на 10—20 мм. Для уменьшения потерь тепла образцов при соприкосновении с металлическими плитами между образцом и плитами прокладывают плотную бумагу. Затем включают электродвигатель пресса и начинают нагружать образец. За разрушающую нагрузку принимают максимальное показание силоизмерителя, при котором образец разрушился.



- 1 — верхний диск шарнира; 2 — шарик;  
3 — нижний диск шарнира;  
4 — прокладка из бумаги; 5 — плита пресса

**Рисунок 2.2 — Схема размещения образца при испытании на сжатие**

Предел прочности при сжатии образца  $R_{сж}$ , МПа, вычисляют по формуле

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (2.10)$$

где  $P$  — разрушающая нагрузка, Н;

$F$  — первоначальная площадь поперечного сечения образца,  $\text{мм}^2$ .

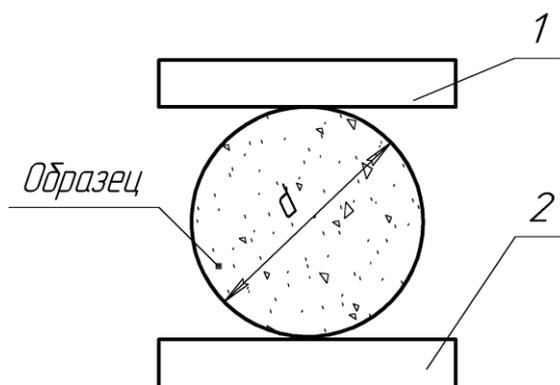
За результат определения принимают среднее арифметическое значение испытаний трех образцов. Разница между наибольшим и наименьшим показателем не должна превышать 15%.

**2.4.12. Определение предела прочности при растяжении при расколе при температуре  $0^\circ\text{C}$**

Сущность метода заключается в определении нагрузки, необходимой для раскалывания образца по образующей.

**Материалы и оборудование:** пресс, с силоизмерителями, предел допустимой погрешности которых не превышает  $\pm 2\%$  измеряемой нагрузки, со скоростью движения плиты пресса  $(3,0 \pm 0,5)$  мм/м; сосуд для термостатирования вместимостью не менее 5 л (в зависимости от размера и количества образцов); термометр жидкостный стеклянный (погрешность измерения не более  $\pm 2^\circ\text{C}$ ); штангенциркуль.

**Выполнение работы.** Для испытания готовят образцы в соответствии с 2.4.1, 2.4.2.2. С помощью штангенциркуля измеряют высоту ( $h$ ) и диаметр ( $d$ ) каждого образца с погрешностью не более  $\pm 0,1$  мм. Измерения проводят по двум образующим поверхности и двум диаметрам, расположенным в одном осевом сечении образца. За результат измерения принимают среднее арифметическое двух измеренных величин. Перед испытанием образцы термостатируют в воде при температуре  $(0 \pm 2)^\circ\text{C}$  не менее 1 ч. Температуру  $(0 \pm 2)^\circ\text{C}$  создают смешением воды со льдом. Предел прочности при растяжении асфальтобетонных образцов определяют при скорости движения плиты пресса  $(3,0 \pm 0,5)$  мм/мин. Образцы, извлеченные из воды, устанавливают на боковую поверхность в центр нижней плиты пресса (рисунок 2.3), затем опускают верхнюю плиту и останавливают ее выше уровня поверхности образца на 10—20 мм. Нагружают образец до тех пор, пока не произойдет его разрушение по образующей; максимальное показание силоизмерителя в этот момент принимают за разрушающую нагрузку.



1 — верхняя плита пресса; 2 — нижняя плита пресса

**Рисунок 2.3 — Размещение образца при испытании на растяжение**

Предел прочности при растяжении образца  $R_p^0$ , МПа, вычисляют по формуле

$$R_p^0 = \frac{P}{h \cdot d}, \quad (2.11)$$

где  $P$  — разрушающая нагрузка, Н;

$h, d$  — соответственно высота и диаметр образца, мм.

За предел прочности при растяжении асфальтобетона принимают среднее арифметическое значение испытаний трех образцов. Разница между наибольшим и наименьшим показателем не должна превышать 15%.

#### 2.4.13. Определение предела прочности при сдвиге при температуре $50^\circ\text{C}$

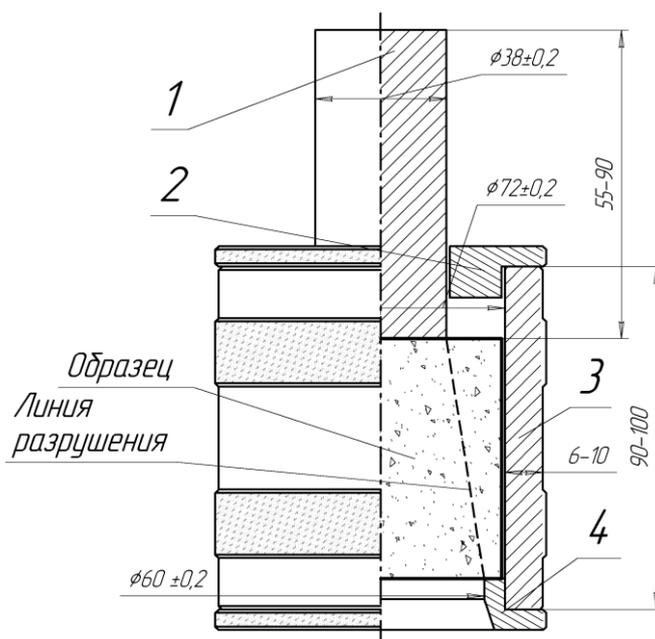
Сущность метода заключается в определении сдвигового усилия, необходимого для продавливания штампа в асфальтобетонном образце.

Метод определения предела прочности асфальтобетона при сдвиге при температуре 50°C должен обеспечивать определение нагрузки с погрешностью не более 2,5%.

**Материалы и оборудование:** пресс; сдвиговой прибор; водяная баня или сосуд для термостатирования вместимостью не менее 5 л (в зависимости от размера и количества образцов); термометр жидкостный стеклянный (с погрешностью измерения не более  $\pm 2^\circ\text{C}$ ); штангенциркуль.

**Выполнение работы.** Для испытания готовят три образца в соответствии с 2.4.1, 2.4.2. Измеряют высоту образца  $h$  с помощью штангенциркуля в двух противоположных точках диаметрального сечения с точностью до 0,1 мм. За результат принимается среднее арифметическое значение двух измерений. Перед испытанием образцы и сдвиговой прибор термостатируют не менее, чем в течение 1 ч в воде при температуре  $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Предел прочности при сдвиге асфальтобетонных образцов определяют при скорости движения плиты пресса  $(3,0 \pm 0,5)$  мм/мин. Образец, извлеченный из воды, вставляют в форму сдвигового прибора (рисунок 2.4), и устанавливают форму на нижнее упорное кольцо, находящееся в центре нижней плиты испытательного пресса, сверху на торец формы устанавливают верхнее направляющее кольцо и опускают нагрузочный штамп. Образец должен входить в форму плотно, с небольшим нажатием и не выпадать из нее под действием собственного веса. Для обеспечения плотного контакта боковой поверхности образца с внутренней поверхностью формы можно образец обмотать калькировочной бумагой. Передачу усилия на образец осуществляют через нагрузочный штамп. Нагружение продолжают до тех пор, пока показания силоизмерителя не начнут уменьшаться. Максимальное показание силоизмерителя принимают за разрушающую сдвиговую нагрузку.



- 1 — круглый нагрузочный штамп;  
 2 — верхнее направляющее кольцо;  
 3 — форма; 4 — нижнее упорное кольцо

**Рисунок 2.4 — Форма с образцом, изготовленным из смеси при определении предела прочности асфальтобетона при сдвиге**

Предел прочности при сдвиге образца асфальтобетона  $R_{сдв}^{50}$ , МПа, определяют с округлением до второго десятичного знака, по формуле

$$R_{сдв}^{50} = \frac{P}{154 \cdot h}, \quad (2.12)$$

где  $P$  — разрушающая сдвиговая нагрузка, Н;  
 $h$  — средняя высота образца, мм;  
154 — коэффициент пересчета.

За предел прочности при сдвиге асфальтобетона принимают среднее арифметическое значение испытаний трех образцов. Разница между наибольшим и наименьшим показателем не должна превышать 15%.

#### *2.4.14. Определение угла внутреннего трения, силы внутреннего сцепления, индекса сопротивления пластическим деформациям*

Метод позволяет определить угол внутреннего трения и силу внутреннего сцепления, влияющие на величину пластических деформаций, и сопоставить их с величиной напряжений в асфальтобетоне, возникающих под воздействием транспортных нагрузок.

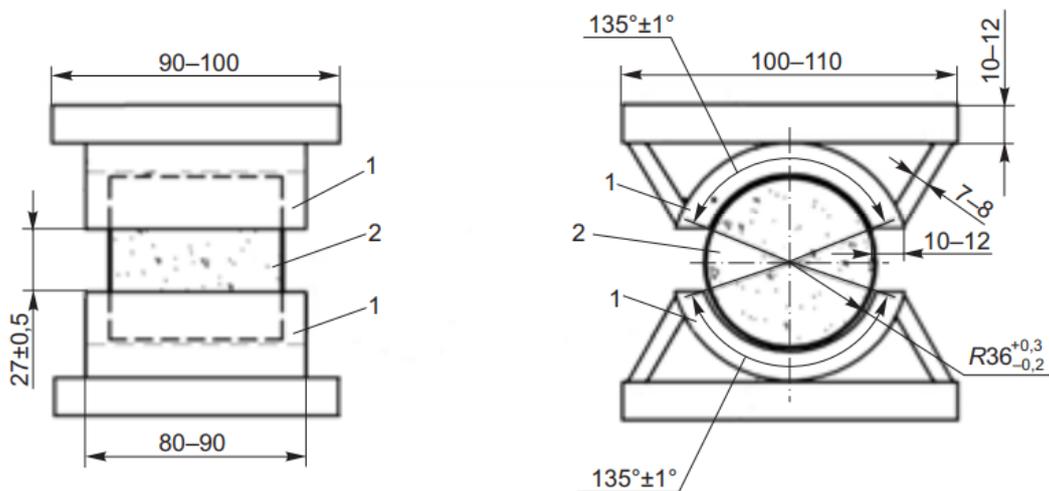
Сущность метода заключается в определении максимальных нагрузок и соответствующих предельных деформаций образцов, изготовленных в соответствии с 2.4.1, 2.4.2, при двух напряженно-деформированных состояниях: при одноосном сжатии согласно 2.4.11 и при сжатии специальным обжимным устройством по схеме Маршалла с охватом образца по дуге с углом  $135^\circ$ . Метод определения индекса сопротивления пластическим деформациям асфальтобетона должен обеспечивать определение нагрузки с погрешностью до 10 %.

**Материалы и оборудование:** пресс, позволяющий проводить испытания в требуемом диапазоне нагрузок, с силоизмерителями, предел допустимой погрешности которых не превышает  $\pm 2\%$  измеряемой нагрузки, со скоростью движения плиты пресса  $(50,0 \pm 5)$  мм/мин, или прибор Маршалла; обжимное устройство, состоящее из двух половин толстостенной цилиндрической обоймы (толщина от 0,5 до 1,0 см) с внутренним радиусом, равным половине диаметра образца, и углом захвата  $135^\circ \pm 1^\circ$  (рисунок 2.5); водяную баню с автоматической регулировкой нагрева, поддерживающую температуру  $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ , или сосуд для термостатирования вместимостью не менее 5 л (в зависимости от размера и количества образцов); секундомер с ценой деления 0,2 с; термометр жидкостный стеклянный, с диапазоном измерений от  $0^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$ , с погрешностью измерения не более  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

**Выполнение работы.** Для испытаний необходимо четное число образцов диаметром  $(71,4 \pm 0,1)$  мм в количестве не менее 6 шт. Перед испытаниями образцы и обжимные устройства выдерживают в воде при температуре  $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$  не менее 1 ч.

Образцы испытывают при скорости деформирования образца  $(50 \pm 5)$  мм/мин по двум схемам нагружения:

- первая — одноосное сжатие согласно 2.4.11;
- вторая — сжатие специальным обжимным устройством по схеме Маршалла (рисунок 2.5).



1 — обжимная обойма; 2 — образец

**Рисунок 2.5 — Обжимное устройство для испытаний по схеме Маршалла**

Образец, извлеченный из воды, устанавливают в центре плиты пресса — при первой схеме нагружения; при второй схеме нагружения в центре плиты пресса устанавливают обойму обжимного устройства, в нее вставляют образец и накрывают второй обоймой обжимного устройства. Верхняя плита пресса должна находиться на расстоянии 10–20 мм от верхнего торца образца при первой схеме нагружения или верхнего обжимного устройства — при второй схеме нагружения. После этого включают электродвигатель пресса и начинают нагружать образец. В процессе испытаний образца фиксируют максимальное показание силоизмерителя, при котором происходит разрушение образца, и принимают его за разрушающую нагрузку. Одновременно с помощью устройства для записи деформационных диаграмм измеряют предельную деформацию, соответствующую разрушающей нагрузке, и определяют по секундомеру время нагружения образца.

#### *Определение тангенса угла внутреннего трения*

Для каждого образца, испытанного как на одноосное сжатие, так и по схеме Маршалла, вычисляют работу  $A$ , Дж, затраченную на деформирование образца до разрушения, по формуле

$$A = \frac{P \cdot l}{2}, \quad (2.13)$$

где  $P$  — разрушающая нагрузка, кН;  
 $l$  — предельная деформация, мм.

Среднюю работу деформирования образцов при одноосном сжатии и при сжатии по схеме Маршалла вычисляют, с округлением до второго десятичного знака, как среднее арифметическое значение результатов испытания трех образцов. Разница между наибольшим и наименьшим показателями не должна превышать 15 %.

Тангенс угла внутреннего трения  $tg\varphi$  вычисляют, с округлением до третьего десятичного знака, по формуле

$$tg\varphi = \frac{3(A_m - A_{сж})}{3A_m - 2A_{сж}}, \quad (2.14)$$

где  $A_m$ ,  $A_{сж}$  — средняя работа деформирования образцов асфальтобетона при испытаниях по схеме Маршалла и при одноосном сжатии соответственно, Дж.

#### Определение силы внутреннего сцепления

Силу внутреннего сцепления  $C$ , МПа, вычисляют, с округлением до второго десятичного знака, по формуле

$$C = \frac{1}{6}(3 - 2\text{tg}\varphi)R_{сж}, \quad (2.15)$$

где  $R_{сж}$  — предел прочности при сжатии при температуре 50°С согласно 2.4.11 при скорости деформирования образца (50,0±0,5)мм/мин, МПа.

#### Определение индекса сопротивления пластическим деформациям

Индекс сопротивления пластическим деформациям  $I_{пл}$  вычисляют, с округлением до второго десятичного знака, по формуле

$$I_{пл} = \frac{CK}{\sigma_p - m \cdot \text{tg}\varphi \cdot \sigma_{сж}}, \quad (2.16)$$

где  $C$  — сила внутреннего сцепления асфальтобетона, МПа;

$K$  — коэффициент, равный 0,7;

$\sigma_p$  — растягивающее напряжение в покрытии от воздействия транспортной нагрузки, МПа (принимают по таблице 2.14);

$m$  — коэффициент, равный 0,43;

$\text{tg}\varphi$  — тангенс угла внутреннего трения асфальтобетона;

$\sigma_{сж}$  — сжимающее напряжение в покрытии от воздействия транспортной нагрузки, МПа (принимают по таблице 2.14).

Таблица 2.14 – Значения напряжений в мегапаскалях

Вид напряжения	Напряжение в верхнем слое покрытия
Растягивающее	0,50
Сжимающее	1,00

#### 2.4.15. Определение индекса трещиностойкости

Сущность метода заключается в оценке степени сопротивления температурным и усталостным трещинам путем определения индекса температурной трещиностойкости и максимальной структурной прочности. Метод определения индекса трещиностойкости асфальтобетона должен обеспечивать определение нагрузки с погрешностью до 15 %.

**Материалы и оборудование:** пресс с силоизмерителями, предел допустимой погрешности которых не превышает ±2 % измеряемой нагрузки, со скоростью движения плиты пресса (3,0±0,5) и (10,0±0,5) мм/мин; морозильная камера, обеспечивающую температуру минус (15±2)°С.

**Выполнение работы.** Для определения индекса трещиностойкости готовят девять образцов асфальтобетона в соответствии с 2.4.1, 2.4.2. Три образца термостатируют при температуре (0±2)°С не менее 1 ч в воде. Температуру снижают до (0±2)°С, смешав воду и лед. Остальные шесть образцов термостатируют в морозильной камере при температуре минус (15±2)°С не менее 1 ч.

Три образца испытывают на прочность при растяжении при температуре 0°С и скорости деформирования 3 мм/мин в соответствии с 2.4.12. Остальные образцы испытывают на прочность при растяжении в соответствии с 2.4.12 при температуре минус 15°С, при скорости деформирования 3 и 10 мм/мин.

Индекс трещиностойкости ( $I_m$ ) вычисляют с точностью до второго десятичного знака по формуле

$$I_m = 1 - \frac{R_p^0}{R_c}, \quad (2.17)$$

где  $R_p^0$  — прочность бетона на растяжение при температуре 0 °С и скорости деформирования 3 мм/мин, МПа;

$R_c$  — максимальная структурная прочность, МПа.

Значения максимальной структурной прочности  $R_c$ , МПа, с округлением до первого десятичного знака, вычисляют по формуле

$$R_c = \frac{\bar{R}}{1 + 1,92 \lg \left( \frac{R_1}{R_2} \right)}, \quad (2.18)$$

где  $R_1$  и  $R_2$  — прочность на растяжение при температуре минус 15°С и скорости деформирования 3 и 10 мм/мин соответственно, определяемая по 2.4.12, МПа.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2}{2}. \quad (2.19)$$

#### 2.4.16. Определение коэффициента морозостойкости

Сущность метода заключается в оценке потери прочности при сжатии предварительно водонасыщенных образцов после воздействия на них 50 циклов замораживания — оттаивания. Настоящий метод обеспечивает определение коэффициента морозостойкости с погрешностью до 3 %

Материалы и оборудование: пресс; морозильная камера, обеспечивающая температуру замораживания минус  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ ; вакуумную установку с диапазоном измерения вакуумического давления от 0 до минус 100 кПа; термометр жидкостный стеклянный, с диапазоном измерений от 0°С до 100°С, с погрешностью измерения не более  $\pm 2^\circ\text{C}$ ; ванна для оттаивания образцов; вода; соль поваренная

Выполнение работы. Испытания проводят на шести образцах, изготовленных в соответствии с 2.4.1, 2.4.2. Перед испытаниями на морозостойкость три образца насыщают в соответствии с 2.4.9 5%-ным водным раствором поваренной соли. Три образца считают контрольными и хранят при температуре  $(18 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

Водонасыщенные образцы (3 шт.) загружают в морозильную камеру так, чтобы расстояние между образцами было не менее 50 мм. Если после загрузки камеры температура в ней повысится, то началом замораживания считают момент, когда в морозильной камере установится температура минус  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Продолжительность одного замораживания при установившейся температуре в камере должна составлять не менее 2,5 ч. Оттаивание

образцов после их выгрузки из морозильной камеры проводят в течение 2 ч в ванне с 5%-ным раствором поваренной соли при температуре  $(18\pm 2)^\circ\text{C}$ . В течение 1 сут следует осуществлять как минимум один цикл замораживания — оттаивания. При вынужденных или технически обоснованных перерывах при испытаниях на морозостойкость образцы должны находиться в замороженном состоянии. После 50 циклов замораживания — оттаивания образцы выдерживают в течение 2 ч в воде при температуре  $(50\pm 2)^\circ\text{C}$  и определяют предел прочности при сжатии при температуре  $50^\circ\text{C}$  в соответствии с 2.4.11.

Коэффициент морозостойкости  $K_{\text{мпз}}$  вычисляют, с округлением до второго десятичного знака, по формуле

$$K_{\text{мпз}} = \frac{R_{\text{мпз}}}{R}, \quad (2.20)$$

где  $R_{\text{мпз}}$  — среднее арифметическое значение предела прочности при сжатии при температуре  $50^\circ\text{C}$  образцов после 50 циклов замораживания — оттаивания, МПа;

$R$  — среднее арифметическое значение предела прочности образцов при сжатии при температуре  $50^\circ\text{C}$ , МПа.

#### 2.4.17. Определение коэффициента водостойкости при длительном водонасыщении в агрессивной среде

Сущность метода заключается в оценке потери прочности при сжатии предварительно водонасыщенных образцов после выдерживания их в течение заданного времени в агрессивном растворе.

**Материалы и оборудование:** При проведении испытаний используют средства контроля в соответствии с 2.4.9 и 2.4.12, соль поваренная.

**Выполнение работы.** Перед испытаниями на водостойкость образцы, изготовленные согласно 2.4.1, 2.4.2 (3 шт.), насыщают в соответствии с 2.4.9. 5%-ным водным раствором поваренной соли. Сосуд с образцами извлекают из вакуумного прибора и оставляют на хранение в этом же растворе в течение 14 или 28 сут (уровень раствора над образцами должен быть не менее 3 см). Температура воды должна быть  $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ . По истечении 14 сут три образца извлекают из раствора, термостатируют в воде при температуре  $50^\circ\text{C}$  в течение 1 ч и определяют предел прочности при сжатии при температуре  $50^\circ\text{C}$  в соответствии с 2.4.11.

Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении в агрессивной среде в течение 14 (28) сут  $K_{\text{ед}}^{14(28)}$  вычисляют с округлением до второго десятичного знака по формуле

$$K_{\text{ед}}^{14(28)} = \frac{R_{\text{сж}}^{50\text{ед}}}{R_{\text{сж}}^{50}}, \quad (2.21)$$

где  $R_{\text{сж}}^{50\text{ед}}$  — предел прочности при сжатии при температуре  $(50\pm 2)^\circ\text{C}$  после водонасыщения в 5% растворе поваренной соли в течение 14 или 28 сут, МПа;

$R_{\text{сж}}^{50}$  — предел прочности при сжатии при температуре  $(50\pm 2)^\circ\text{C}$  по 2.4.11, МПа.

#### 2.4.18. Определение степени уплотнения асфальтобетона в покрытиях и основаниях

Степень уплотнения характеризуется коэффициентом уплотнения, определяемым отношением средней плотности образцов из вырубков (кернов) к их эталонной плотности (методы А и Б), или показателями поровой структуры асфальтобетона — остаточной пористостью и водонасыщением (метод В). Испытания по методу А проводят на переформованных асфальтобетонных образцах, изготовленных в соответствии с 2.4.1, 2.4.2, по методу Б — на пробе, разрыхленной до размеров, не превышающих максимальный размер зерен для данного вида смеси в соответствии с 2.4.3; по методу В — на образцах из вырубков (кернов), изготовленных в соответствии с 2.4.2.

##### Оценка степени уплотнения асфальтобетона

##### Методы А и Б

Коэффициент уплотнения асфальтобетона  $K_y$  вычисляют с округлением до второго десятичного знака как отношение средней плотности образцов из покрытия, изготовленных в соответствии с 2.4.2, к эталонной плотности образцов по формуле

$$K_y = \frac{\rho_m^a}{\rho_{mЭТ}^a}, \quad (2.22)$$

где  $\rho_m^a$  — средняя плотность образцов из покрытия, г/см<sup>3</sup>; определяют в соответствии с 2.4.3;

$\rho_{mЭТ}^a$  — эталонная плотность образцов, г/см<sup>3</sup>.

В качестве эталонной плотности принимают среднюю плотность (определяют в соответствии с 2.4.3) переформованных асфальтобетонных образцов, изготовленных в соответствии с 2.4.1, 2.4.2 (метод А), или истинную плотность образцов, определенную в соответствии с 2.4.3 (метод Б).

##### Метод В (факультативный)

Степень уплотнения асфальтобетона определяют по величине остаточной пористости и водонасыщения. Остаточную пористость асфальтобетона определяют в соответствии с 2.4.8, водонасыщение асфальтобетона — в соответствии с 2.4.9.

#### 2.4.18. Определение однородности смеси по коэффициенту вариации

Сущность метода заключается в определении коэффициента вариации значений показателя (предела прочности при сжатии при температуре 50°С или другому показателю, указанному в нормативном документе) смесей одного состава на протяжении анализируемого периода (период времени, в течение которого осуществлялось производство смеси одного состава). Определение значения коэффициента вариации выполняют в следующем порядке:

— вычисляют коэффициент вариации  $C_v$  и среднее квадратическое отклонение  $S_n$  исследуемого показателя для первых девяти партий смеси, контролируемых по данному показателю;

— вычисляют коэффициент вариации  $C_v$  и среднее квадратическое отклонение  $S_n$  исследуемого показателя для следующей партии смеси, контролируемой по данному показателю, с учетом первых девяти партий смеси;

— вычисляют коэффициент вариации  $C_v$  и среднее квадратическое отклонение  $S_n$  исследуемого показателя для каждой последующей партии смеси, контролируемой по данному показателю, с учетом всех предыдущих партий смеси по накопительной, до достижения 32 определений исследуемого показателя;

— вычисляют коэффициент вариации  $C_v$  и среднее квадратическое отклонение  $S_n$  исследуемого показателя для каждой последующей партии смеси, контролируемой по данному показателю, с учетом 31 предыдущего определения исследуемого показателя в течение анализируемого периода. Коэффициент вариации  $C_v$  вычисляют по формуле

$$C_v = \frac{S_n}{X}, \quad (2.23)$$

где  $S_n$  — среднее квадратическое отклонение показателя свойств смеси;

$X$  — среднее значение показателя свойств смеси в объеме выборки.

Среднее значение исследуемого показателя (предела прочности при сжатии при температуре 50°C)  $X$  вычисляют как среднее арифметическое частных значений показателя свойств смеси в объеме выборки, образующих выборку, по формуле

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (2.24)$$

где  $x_i$  — частное значение показателя свойств в  $i$ -той пробе;

$n$  — количество испытанных образцов (объем выборки).

Среднее квадратическое отклонение  $S_n$  вычисляют по формуле

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - x_i)^2}{n-1}}, \quad (2.25)$$

где  $X$  — среднее значение показателя свойств смеси в объеме выборки;

$x_i$  — частное значение показателя свойств в  $i$ -й пробе;

$n$  — количество испытанных проб (объем выборки).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Технические условия Республики Беларусь ТУ ВУ 400091131.009-2011 Битумы дорожные.

[2] Технические условия Республики Беларусь ТУ ВУ 200161167.003-2010 Отсев из материалов дробления горных пород.

[3] Дорожный методический документ ДМД 02191.2.051-2012 Рекомендации по подбору составов асфальтобетонных смесей по асфальтовяжущему.

[4] Дорожный методический документ ДМД 02191.7.003-2007 Рекомендации по подбору составов асфальтобетонных смесей.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

СТБ 1033-2016 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия

СТБ 1062-97 Битумы нефтяные для верхнего слоя дорожного покрытия. Технические условия

СТБ 1115-2013 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний

СТБ 1220-2020 Битумы модифицированные дорожные. Технические условия

СТБ 1311-2002 Щебень кубовидный из плотных горных пород. Технические условия

СТБ 1463-2017 Добавки адгезионные для дорожных битумов. Общие технические условия

СТБ 1705-2015 Асфальтогранулят для транспортного строительства. Технические условия

СТБ 1769-2013 Добавка стабилизирующая волокнистая для асфальтобетонных смесей. Технические требования, приемка и методы испытаний

СТБ 1957-2009 Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия

СТБ 2302-2013 Вяжущее резинобитумное. Технические условия

СТБ 2440-2016 Добавка модифицирующая гранулированная для асфальтобетонных смесей. Технические условия

СТБ 2653-2023 Добавки температуропонижающие для горячих и теплых асфальтобетонных смесей. Общие технические условия

СТБ EN 1426-2009 Битумы и битумные вяжущие. Метод определения глубины проникания иглы

СТБ EN 1427-2009 Битум и битумные вяжущие. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару

СТБ EN 12591-2010 Битумы дорожные. Технические требования и методы испытаний

СТБ EN 12620-2010 Заполнители для бетона

СТБ EN 13043-2007 Заполнители для битумоминеральных смесей и поверхностных обработок дорог аэродромных покрытий и стоянок для автомобильного транспорта

ГОСТ 4333-2021 (ISO 2592:2017) Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле.

ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний

ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 11955-82 Битумы нефтяные дорожные жидкие. Технические условия

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

ГОСТ 11503-74 Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости

ГОСТ 11505-75\* Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости

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

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

ГОСТ 16557-2005 Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия

ГОСТ 22245-90 Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия

ГОСТ 32703-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования

ГОСТ 32728-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Отбор проб

ГОСТ 32730-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Песок дробленый. Технические требования

ГОСТ 32761-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Порошок минеральный. Технические требования

ГОСТ 32824-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный. Технические требования

ГОСТ 32826-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и песок шлаковые. Технические требования

ГОСТ 33133–2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия

ГОСТ 33134–2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Определение индекса пенетрации

ГОСТ 33136-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы

ГОСТ 33138-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения растяжимости

ГОСТ 33141-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля Кливленда

ГОСТ 33142-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар»

ГОСТ 33143-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу

ГОСТ EN 1426-2017 Битум и битумные вяжущие. Метод определения глубины проникания иглы

ГОСТ EN 1427-2017 Битум и битумные вяжущие. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару

ГОСТ EN 12593-2017 Битум и битумные вяжущие. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу

СН 3.03.04-2019 Автомобильные дороги

Учебное издание

**Составители:**

*Шалобыта Татьяна Петровна  
Сырица Галина Васильевна*

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

по дисциплинам

«Дорожно-строительные материалы и изделия»,  
«Строительное материаловедение»

для студентов специальностей  
I -70 03 01 Автомобильные дороги,  
7-07-0732-01 Строительство зданий и сооружений  
Профилизация: Автомобильные дороги

***Текст печатается в авторской редакции,  
орфографии и пунктуации***

Ответственный за выпуск: Шалобыта Т. П.  
Редактор: Митлошук М. А.  
Компьютерная вёрстка: Соколюк А. П.

---

Подписано в печать 21.03.2024 г. Формат 60x84 1/16. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Arial». Усл. печ. л. 2,79. Уч. изд. л. 3,0. Заказ № 320. Тираж 30 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.

