

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Автомобильные дороги»

С. Е. Кравченко
С. Н. Соболевская
Е. М. Жуковский

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ
(ПРАКТИКУМ)

Пособие
для студентов специальности 1-70 03 01
«Автомобильные дороги»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области строительства и архитектуры*

Минск
БНТУ
2022

УДК 625.7/.8.06/.07(075.8)

ББК 39/311-06я7

К78

Рецензенты:

доктор технических наук, главный научный сотрудник
ГП «БелдорНИИ», профессор *А. В. Бусел*;
заведующий кафедрой лесных машин, дорог и технологий
лесопромышленного производства
УО «Белорусский государственный технологический университет»,
канд. техн. наук, доцент *С. П. Мохов*

Кравченко, С. Е.

К78 Дорожно-строительные материалы и изделия (практикум) : пособие для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / С. Е. Кравченко, С. Н. Соболевская, Е. М. Жуковский. – Минск : БНТУ, 2022. – 85 с.

ISBN 978-985-583-459-6.

Учебное пособие поможет изучить и освоить современные методы, требования, приборы и оборудование, осуществлять сравнительный анализ с действующими нормативными документами. Вся информация о качестве материалов и методах проведения испытаний представлена с учетом действующих в Республике Беларусь стандартов и имеющейся обновленной лабораторной базы кафедры «Автомобильные дороги».

Издание предназначено для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги».

УДК 625.7/.8.06/.07(075.8)

ББК 39/311-06я7

ISBN 978-985-583-459-6

© Кравченко С. Е., Соболевская С. Н.,
Жуковский Е. М., 2022

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
Лабораторная работа № 1 ИСПЫТАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ.....	5
Лабораторная работа № 2 ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ	23
Лабораторная работа № 3 ИСПЫТАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА	44
Лабораторная работа № 4 ИСПЫТАНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И АСФАЛЬТОБЕТОНА.....	57
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	84

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебным планом подготовки инженеров по специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» предусмотрено изучение дисциплины «Дорожно-строительные материалы и изделия».

В соответствии с целью изучения дисциплины, устанавливаются определенные требования к компетенции студентов – они должны знать материалы, применяемые в конструкциях транспортных сооружений, а также требования, предъявляемые к этим материалам.

Целью настоящего практикума является изучение приборов и оборудования, формирование и закрепления у студентов знаний и практических навыков в соответствии с установленными техническими нормативно правовыми актами, действующими в Республике Беларусь.

Учены новейшие научные исследования, проводимые в Республике Беларусь, странах СНГ и за рубежом.

Перед выполнением лабораторных работ студент обязан подробно изучить теоретический материал и методику проведения испытаний по данному пособию, а преподаватель проверить подготовленность каждого студента к выполнению работы.

После выполнения лабораторных работ студент составляет отчет, в котором кратко излагает методику определения установленных показателей, дополняя схемами, графиками, таблицами и результатами испытаний.

Лабораторные работы защищаются по мере их выполнения. Результат защиты является допуском к сдаче экзамена по данной дисциплине.

Лабораторная работа № 1

ИСПЫТАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Цель: исследовать битум, определить его марку и области его возможного применения.

1.1. Классификация и технические требования к вязким битумам

К вязким битумам относят: битумы дорожные вязкие, битумы модифицированные дорожные и битумы для верхнего слоя дорожного покрытия.

Дорожные вязкие битумы изготавливают из окисленных и не окисленных продуктов перегонки нефти. Их применяют для приготовления горячих и теплых асфальтобетонных смесей.

Битумы модифицированные дорожные изготавливают из вязких дорожных битумов введением в их состав термоэластопластов, синтетического каучука, пластификаторов, экстрактов селективной и фенольной очистки масел, индустриальных масел, сырья для производства нефтяных вязких дорожных битумов, поверхностно-активных веществ, аминов алифатических $C_{17} - C_{20}$ технических и др. Модифицированные битумы применяют при приготовлении асфальтобетонных смесей для верхних слоев дорожных покрытий, устройстве тонких защитных слоев, поверхностной обработке мембранных слоев и приготовлении битумных эмульсий.

Битумы для верхнего слоя дорожного покрытия получают из остатков прямой перегонки нефти и продуктов селективного разделения нефтепродуктов. Они предназначены в качестве вяжущего материала при строительстве и ремонте верхних слоев дорожных и аэродромных покрытий.

По физико-химическим показателям битумы должны соответствовать требованиям ГОСТ 22245 «Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия», СТБ 1220 «Битумы модифицированные дорожные. Технические условия», СТБ 1062 «Битумы нефтяные для верхнего слоя дорожного покрытия» и СТБ EN 12591 «Битумы дорожные. Технические требования и методы испытаний». Требования к битуму представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Физико-химические показатели битума
в соответствии с СТБ 1062**

Наименование показателя	Норма для битума марок				
	БД 200/300	БД 130/200	БД 90/130	БД 60/90	БД 40/60
1. Глубина проникания иглы, 0,1 мм: при 25°С при 0°С не менее	201–300 45	131–200 35	91–130 28	61–90 20	40–60 13
2. Температура размягчения по кольцу и шару, °С, не ниже	35	40	43	47	51
3. Растяжимость, см, не менее: при 25 °С при 0 °С	10,0	7,0 6,0	6,5 4,0	5,5 3,5	4,5
4. Температура хрупкости, °С, не выше	–20	–18	–17	–15	–12
5. Температура вспышки, °С, не ниже	220	230	235	240	240
6. Содержание парафина, % (масс.), не более	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
7. Коэффициент сцепления битума с гранитным щебнем при 20 °С, не менее	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
8. Показатели физико-химических свойств после прогрева (+163 °С/300 мин):					
а) потеря в массе, %, не более	1,0	1,0	0,5	0,5	0,2
б) изменение глубины проникания иглы при 25 °С, %, не более	50	40	40	40	40
в) изменение температуры размягчения по кольцу и шару, °С, не более	7	6	5	5	5
Групповой химический состав, %:					
масла	45–49				
смолы	32–34				
асфальтены	19–21				

1.2. Приемка, отбор проб и общая подготовка к испытанию

Приемку битума предприятие-изготовитель осуществляет партиями. Партией считают количество битума одной марки, полученного по одной технологии в течение смены. От каждой партии для качественной оценки битума отбирают объединенную пробу массой 0,5 кг (для модифицированного битума 1 кг).

Проба отбирается по ГОСТ 2517 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб». Объединенную пробу составляют смешиванием точечных проб пропорционально объемам битума в цистернах. Точечные пробы из железнодорожных и автомобильных цистерн отбирают пробоотборником из глубины 0,33 диаметра цистерны от внутренней нижней образующей.

Объединенную пробу битума предварительно подготавливают к испытанию. Ее обезвоживают, нагревая до температуры на 80–100 °С выше ожидаемой температуры размягчения, но не ниже 120 °С и не выше 180 °С, постоянно перемешивая стеклянной палочкой. После окончания вспенивания битума нагревание прекращают, а затем битум процеживают и тщательно перемешивают, чтобы удалить пузырьки воздуха.

Предприятие-изготовитель проводит приемосдаточные и периодические испытания. Приемосдаточные испытания вязких дорожных битумов выполняются при приемке каждой партии и включают определение следующих показателей: глубины проникания иглы при 25 °С и 0 °С, температуры размягчения по кольцу и шару, растяжимости при 25 °С, температуры хрупкости, индекса пенетрации, сцепления с минеральными материалами (адгезия). При периодических испытаниях определяют растяжимость после прогрева не реже одного раза в 10 дней, температуру вспышки – не реже одного раза в месяц.

При приемке модифицированных битумов при приемосдаточных испытаниях контролируют: однородность, глубину проникания иглы при 25 °С, температуру размягчения, эластичность при 13 °С, температуру хрупкости. Периодически не реже одного раза в месяц и при изменении исходного сырья определяют: растяжимость при 0 °С, удерживающую способность при ударе при максимальных положительных и отрицательных температурах, показатели свойств

битума после прогрева, температуру вспышки, сцепление с минеральным материалом. Удельную эффективную активность естественных радионуклидов определяют один раз в год.

При приемке битумов для верхнего слоя дорожного покрытия при приемосдаточных испытаниях подлежат контролю: глубина проникания иглы при 25 °С, температура размягчения, растяжимость при 25 °С, температура хрупкости. При периодических испытаниях определяют растяжимость и глубину проникания иглы при 0 °С, коэффициент сцепления с гранитным щебнем и показатели свойств битума после прогрева не реже одного раза в 10 дней, температуру вспышки – не реже одного раза в 3 месяца, удельную эффективную активность естественных радионуклидов – один раз в год. Групповой химический состав выполняют по требованию заказчика.

При приемке любых битумов потребитель имеет право контролировать качество битумов, чтобы они соответствовали требованиям стандартов.

1.3. Испытания битумов

1.3.1. Определение глубины проникания иглы

Характеристикой структурно-механических свойств битумов является вязкость. С увеличением температуры вязкость уменьшается, с понижением – увеличивается. При низких температурах битум приобретает свойства твердого тела. По вязкости устанавливают марку битума.

Вязкость определяют по ГОСТ 11501 «Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы» или СТБ EN 1426 «Битум и битумные вяжущие. Метод определения глубины проникания иглы».

Материалы и средства испытания. Проба битума; шкаф сушильный или баня песчаная; баня водяная; сито с отверстиями 0,6–0,8 мм; чашка; пенетрометр; термометр; секундомер; бензол; бензин или скипидар; вода.

Испытание. Вязкость определяют по условному показателю – глубине проникания иглы в битум при определенной нагрузке, температуре и времени погружения на приборе пенетрометре (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Пенетрометр битумный автоматический

Испытание выполняют в такой последовательности. Битум подготавливают к испытанию по п. 1.2 и наливают в металлическую цилиндрическую чашку с внутренним диаметром (35 ± 2) мм на 5 мм ниже верха. Для битумов с глубиной проникания иглы до $250 \times 0,1$ мм используют чашку высотой (35 ± 5) мм и для битумов с глубиной проникания иглы более $250 \times 0,1$ мм – (60 ± 1) мм. Потом его перемешивают до полного удаления воздуха и охлаждают при $18\text{--}30$ °С. Битум с глубиной проникания иглы до $250 \times 0,1$ мм охлаждают 60–90 мин и с глубиной проникания иглы более $250 \times 0,1$ мм – 90–120 мин.

Далее чашки с битумом выдерживают в водяной бане до заданной температуры испытания. Чашки высотой 35 мм – 60–90 мин, высотой 60 мм – 90–120 мин. Затем их вынимают из бани и помещают в сосуд с водой вместимостью не менее $0,5 \text{ дм}^3$, чтобы уровень воды покрывал битум не менее чем на 10 мм. Температура воды должна быть равной температуре испытания, после чего испытывают на пенетрометре.

Пенетрометр состоит из металлического штатива, столика, циферблата и падающего стержня с иглой и дополнительным грузом, закрепленных на кронштейнах. Общая масса груза при температуре испытания $(0,0 \pm 0,1)$ °С должна быть $(200,00 \pm 0,20)$ г, при температуре $(25,0 \pm 0,1)$ °С – $(100,00 \pm 0,15)$ г.

Чашку устанавливают на столике пенетрометра. Подводят острие иглы к поверхности битума, а кремальеру – до прикосновения с верхней частью стержня с иглой и берут начальный отсчет. Затем погружают иглу в битум, для чего нажимают стопорную кнопку и одновременно включают секундомер. Время опускания иглы при температуре испытания битума 0 °С должно быть 60 с, а при температуре испытания 25 °С – 5 с. Затем кнопку отпускают. После этого доводят кремальеру до верхнего конца стержня и берут второй отсчет.

Разность показаний первого и второго отсчетов указывает глубину проникания иглы в 0,1 мм. Если в нормативной документации не предусмотрены условия испытания, тогда глубину погружения иглы в битум определяют при температуре 25 °С, нагрузке 100 г в течение 5 с.

Испытания повторяют не менее трех раз в разных точках на поверхности образца, отстоящих от краев чашки и друг друга не менее чем на 10 мм. После каждого погружения иглу отмывают от приставшего битума толуолом, бензином или другим растворителем и вытирают насухо.

При глубине погружения иглы более 200×0,1 мм применяют не менее трех игл, оставляя их в битуме до завершения испытания.

Расхождения между наибольшим и наименьшим определением при 25 °С в 0,1 мм, округленное до целого числа, не должно превышать приведенных значений:

- при глубине проникания иглы до 50×0,1 мм – 2×0,1 мм;
- глубине проникания иглы свыше (50 – 150)×0,1 мм – 4×0,1 мм;
- глубине проникания иглы свыше (150 – 250)×0,1 мм – 6×0,1 мм;
- глубине проникания иглы свыше 250×0,1 мм – 3 % среднего арифметического значения.

При больших расхождениях испытания следует повторить.

Полученные результаты записывают в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Результаты испытания

Показатель	Номер определения			Среднее значение
	1	2	3	
Глубина проникания иглы, 0,1 мм				

1.3.2. Определение температуры размягчения вязкого битума

Температура размягчения битума – условная характеристика перехода битума из упруго-пластичного состояния в жидкое при определенной температуре. Зависит от группового состава битума. Температуру размягчения определяют по СТБ EN 12591 «Битум и битумные вяжущие. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару» или ГОСТ 11506 «Битумы нефтяные. Метод определения размягчения по кольцу и шару на приборе "Кольцо и шар"» (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Автоматический измеритель температуры размягчения нефтяных битумов

Материалы и средства испытания. Проба битума 50 г; стакан фарфоровый или металлический для расплавления битума; сито с отверстиями 0,7 мм; термометр; палочка стеклянная или металлическая; пластинка стеклянная; тальк или декстрин; нож; прибор «Кольцо и шар»; вода дистиллированная или свежеекипяченая; глицерин; горелка газовая или электроплитка; пинцет; часы.

Испытание. Пробу битума подготавливают к испытанию по п. 1.2, после чего испытания проводят на приборе «Кольцо и шар».

Прибор состоит из трех скрепленных между собой дисков и стеклянного стакана. Расстояние между нижним и средним дисками –

25,0–25,4 мм. В среднем диске имеются отверстия, в которые вставляют два латунных кольца. В центре верхнего диска имеется отверстие для термометра, которым замеряется температура жидкости. Ртутный шарик во время испытания должен упираться в средний диск.

Испытание выполняют в такой последовательности. Вначале заливают латунные ступенчатые кольца, высотой 6,35 мм с верхним внутренним диаметром ($19,9 \pm 0,2$) мм и с нижним внутренним диаметром ($15,7 \pm 0,2$) мм битумом.

Кольца нагревают до предполагаемой температуры размягчения битума, укладывают на металлическую или стеклянную пластинку, смазанную смесью декстрина с глицерином или талька с глицерином состава 1:3, заполняют с некоторым избытком расплавленным битумом. При испытании битума с температурой размягчения в интервале 30–110 °С кольца с битумом охлаждают в течение 30 мин при температуре (25 ± 10) °С, а затем срезают ножом избыток. При температуре размягчения 30 °С кольцо с битумом помещают на 30 мин в стакан с водой с температурой на (8 ± 1) °С ниже предполагаемой температуры размягчения, а затем срезают вровень с краями.

Кольца с битумом устанавливают в отверстие среднего диска подвески, которую опускают в заполненный жидкостью стакан из термостойкого стекла диаметром не менее 85 мм и высотой не менее 120 мм. Уровень жидкости в стакане должен быть выше колец не менее чем на 5 см.

Если температура размягчения битума ниже 80 °С (такую температуру размягчения имеют вязкие битумы), стакан заполняют дистиллированной или свежеекипяченой водой с температурой (5 ± 1) °С.

Кольца с битумом выдерживают в воде в течение 15 мин, затем вынимают вместе с подвеской и на каждое укладывают пинцетом стальной шарик диаметром ($9,50 \pm 0,05$) мм и массой ($3,50 \pm 0,05$) г. Шарик предварительно выдерживают в стакане с водой, где он охлаждается до ($5,0 \pm 0,5$) °С или нагревается до (34 ± 1) °С. Затем прибор снова помещают в стакан, ставят на асбестовую сетку и нагревают со скоростью 5 °С в минуту. Битум размягчается, и стальной шарик его продавливает.

За температуру размягчения битума принимают температуру, при которой выдавливаемый шариком битум коснется нижнего диска подвеской. За расчетную температуру размягчения принимают

среднее арифметическое значение из двух параллельных определений, расхождение между которыми не должно превышать 1 °С при температуре размягчения до 80 °С.

Результаты испытания записывают в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Результаты испытания

Показатель	Номер определения		Среднее значение
	1	2	
Температура размягчения, °С			

1.3.3. Определение растяжимости

Растяжимостью называют свойство битума вытягиваться в тонкие нити под действием растягивающего усилия без разрыва сплошности. Она зависит от группового состава битума. С понижением температуры растяжимость уменьшается. Чем больше растяжимость битума, тем выше трещиностойкость асфальтобетона. Растяжимость определяют по ГОСТ 11505 «Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости». Она должна быть не меньше значений, предъявляемых требованиями к битуму.

Материалы и средства испытания. Проба битума; дуктилометр; латунные формы (восьмерки); тальк или декстрин; глицерин; нож; стеклянная или металлическая пластинка; вода; термометр; часы; поваренная соль или спирт этиловый; бумага папиросная.

Испытание. Растяжимость определяют в дуктилометре (рис. 1.3), который представляет собой металлический ящик, по длине которого движется червячный винт с салазками, передвигающимися по винту, вращаемому электродвигателем. Имеется линейка со шкалой, по которой можно определить длину нитей.

Испытания выполняются в следующем порядке. Вначале подготавливают битум к испытанию по п. 1.2. Затем изготавливают 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, и заливают подготовленным к испытанию расплавленным битумом. После заливки формы с битумом охлаждают в воздухе при температуре не ниже $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 30–40 мин, а затем горячим ножом в два приема от середины формы к краям срезают избыток битума. Изготовленные таким образом образцы с формой и пластинкой выдерживают в ящике дуктилометра в течение одного часа в воде с температурой $(25 \pm 0,5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ или $(0 \pm 0,5)\text{ }^{\circ}\text{C}$. Слой воды над образцом должен быть не менее 25 мм. Температуру воды поддерживают доливанием горячей, холодной воды или добавлением льда.

Затем образцы, снятые с пластинок, закрепляют на штифтах салазок дуктилометра, удаляют боковые части форм и включают электродвигатель, растягивая образцы со скоростью 5 см/мин. Следят, чтобы температура воды была $(25,0 \pm 0,5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ или $(0 \pm 0,5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ее слой над образцом не менее 25 мм.



Рис. 1.3. Дуктилометр электромеханический

Длину нити в сантиметрах в момент ее разрыва, отмеченную на линейке указателем, принимают за показатель растяжимости. При определении растяжимости битума при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ можно устанавливать перегородку в середине ванны дуктилометра.

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

Испытывают три образца. За конечный результат принимают среднее арифметическое значение из 3-х определений.

Полученные данные записывают в табл. 1.4.

Результаты испытания

Показатель	Номер определения			Среднее значение
	1	2	3	
Растяжимость, см				

1.3.4. Определение температуры хрупкости битума

Температура перехода битума из упруго-пластичного состояния в хрупкое называется температурой хрупкости.

При температуре, ниже температуры хрупкости, изменяются структурно-механические свойства битума. При внешних нагрузках он деформируется и разрушается как твердое хрупкое тело. По температуре хрупкости оценивают трещиностойкость битума при низких температурах. По значениям температуры хрупкости и размягчения оценивают интервал пластичности битума. Температуру хрупкости определяют по ГОСТ 11507 «Битумы нефтяные. Метод определения хрупкости по Фраасу».

Материалы и средства испытания. Объединенная проба битума; прибор Фрааса (рис. 1.4); термометр ртутный стеклянный с длиной погружаемой части – 250–260 мм, диаметром – $(5 \pm 0,5)$ мм и ртутным цилиндрическим резервуаром длиной 15–20 мм с диапазоном измерения от минус 35 °С и ценой делений 1 °С или термопара; секундомер; устройство нагревательное; устройство для охлаждения или широкая пробирка, которая укрепляется при помощи пробирки в стакане; пластинка металлическая; весы лабораторные; пробирки; кальций хлористый; бензол или керосин осветительный; спирт этиловый; углекислота твердая (сухой лед); спички.

Испытание. Сущность метода состоит в циклическом изгибе слоя битума, нанесенного на стальную пластинку, и определения температуры, при которой на поверхности битума появятся трещины или образец ломается.

Испытания выполняют в такой последовательности. Подготавливают битум по п. 1.2, три стальные пластинки промывают бензолом или керосином и высушивают. На пластинки укладывают по

($0,40 \pm 0,01$) г битума, битум расплавляют, нагревая пластинки и наклоняя их в разные стороны, распределяют битум по их поверхности равномерным слоем.



Рис. 1.4. Прибор Фрааса

Пластинку укладывают горизонтально и удаляют пузырьки воздуха, перемещая горящую спичку над поверхностью битума, выдерживают в воздухе при комнатной температуре не менее 30 мин.

Затем пластинку вставляют в зажим прибора, чтобы слой битума располагался снаружи, и собирают устройство для охлаждения. Устройство для огибания пластинки вставляют в пробирку с хлористым кальцием, который служит для обезвоживания воздуха. Температура воздуха в пробирке к началу испытания должна быть не ниже $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Устанавливают термометр или термопару, чтобы ртутный резервуар или конец термопары находился на уровне середины стальной пластинки. Добавляя твердую углекислоту, понижают температуру в пробирке со скоростью $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ с погрешностью не более $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 минут.

Начиная примерно с 10 °С выше ожидаемой температуры хрупкости битума, при каждом понижении температуры на 1 °С пластинку с битумом полностью изгибают и разгибают вращением рукоятки со скоростью около 1 об/с при продолжительности одного цикла 20–24 с.

Испытание продолжают до появления первой трещины на поверхности битума. Для осмотра пластинки с битумом допускается кратковременно извлекать пробирку с битумом. Время с момента нанесения битумного покрытия до конца испытания не должно превышать 4 часа. Еще две пластинки выдерживают при температуре на 10 °С выше температуры, при которой появились трещины на первой пластинке. Если различие превышает 3 °С, то проводят третье определение.

За температуру хрупкости принимают среднее арифметическое значение результатов, полученных при испытании двух пластинок, округленных до целого числа с допуском расхождения данных параллельных определений, не превышающих 3 °С. Допускаемые точностные характеристики действительны до температуры минус 30 °С.

1.3.5. Определение индекса пенетрации

Температурная чувствительность битума характеризуется индексом пенетрации. Он отражает характер изменения вязкости битума.

Битум с индексом пенетрации менее минус 2 обладает более высокой погодоустойчивостью, температура размягчения его более низкая, а температура хрупкости более высокая.

Битум с индексом пенетрации более плюс 2 менее погодоустойчив.

Наиболее широко в дорожном строительстве применяются битумы с индексом пенетрации от минус 2 до плюс 2. Изменение температуры на эти битумы оказывает меньшее влияние, они имеют меньшую хрупкость. При низких температурах они сохраняют вязкоупругие свойства.

При определении индекса пенетрации устанавливают взаимосвязь между температурой размягчения битума и глубиной проникания иглы. Индекс пенетрации вычисляют в виде отвлеченного числа по формуле:

$$\text{ИП} = \frac{30}{1 + 50A}, \text{ где } A = \frac{2,9031 - \lg \Pi_{25}}{t_p - 25};$$

Π_{25} – глубина проникания иглы в битум при 25 °С, 0,1 мм;

t_p – температура размягчения битума, °С.

Индекс пенетрации можно определить также по приложению ГОСТ 22245.

1.3.6. Определение сцепления битума с минеральными материалами (адгезионные свойства)

Адгезией битума называют прочность его сцепления с поверхностью минеральных материалов.

По показателю адгезии оценивают активность битума, по которому прогнозируют водоустойчивость битумо-минеральных материалов.

Сцепление с минеральным материалом определяют по ГОСТ 11508 «Битумы нефтяные. Методы определения сцепления с мрамором и песком».

Сущность метода заключается в определении способности битума удерживаться на поверхности минерального материала при воздействии кипящей воды («пассивное» сцепление).

Материалы и средства испытания. Белый мрамор с содержанием CaCO_3 не менее 98 %, MgCO_3 не более 1,5 %, с количеством остатка, нерастворимого в соляной кислоте, не более 0,5 %, или кварцевый песок; объединенная проба битума; сушильный шкаф или термостат; чашки фарфоровые; химические стаканы вместимостью 250 мл; корзинка из металлической сетки № 025 или № 05 с проволочными дужками; сита с отверстиями 2 × 2 мм и 5 × 5 мм; ложка металлическая; часы; вода дистиллированная; бумага фильтровальная.

Испытание. Битум подготавливают по п. 1.2. При испытании жидких битумов с анионоактивными ПАВ определяют их сцепление с песком, полученным измельчением мрамора, с катионоактивными ПАВ – с кварцевым песком. Битумы без добавок испытываются с мрамором или с кварцевым песком.

Мрамор измельчают, просеивают через сита с отверстиями 5 и 2 мм и для испытания берут песок, оставшийся на сите с отверстиями 2 мм. Зерна с полированной поверхностью удаляют.

Мраморный или кварцевый пески промывают дистиллированной водой и сушат в сушильном шкафу при термостате при 105 °С, мраморный песок – 5 ч; кварцевый – 2 ч.

Затем приготавливают битумоминеральную смесь. В две фарфоровые чашки помещают по $(30 \pm 0,1)$ г мраморного или кварцевого песка и $(1,2 \pm 0,01)$ г битума. Выдерживают в термостате при 130–140 °С 20 мин, перемешивают металлической ложкой до полного обволакивания битумом и потом выдерживают смесь при комнатной температуре 20 мин.

В химический стакан прибора вместимостью 250 мл вливают дистиллированную воду и доводят ее до спокойного кипения.

В корзинку кладут примерно половину битумоминеральной смеси и помещают внутрь стакана на проволочных дужках, чтобы уровень воды над смесью был 40–50 мм. То же самое делают и с битумоминеральной смесью из второй чашки.

Сетку со смесью на вязких битумах выдерживают в кипящей воде 30 мин. Битум, всплывающий на поверхность воды, собирают фильтровальной бумагой.

После окончания кипячения корзинки со смесью переносят в стаканы с холодной водой и выдерживают 3–5 мин, после чего смесь укладывают на фильтровальную бумагу.

Качество сцепления битума с поверхностью мраморного или кварцевого песков оценивают после сравнения с изображениями контрольных образцов (эталонов), приведенных на рис. 1.5.

Битум выдержал испытание на «пассивное» сцепление с мраморным или кварцевым песком, если вид двух образцов после испытания не хуже контрольных образцов № 2. При сравнении образцов с эталоном № 1 на них не должно быть белых пятен.

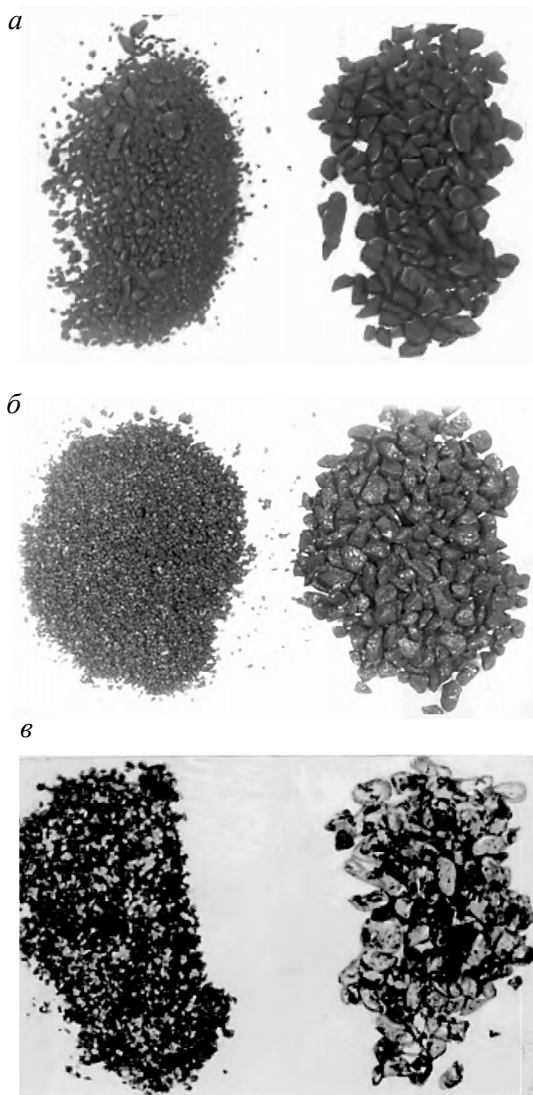


Рис. 1.5. Контрольные образцы битумоминеральных смесей (слева смесь с песком, а справа – с мрамором):
a – контрольный образец № 1 (полное покрытие поверхности минерального материала);
б – контрольный образец № 2 (не менее 3/4 покрытия поверхности минерального материала);
в – контрольный образец № 3 (менее 3/4 покрытия поверхности минерального материала)

1.3.8. Определение динамической вязкости битума

Динамическая вязкость представляет собой отношение прилагаемого напряжения сдвига к скорости сдвига.

Динамическую вязкость определяют с помощью вискозиметра Брукфильда (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Вискозиметр Брукфильда

Измерение вязкости осуществляется посредством пересчета крутящего момента, необходимого для вращения шпинделя прибора с постоянной скоростью при погружении его в исследуемую среду.

Принцип работы: шпиндель, погруженный в тестируемую жидкость, взаимодействует с откалиброванной пружиной. Из-за вязкости жидкости пружина изгибается. Этот изгиб измеряется с помощью датчика круговых перемещений.

Вискозиметр Брукфильда оснащен специально разработанным встроенным программным обеспечением, которое производит расчет динамической вязкости в зависимости от измеренного крутящего момента. Загрузка программы осуществляется автоматически при включении вискозиметра.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Какой материал называется битумом?
2. Какие способы производства битума существуют?
3. Приведите общую характеристику битумов.
4. Какие разновидности битумов существуют?
5. Какие требования к битумам существуют?
6. Каким образом определяется марка битума?
7. Чем обусловлена вязкость битума?
8. Как определяется растяжимость битума?
9. Для чего необходим дуктилометр?
10. Как изменяются свойства битумов в зависимости от температуры?
11. Как определяется температура размягчения битума?
12. Что такое температура хрупкости битума?
13. Каким требованиям должен отвечать битум, используемый для изготовления асфальтобетонных смесей?
14. Как определяются адгезионные свойства битума?
15. Каков химический состав битума?
16. Что обозначают буквы и цифры в марках материалов: БНД 60/90, БМА 100/130, БМП 150/200?
17. Каким образом осуществляется транспортировка битумов?
18. Какова химическая и атмосферная стойкость битума?
19. Где используются битумы при производстве строительных работ и при изготовлении строительных материалов?
20. Какими нормативными документами установлены требования к битуму?
21. Где в Республике Беларусь изготавливаются битумы?
22. Что служит сырьем для получения битума?

Лабораторная работа № 2

ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

2.1. Общие сведения о заполнителях

Заполнители для асфальтобетонов классифицируются по происхождению, крупности и форме зерен.

По происхождению они подразделяются на природные и искусственные. По крупности зерен они подразделяются на крупные и мелкие. К крупным относят щебень и гравий. К мелким – песок.

По форме зерен заполнители бывают угловатые и окатанные (округлые).

Щебень и гравий – минеральные сыпучие материалы. Щебень – дробленый материал и имеет угловатую (рваную) поверхность. Гравий имеет окатанную (округлую) форму.

Песок – минеральный сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм. Он подразделяется на природный, из отсевов дробления, дробленый и искусственный.

Природный песок образовался в результате естественного разрушения скальных горных пород. Его получают при разработке песчаных и песчано-гравийных месторождений. По условиям залегания бывает речной, морской и горный (овражный). По минералогическому составу – кварцевый, полевошпатовый, известняковый, доломитовый. Наибольшее применение находит кварцевый песок.

Песок из отсевов дробления получают при производстве щебня дроблением горных пород и из отходов обогащения руд черных, цветных металлов и неметаллических ископаемых других отраслей промышленности.

Может выпускаться дробленый песок, получаемый из скальных горных пород и гравия измельчением на специальном дробильно-размольном оборудовании. Однако он дорогой и может применяться только при отсутствии природного песка.

Искусственный песок получают из шлаков.

Пески могут разделяться на две и более фракций и могут обогащаться.

Республика Беларусь для асфальтобетонов выпускает и применяет высококачественный щебень. Реже применяется гравий.

Месторождений качественного природного песка недостаточно, поэтому необходимо повышать его качество путем использования различных мероприятий.

Из металлургических шлаков щебень и песок не изготавливается.

2.2. Щебень и гравий для асфальтобетонов

2.2.1. Приемка, отбор и подготовка проб щебня (гравия) для испытания

Приемку и поставку щебня (гравия) предприятие-изготовитель осуществляет партиями по ГОСТ 8267 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия», СТБ 1311 «Щебень кубовидный из плотных горных пород. Технические условия» или СТБ EN 12620 «Заполнители для бетона».

Отбор и подготовка проб для испытания выполняется по ГОСТ 8269.0 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний».

За партию принимают количество щебня или гравия одной фракции или их смесей, установленное договором и отгружаемое одновременно одному потребителю в одном железнодорожном составе, одном судне или автомобильном транспорте в течение суток. Масса одной партии кубовидного щебня не должна превышать 500 т.

При контрольной проверке получаемого щебня (гравия) берут объединенную пробу, составленную из точечных проб.

Количество точечных проб от каждой партии зависит от объема партии и составляет:

- 10 кг от партий объемом до 350 м³;
- 15 кг от партии объемом св. 350 до 700 м³;
- 20 кг от партии объемом св. 700 м³;

Масса точечной пробы должна быть не менее: 2,5 кг для щебня (гравия) с наибольшим номинальным размером зерен 10 мм и менее; 5 кг для щебня (гравия) с наибольшим номинальным размером зерен 20 мм и более.

При поставке щебня (гравия) в железнодорожных вагонах и их разгрузке ленточными конвейерами точечные пробы отбирают с конвейера через равные интервалы времени по 5 из каждого вагона.

Вагоны выбирают по указанию потребителя. Число вагонов определяют с учетом получения требуемого количества точечных проб. Если партия состоит из одного вагона, объединенную пробу получают из пяти точечных проб.

Если конвейерный транспорт не применяют, пробы берут непосредственно из вагонов – из центра и четырех углов на расстоянии не менее 0,5 метра от бортов. Поверхность щебня (гравия) выравнивают, в точках отбора делают лунки глубиной 0,2–0,4 м, из которых отбирают пробы совком, перемещая его вдоль стенки лунки снизу вверх.

При поставке щебня (гравия) автомобильным транспортом пробы отбирают при разгрузке автомобилей.

При применении ленточных конвейеров пробы отбирают из потока на конвейере по одной точечной пробе. Автомобили выбирают по указанию потребителя. Число автомобилей принимают в зависимости от необходимого количества точечных проб.

При количестве партии менее 10 автомобилей пробы отбирают из каждого автомобиля.

Если конвейерный транспорт при погрузке не применяют, тогда точечные пробы отбирают непосредственно из автомобилей из лунок глубиной 0,2–0,4 м из центра кузова, предварительно выровняв поверхность щебня (гравия).

Смешивая точечные пробы, получают объединенную пробу. Лабораторную пробу получают квартованием. При квартовании объединенную пробу разравнивают и делят взаимно перпендикулярными линиями, проходящими через центр, на четыре части. Две любые противоположные четверти опять смешивают и сокращают последовательном квартованием до необходимого количества.

Масса лабораторной пробы должна быть не менее 5 кг при наибольшей номинальной крупности D зерен щебня (гравия) D 10 мм, 10 кг – при D 20 мм, 20 кг – при D 40 мм, 40 кг при D свыше 40 мм, и не менее чем в два раза больше суммарной массы, необходимой для испытаний.

Определение свойств щебня (гравия) выполняют на навесках, взятых из лабораторной пробы (аналитических пробах).

Качество щебня предприятие-изготовитель оценивает испытаниями по ГОСТ 8269.0 и СТБ 1311 объединенной пробы, отобранной с каждой технологической линии при ежесуточном контроле и периодических испытаниях.

При контроле соответствия кубовидного щебня СТБ 1311 и СТБ 1033 определяют:

а) при приемочном контроле:

- зерновой состав;
- содержание пылевидных и глинистых частиц;
- содержание зерен слабых пород;
- содержание зерен пластинчатой и игловатой формы;
- сорт щебня;

б) при периодических испытаниях:

- один раз в 10 суток определяют насыпную плотность;
- один раз в квартал – прочность и истираемость;
- один раз в 6 месяцев – морозостойкость, среднюю плотность, стойкость к воздействию окружающей среды и химическому воздействию щелочей цемента, содержание вредных компонентов и примесей, а также значение удельной эффективной активности естественных радионуклидов.

При контроле соответствия щебня из плотных горных пород ГОСТ 8267 и СТБ 1033 определяют:

а) при приемочном контроле:

- зерновой состав;
- содержание пылевидных и глинистых частиц;
- содержание глины в комках;
- содержание зерен слабых пород;

б) при периодических испытаниях:

- один раз в 10 суток содержание зерен пластинчатой и игловатой формы и содержание дробленых зерен в щебне из гравия;
- один раз в квартал прочность, насыпную плотность, устойчивость структуры против распадов;
- один раз в год морозостойкость и классе щебня (гравия) по значению удельной эффективной активности естественных радионуклидов.

Прочность и морозостойкость щебня и гравия определяют также при изменении свойств разрабатываемой породы.

Потребитель может выполнять контрольную проверку качества щебня (гравия) на пробах, взятых от поставленных партий.

2.2.2. Технические требования к щебню и гравию

Для приготовления асфальтобетонных смесей следует применять:

- кубовидный щебень узких фракций по СТБ 1311;
- щебень и гравий из плотных пород по ГОСТ 8267;
- щебень из металлургических шлаков по ГОСТ 3344 «Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия»;
- крупные заполнители по СТБ EN 12620.

Кроме требований к щебню и гравию, регламентированными вышеприведенными стандартами, они должны соответствовать требованиям СТБ 1033.

Не допускается применение щебня из глинистых известняков, глинистых песчаников и глинистых сланцев.

Для плотных смесей I марки следует применять кубовидный щебень по СТБ 1311 круглых (квадратных) сит следующих фракций: от 2,5 (2) до 5 (4) мм; св. 5 (4) до 7,5 (6,3) мм; св. 5 (4) до 10 (8) мм; св. 7,5 (6,3) до 12,5 (10) мм; св. 10 (8) до 15 (12) мм; св. 12,5 (10) до 17,5 (14) мм; св. 15 (12) до 20 (16) мм.

Полные остатки при расसेве кубовидного щебня должны иметь значения, приведенные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Зерновой состав щебня кубовидного

Фракции щебня круглых сит, мм	Диаметр отверстия контрольного сита, мм				
	Более D	D	$0,5(d + D)$	d	Менее d
От 5 до 7,5	10	7,5	–	5	2,5
Св. 5 до 10	12,5	10	7,5	5	2,5
Св. 7,5 до 12,5	15	12,5	10	7,5	5
Св. 10 до 15	17,5	15	12,5	10	7,5
Св. 12,5 до 17,5	20	17,5	15	12,5	10
Св. 15 до 20	25	20	17,5	15	12,5
Полный остаток на сите, % по массе	Не допускается	До 10	От 30 до 80	От 90 до 100	От 95 до 100

В зависимости от содержания в щебне кубовидном зерен кубовидной, пластинчатой и игловатой формы, а также содержания пылевидных и глинистых частиц его классифицируют по сортам в соответствии с табл. 2.2. Мелкий щебень по сортам не классифицируют.

Таблица 2.2

Классификация щебня кубовидного по сортам

Сорт щебня кубовидного	Содержание зерен кубовидной формы, % по массе	Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, % по массе	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе
1	Св. 65 до 100 включ.	До 10 включ.	До 0,5 включ.
2	Св. 50 до 100 включ.	До 15 включ.	До 1,5 включ.

Для приготовления плотных смесей I марки для достижения индекса сопротивления пластическим деформациям асфальтобетона не менее 1,2 и индекса трещиностойкости не менее 0,6; плотных смесей II и III марок, для пористых и высокопористых смесей следует применять щебень или гравий из плотных горных пород по ГОСТ 8267 следующих фракций круглых сит: от 5 до 10 и от 3 до 10 мм; св. 10 до 15 мм; св. 10 до 20 мм; св. 5 до 20 мм; св. 15 до 20 мм; св. 20 до 40 мм.

Щебень в виде смеси фракций от 5 до 20 мм для горячих плотных смесей I марки не допускается.

При расसेве вышеприведенных фракций полные остатки на контрольных ситах должны соответствовать указанным в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Зерновой состав щебня (гравия)

Диаметры отверстий контрольных сит, мм	d	$0,5(d + D)$	D	$1,25 D$
Полные остатки на ситах, % по массе	От 90 до 100	От 30 до 60	До 10	До 0,5

Примечания:

1. Для щебня и гравия фракций от 5 (3) до 20 мм применяют дополнительно нижние сита 2,5 (1,25) мм, полный остаток на которых должен быть от 95 до 100 % по массе.

2. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготавливать щебень и гравий с полным остатком на сите $0,5(d + D)$ от 30 до 80 % по массе.

Содержание дробленых зерен в щебне из гравия должно быть не менее 80 % по массе. По согласованию изготовителя с потребителем допускается не менее 60 %.

По содержанию зерен пластинчатой и игловатой формы кубовидный щебень подразделяется на два сорта, их количество не должно превышать величин, приведенных в табл. 2.2.

По содержанию зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы щебень из плотных горных пород подразделяется на пять групп и должен соответствовать данным табл. 2.4.

Таблица 2.4

Группы щебня по содержанию пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен щебня из плотных горных пород

Группа щебня	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, % по массе
1	До 15 включ.
2	Св. 15 до 25
3	Св. 25 до 35
4	Св. 35 до 50
5	Св. 50 до 60

Для асфальтобетонных покрытий верхних слоев республиканских дорог, городских улиц, магистралей и аэродромов следует применять щебень с содержанием зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы не более следующих значений:

- для смесей типа А и С – до 15 %;
- типа Б – до 25 %;
- типа В – до 35 %.

2.3. Испытание минеральных материалов для асфальтобетонов

2.3.1. Определение зернового состава песка

Зерновой (гранулометрический) состав песка – важнейший показатель его качества, от которого зависит пустотность песка. Этот показатель отражает содержание в песке зерен разной крупности,

и для его определения пробу песка просеивают через набор стандартных сит. Зерновой состав песка необходимо знать для проектирования асфальтобетонной смеси наименьшей пустотности.

Кроме того, необходимо знать содержание пылевидных и глинистых частиц в песке, применяемом для приготовления асфальтобетонных смесей. Пылевидные и глинистые частицы имеют размеры не более 0,05 мм, по крупности они соизмеримы с частицами минерального порошка. Глинистые примеси покрывают поверхность зерен песка, ухудшая сцепление с нею вяжущего, что негативно сказывается на качестве асфальтобетонных смесей и асфальтобетона.

Материалы и средства испытания. Средняя проба песка, весы лабораторные, набор сит с круглыми отверстиями диаметром 10; 5; 2,5 и сетками № 1; 25; 063; 0315 и 016 (0,14), шкаф сушильный.

Испытание. Перед испытанием отбирают среднюю пробу массой 2000 г методом квартования.

Вначале согласно ГОСТ 8735 определяют возможное содержание в песке более крупных зерен гравия. Для этого пробу высушенного до постоянной массы песка просеивают через сита с отверстиями диаметром 10 и 5 мм. Остатки на указанных ситах взвешивают и вычисляют содержание в песке фракций гравия с размером зерен от 5 до 10 мм и свыше 10 мм в % по массе по формулам:

$$Г_{p_{10}} = \frac{M_{10}}{M} \cdot 100;$$

$$Г_{p_5} = \frac{M_5}{M} \cdot 100,$$

где M_{10} и M_5 – остаток на сите с отверстиями диаметром 10 и 5 мм соответственно, г;

M – масса пробы, 2000 г.

Затем от пробы песка, прошедшего сквозь сито с отверстиями 5 мм, отбирают навеску массой 1000 г и просеивают ее через набор лабораторных контрольных сит с размерами отверстий последовательно (сверху вниз) 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16 мм. Под набором сит располагается поддон, в который попадают частицы мельче 0,16 мм.

После просеивания, которое считают законченным по признакам, указанным в ГОСТ 8735, остатки песка на каждом сите и поддоне взвешивают. Эти остатки *называются частными* и обозначаются $a_{2,5}$, $a_{1,25}$ и т. д. (индекс обозначает размер отверстий сит). Затем вычисляют *полные остатки* – количество песка (в граммах и в процентах от массы навески), которое осталось бы на данном сите, если бы всю навеску песка просеивали только на нем, без других сит. Естественно, что полный остаток на данном сите можно подсчитать, суммируя частные остатки на этом сите и всех ситах с более крупными отверстиями.

Частный остаток на каждом сите (a_i) в % вычисляют по формуле:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100,$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г;

m – масса просеиваемой навески, г.

Полный остаток на каждом сите A_i в % вычисляют по формуле

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i,$$

где a_i – частные остатки на соответствующих ситах.

Характеристикой зернового состава песка является модуль крупности, подсчитываемый по формуле

$$M_K = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}.$$

По величине модуля крупности и полному остатку на сите с отверстиями размером 0,63 мм *определяют принадлежность испытанного песка* к той или иной *группе по крупности*, а также *область его использования* в бетонах определенной прочности.

Результаты определения гранулометрического состава песка заносят в табл. 2.5 и строят кривую гранулометрического состава, которая будет использована при проектировании состава асфальтобетонной смеси.

Таблица 2.5

Зерновой состав песка

Размер отверстий сит, мм	Частные остатки на ситах		Полные остатки на ситах A_i , %
	m_i , г	a_i , %	
2,5			
1,25			
0,63			
0,315			
0,16			
Меньше 0,16			
Сумма			

Количество пылеватых и глинистых частиц может быть определено пипеточным методом, методом мокрого просеивания или фотозлектрическим методом в зависимости от наличия оборудования.

2.3.2. Определение насыпной плотности песка в стандартном неуплотненном состоянии

Насыпной плотностью ρ_n называют отношение массы сыпучего порошкообразного материала к занимаемому им объему V , включая пустоты между частицами.

Материалы и средства испытания. Средняя проба песка, весы лабораторные, сосуды мерные цилиндрические металлические, шкаф сушильный, линейка металлическая, сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм.

Испытание. Насыпную плотность песка определяют в стандартном неуплотненном состоянии, засыпая песок с избытком с высоты 10 см от верхнего края в предварительно взвешенный стандартный мерный сосуд. Избыток срезают металлической линейкой вровень с краями сосуда, причем сосуд при этом должен стоять неподвижно во избежание уплотнения песка. После этого сосуд с песком взвешивают. Испытание повторяют дважды.

Насыпная плотность песка является важной его характеристикой, зависящей от зернового состава. *Пески, соответствующие требованиям стандарта по зерновому составу, тяжелее песков, не со-*

ответствующих требованиям. Чем больше насыпная плотность, тем больше песка вмещается в заданный объем, следовательно, тем меньше объем пустот между частицами песка, а значит, пустотность асфальтобетонной смеси будет меньше.

Насыпную плотность вычисляют в кг/м³, по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V},$$

где m – масса мерного цилиндрического металлического сосуда, кг;

m_1 – масса мерного цилиндрического сосуда с песком, кг;

V – вместимость сосуда, м³.

Результаты испытаний заносятся в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Определение насыпной плотности песка

Определение	Номер испытания	
	1	2
Вместимость мерного сосуда V , м ³		
Масса сосуда m , кг		
Масса сосуда с песком m_1 , кг		
Масса песка, кг		
Насыпная плотность ρ_n , кг/м ³		
Среднее арифметическое значение ρ_n		

2.3.3. Определение истинной плотности песка и пустотности

Истинная плотность песков (плотность зерен) зависит от их пористости и минералогического состава и обычно находится в пределах 2,0–2,8 г/см³. Ускоренный метод определения истинной плотности песка предусматривает использование прибора Ле-Шателье, изображенный на рис. 2.1, и представляет собой специальную колбу с рисками, между которыми заключен определенный объем.



Рис. 2.1. Прибор Ле-Шателье

Материалы и средства испытания. Прибор Ле-Шателье, весы настольные, шкаф сушильный, песок кварцевый, сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм, стаканчик для взвешивания.

Испытание. Прибор Ле-Шателье заполняют водой до нижней риски, причем уровень воды определяют по нижнему мениску, затем медленно всыпают песок из предварительно взвешенной навески массой 100 г до тех пор, пока уровень воды в приборе не поднимется до верхней риски. Определяют массу оставшегося песка. Массу песка в приборе определяют как разницу массы первоначальной навески и массы остатка.

Истинную плотность, г/см³ вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m - m_1}{V},$$

где m – масса взятой для испытания навески песка, г;

m_1 – масса остатка песка после испытания, г;

V – объем воды, вытесненной песком, т. е. высушенных зерен песка, см³ (мл).

Пустотность песка, или объем межзерновых пустот $V_{\text{м.п.}}$ в процентах можно рассчитать, зная его насыпную плотность $\rho_{\text{н}}$, кг/м³ и истинную плотность песка ρ , кг/м³:

$$V_{\text{пуст}} = \left(1 - \frac{\rho_{\text{н}}}{\rho}\right) \cdot 100.$$

2.3.4. Определение насыпной плотности крупных заполнителей

Насыпной плотностью заполнителя называется отношение его массы ко всему занимаемому объему, включая межзерновую пустотность.

Насыпная плотность является важной характеристикой заполнителей, особенно пористых, основная маркировка которых производится по этому показателю. Знание насыпной плотности необходимо для расчета массовой доли заполнителя, если известен его объем. При определении вместимости складских помещений, бункеров, исходя из требуемой массы заполнителя, при расчете состава бетона, дозирования заполнителей также необходимо знать эту характеристику.

Насыпную плотность находят путем определения массы заполнителя данной фракции, высушенного до постоянной массы, в мерном сосуде.

Следует иметь в виду, что результат определения насыпной плотности заполнителя зависит от вместимости и формы мерного сосуда, от соотношения размеров сосуда и зерен заполнителя. При данной крупности зерен, чем меньше размеры сосуда, тем относительно меньшей будет степень заполнения его объема зернистым материалом. Поэтому действующие нормы предусматривают использование стандартных мерных цилиндрических сосудов различной вместимости для заполнителей разной крупности. При определении насыпной плотности природного гравия или щебня с наибольшей крупностью зерен 10 мм ГОСТ 8269.0 п. 4.17 предусматривает использование мерного сосуда вместимостью 5 л, с наибольшей крупностью 20 мм – 10 л, 40 мм – 20 л. Для пористых заполнителей крупностью до 10 мм согласно ГОСТ 9758 вместимость сосуда – 2 л, 20 мм – 5 л, 40 мм – 10 л. Во всех случаях мерные цилиндры имеют высоту, равную диаметру.

Материалы и средства испытания. Проба крупного заполнителя, весы настольные циферблатные, шкаф сушильный, цилиндры мерные вместимостью 5, 10, 20, 50 л.

Испытание. Насыпную плотность крупного заполнителя определяют следующим образом. Высушенный до постоянной массы заполнитель насыпают с высоты 10 см в предварительно взвешенный мерный цилиндр до образования над верхом сосуда конуса. Затем, не сдвигая цилиндр (во избежание уплотнения заполнителя), стальной линейкой движением к себе и от себя или от середины влево и вправо срезают конус и определяют массу цилиндра с заполнителем.

Насыпную плотность заполнителя в кг/м³ вычисляют с точностью до 10 кг/м³ по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V},$$

где m_2 – масса мерного цилиндра с заполнителем, кг;

m_1 – масса мерного цилиндра, кг;

V – вместимость мерного цилиндра, м³.

Насыпную плотность определяют два раза, при этом берут каждый раз новую порцию заполнителя.

За результат принимают среднее арифметическое значение двух параллельных испытаний.

Результаты испытаний крупных заполнителей заносят в табл. 2.7 и сравнивают между собой по насыпной плотности.

Таблица 2.7

Результаты определения насыпной плотности
крупных заполнителей

Определения	Гравий природный	Щебень гранитный
Фракция, мм		
Вместимость мерного цилиндра V , л		
Масса мерного цилиндра m_1 , кг		
Масса мерного цилиндра с заполнителем m_2 , кг		
Насыпная плотность заполнителя ρ_n , кг/м ³		

2.3.5. Определение плотности зерен крупного заполнителя

Средняя плотность зерен заполнителя представляет собой отношение массы пробы сухого щебня или гравия к суммарному объему его зерен.

Материалы и средства испытания. Пробы крупного заполнителя, весы настольные, весы с приспособлением для гидростатического взвешивания, шкаф сушильный, сосуд для насыщения заполнителя, сита из стандартного набора, щетка металлическая.

Испытание. Среднюю плотность зерен заполнителя определяют методом гидростатического взвешивания.

Метод гидростатического взвешивания основан на использовании закона Архимеда: на тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вверх и равная массе вытесненной им жидкости. Чтобы определить выталкивающую силу, определяют массу зерен на воздухе m_1 и в жидкости m_2 ; разность этих масс дает значение выталкивающего усилия. Зная плотность жидкости, по выталкивающему усилию можно вычислить объем вытесненной образцом жидкости, т. е. объем зерен заполнителя. Так как плотность воды равна 1 г/см^3 , при определении массы в воде значение выталкивающей силы в г численно равно значению объема зерен в см^3 .

Пробы крупного заполнителя массой в 1000 г высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу.

Затем пробы заполнителей насыщают водой, опуская их в воду комнатной температуры на 2 ч для того, чтобы в процессе гидростатического взвешивания исключить проникание воды в поры заполнителей. Поскольку этот процесс длительный, для ускорения лабораторной работы студентам предлагаются *заранее приготовленные пробы заполнителей*, со значением массы в сухом состоянии и затем насыщенные водой. Насыщенные водой заполнители вынимают из воды, удаляют влагу с их поверхности мягкой влажной тканью, определяют массу на технических весах, а затем на гидростатических, помещая заполнители в сетчатый (перфорированный) стакан, погруженный в воду, и определяют массу гирь, уравновешивающих зерна в воде. При гидростатическом взвешивании пористых заполнителей, если они даже и в насыщенном водой состоянии легче воды, может случиться, что результат определения массы m_2 (масса пробы

в воде) окажется отрицательным, заполнитель потянет рычаг весов не вниз, а вверх. В этом случае в расчетную формулу следует подставить m_2 со знаком минус, т. е. абсолютные значения m_1 и m_2 сложить.

Среднюю плотность зерен заполнителя в г/см³ или кг/м³ вычисляют по формуле:

$$\rho_3 = \frac{m \cdot \rho_B}{m_1 - m_2},$$

где m – масса пробы заполнителя в сухом состоянии, кг;

m_1 – масса пробы заполнителя в водонасыщенном состоянии (результат взвешивания на воздухе), кг;

m_2 – результат взвешивания той же пробы в воде, т. е. масса гирь, уравнивающих массу зерен в воде, кг;

ρ_B – плотность воды, принимая равной 1 г/см³ (1000 кг/м³).

Плотность зерен заполнителя вычисляют 2 и заносят в табл. 2.8.

Справочные данные: средняя плотность зерен плотных заполнителей от 2,0 до 3,0 г/см³.

Таблица 2.8

Результаты определения плотности зерен заполнителей

Определения	Гравий природный	Щебень гранитный
Масса пробы сухого заполнителя m , г		
То же, насыщенного водой m_1 , г		
Результат взвешивания в воде (насыщенного водой заполнителя) путем гидростатического взвешивания m_2 , г		
Суммарный объем зерен пробы заполнителя $(m_1 - m_2)$, см ³		
Средняя плотность зерен заполнителя в сухом состоянии ρ_3 , г/см ³		
То же, кг/м ³		

2.3.6. Расчет структурных характеристик крупных заполнителей

Зная насыпную плотность ρ_n и среднюю плотность зерен ρ_3 , можно для каждого из испытанных заполнителей рассчитать межзерновую пустотность в процентах по формуле:

$$V_{\Pi} = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_3} \right) \cdot 100,$$

Проделав этот расчет, следует сравнить пустотность гравия и щебня. Как правило, *пустотность щебня больше*, и это связано с формой его зерен. Взаимная укладка угловатых зерен щебня оказывается менее компактной, чем округлых зерен гравия.

Повышенная пустотность щебня – фактор негативный.

Водопоглощение по массе, %:

$$B_m = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100,$$

Водопоглощение по объему, %:

$$B_V = B_m \cdot \frac{\rho_3}{\rho_n} = \frac{m_1 - m}{m_1 - m_2} \cdot 100,$$

где m – масса пробы заполнителя в сухом состоянии, кг;

m_1 – масса пробы заполнителя в водонасыщенном состоянии (результат взвешивания на воздухе), кг;

m_2 – результат взвешивания той же пробы в воде, т. е. масса гирь, уравновешивающих массу зерен в воде, кг;

Пористость зерен заполнителей в процентах определяется расчетным путем по формуле:

$$\Pi_3 = \left(1 - \frac{\rho_3}{\rho_n} \right) \cdot 100.$$

Определение плотности вещества (истинной плотности) производится после истирания материала в тонкий порошок с последующим определением объема жидкости, вытесняемой навеской порошка.

Дальнейший анализ экспериментальных данных позволяет оценить пористость зерен заполнителей качественно.

Коэффициент насыщения пор K_H показывает, какая часть общей пористости зерен заполнителя открыта и в данных условиях доступна заполнению водой.

$$K_H = \frac{B_V}{\Pi_3}$$

Результаты определения структурных и гидрофизических характеристик заносят в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Структурные и гидрофизические характеристики
крупных заполнителей

Определения	Гравий из горных пород (природный)	Щебень из горных пород (гранитный)
Насыпная плотность ρ_n , кг/м ³		
Средняя пустотность зерен ρ_3 , кг/м ³		
Пустотность (межзерновая пустотность) V_n , %		
Масса пробы заполнителя в сухом состоянии m		
То же, в водонасыщенном состоянии m_1 , г		
Водопоглощение по массе B_m , %		
То же по объему B_v , %		
Плотность вещества (истинная плотность) ρ_n , кг/м ³		
Пористость зерен Π_3 , %		
Коэффициент насыщения пор водой K_H , отн. ед.		

2.3.7. Определение дробимости природного гравия и гранитного щебня

Дробимость является косвенной характеристикой средней прочности крупных заполнителей. Прочность заполнителя характеризуется маркой, определяемой по дробимости заполнителей (по степени разрушения зерен), при сдавливании (сжатию) в стандартном цилиндре. Марка заполнителя по дробимости соответствует допустимой величине потери массы при просеивании на контрольном сите.

Материалы и средства испытания. Пробы крупного заполнителя, пресс гидравлический с максимальным усилием 500 кН (50 тс), цилиндры стальные с внутренним диаметром 75 и 150 мм со съёмным дном и плунжером (рис. 2.2), весы настольные лабораторные, сита из стандартного набора, шкаф сушильный, сосуд для насыщения щебня (гравия) водой.

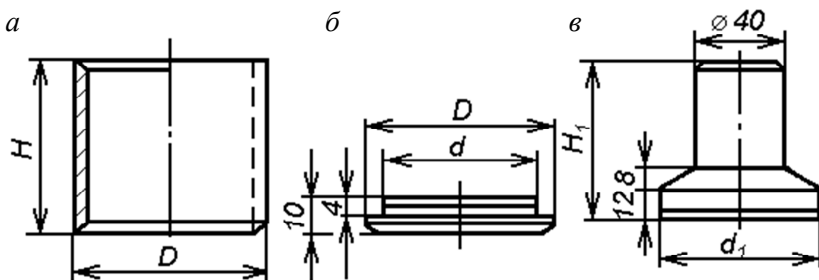


Рис. 2.2. Стальной цилиндр (а) и съёмное дно (б) и плунжер (в)

Испытание. В стальной цилиндр с внутренним диаметром и высотой 150 мм с высоты 50 мм засыпают пробу заполнителя так, чтобы верхний его уровень примерно на 15 мм не доходил до верхнего края цилиндра. Затем в цилиндр вставляют плунжер (пуансон) и на гидравлическом прессе передают на заполнитель через плунжер (пуансон) сжимающее усилие 200 кН (20 тс). Скорость возрастания усилия нажатия пресса должна составлять 1–2 кН в секунду.

После сжатия пробы заполнителя указанным усилием пресс выключают, пробу высыпают из цилиндра в предварительно взвешенный сосуд и взвешивают. Затем ее просеивают через сито с размером

отверстий, в четыре раза меньшим, чем наименьший номинальный размер испытуемой фракции заполнителя. Для фракции 10–20 мм предусмотрено сито с размером отверстий 2,5 мм.

После просеивания определяют массу остатка заполнителя на сите.

Дробимость (показатель дробимости) в процентах вычисляют по формуле:

$$Др = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100,$$

где m – масса пробы заполнителя, г;

m_1 – масса остатка на контрольном сите после отсеивания раздробленных в цилиндре частиц заполнителей, г.

По результатам заполняют табл. 2.10.

Таблица 2.10

Результаты испытаний на дробимость крупных заполнителей

Определения	Гравий природный	Щебень
Фракция, мм		
Размер отверстий контрольного сита, мм		
Усилие на плунжер, кН		
Масса пробы, г		
Масса остатка на контрольном сите m_1 , г		
Масса отсеянных зерен, г		
Показатель дробимости Др, %		
Марка гравия (щебня)		
Соответствующая марке прочность при сжатии заполнителей из горных пород, МПа		

В ходе лабораторной работы необходимо исследовать заполнители для асфальтобетонов, определить их характеристики и возможности применения для приготовления асфальтобетонных смесей.

Контрольные вопросы для защиты лабораторной работы

1. Как рассчитывают модуль крупности песка?
2. Насыпная плотность какого песка больше: удовлетворяющего требованиям стандарта по зерновому составу или не удовлетворяющего? Почему?
3. Насыпная плотность какого песка больше: сухого или влажного? Почему?
4. Какие виды вредных примесей определяют в песке?
5. Почему вредно содержание в песке пылевидных и глинистых примесей?
6. Как определяется содержание в песке пылевидных и глинистых примесей?
7. Какой минерал преобладает в песке? Каковы его основные свойства?
8. Каковы форма зерен песка и характер поверхности? Какое это имеет значение при использовании песка в бетоне?
9. Как определить истинную плотность (плотность зерен) песка?
10. Чем ограничивается верхний предел крупности заполнителей?
11. Что выражает обозначение марки гравия из горных пород?
12. Что выражает обозначение марки щебня из плотных горных пород?
13. Как определяется дробимость крупного заполнителя?
14. Как по стандарту определяется прочность пористых заполнителей для легкого бетона?
15. По каким показателям оценивают качество крупного заполнителя для бетонов?
16. Какие способы улучшения зернового состава песка существуют?
17. Где в Беларуси производят щебень?
18. Почему в асфальтобетоне ограничивается содержание лешадки?
19. Что лучше для приготовления асфальтобетонных смесей: щебень или гравий?

Лабораторная работа № 3

ИСПЫТАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА

3.1. Общие сведения, классификация и технические требования

Минеральный порошок в асфальтобетоне является структурной составляющей и совместно с битумом образует асфальтовое вяжущее вещество, которое повышает качество асфальтобетона. Минеральный порошок получают из карбонатных и некарбонатных горных пород, а также из твердых и порошкообразных побочных продуктов промышленности: пыли-уноса цементных заводов, золы-уноса ТЭС и др.

Минеральный порошок из карбонатных горных пород получают измельчением известняков доломитов, доломитизированных известняков.

Порошки бывают неактивированными и активированными. Активированные порошки получают введением в горную породу перед ее измельчением активирующей смеси из битума и поверхностно-активного вещества (ПАВ) или продукта, содержащего ПАВ, битуминозных пород, в том числе горючих сланцев. Активирование порошков повышает качество асфальтобетонов и экономит битум.

В зависимости от свойств исходных материалов, применяемых для изготовления, порошки подразделяются на марки:

МП-1 – порошки неактивированные и активированные из осадочных (карбонатных) горных пород и порошки из битуминозных пород;

МП-2 – порошки из некарбонатных горных пород, твердых и порошковых отходов промышленного производства;

Порошки должны соответствовать требованиям ГОСТ 16557 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия». Они приведены в табл. 3.1.

Порошки активированные должны быть гидрофобными.

Горные породы и побочные продукты промышленного производства, применяемые для изготовления порошков, должны иметь суммарную $A_{эфф}$ не более 740 Бк/кг при строительстве дорог и аэродромов в пределах территорий населенных пунктов и зон перспективной застройки и $A_{эфф}$ до 1500 Бк/кг для дорог вне населенных пунктов.

Таблица 3.1

Технические требования к минеральным порошкам

Показатель	Значение показателя для порошка марки		
	МП-1		МП-2
	Неактивированный	Активированный	
1. Зерновой состав, % по массе, не менее, мм: мельче 1,25 мельче 0,315 мельче 0,071	100 90 70–80	100 90 80	95 80–95 60
2. Пористость, % по объему, не более	35	30	40
3. Набухание образцов из смеси порошка с битумом, % по объему, не более	2,5	1,8	3,0
4. Водостойкость образца из смеси порошка с битумом, % не более	Не нормируется		0,7
5. Показатель битумоемкости г, не более	Не нормируется		80
6. Влажность, % по массе, не более	1,0	Не нормируется	2,5

Содержание полуторных окислов (Al_2O_3 и Fe_2O_3) в исходных сырьевых материалах не должно превышать 7 % по массе для активированных порошков и 1,7 % – для неактивированных.

Содержание P_2O_5 фосфорсодержащих побочных продуктах промышленного производства, применяемых для изготовления порошков, не должно превышать 2 % по массе.

Потери при прокаливании в минеральных побочных продуктах промышленного производства (например, золах-уноса и золошлаковых смесях ТЭС) не должны превышать 20 % по массе.

В состав активированных порошков вводят анионные ПАВ типа высших карбоновых кислот (госсиполовая смола, жировой гудрон, окисленный петролатум, синтетические жирные кислоты и др.); катионные ПАВ типа аминов, диаминов и их производных, нефтяной дорожный битум.

3.2. Приемка, отбор проб и их подготовка к испытанию

Минеральный порошок принимается и поставляется партиями. Партией считается сменная выработка предприятия-изготовителя на одной технологической линии, но не более 200 т.

При отгрузке порошка автомобильным транспортом партией считается количество порошка, отгружаемое потребителю за одни сутки; при отгрузке железнодорожным транспортом – отгружаемое потребителю в одном железнодорожном составе.

Для текущего контроля отбирается объединенная проба, которую составляют не менее чем из четырех точечных проб, отобранных из расходного бункера, или непосредственно с технологической линии через 30 мин после начала выпуска и далее через каждый час в течение смены. Масса точечной пробы при интервале отбора 1 ч должна быть не менее 500 г. При увеличении интервала отбора точечных проб (зависит от производительности технологического оборудования) до 2 ч масса пробы увеличивается в 2 раза, при интервале 3 ч – в 4 раза.

Объединенную пробу перемешивают и уменьшают квартованием до величины лабораторной пробы – массой не менее 1 кг для приемочного контроля и не менее 3 кг для периодического контроля.

Квартование выполняют следующим образом. Порошок насыпают ровным слоем на бумагу и делят на четыре части ножом или линейкой. Две противоположные четверти отбрасывают и оставшиеся опять перемешивают и делят на четыре части.

Лабораторную пробу неактивированного порошка высушивают до постоянной массы 5 часов примерно при $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры. Активированный порошок обычно не сушат.

Навески для конкретных испытаний отбирают из лабораторной пробы также методом квартования.

Предприятие-изготовитель при приемочном контроле минерального порошка определяют зерновой состав, гидрофобность (для активированного порошка) и влажность.

Периодический контроль осуществляют не реже одного раза в месяц и при каждом изменении состава исходных материалов по следующим показателям: пористость, набухание образцов из смеси порошка с битумом, показатель битумоемкости (для порошка МП-2),

водостойкость образцов из смеси порошка с битумом (для порошка марки МП-2).

Удельную эффективную активность естественных радионуклидов $A_{эфф}$ принимают по $A_{эфф}$ исходных минеральных материалов, которая должна представляться не реже 1 раза в год.

Потребитель имеет право контролировать качество поставляемого порошка. Объединенную пробу, характеризующую контролируемую партию, массой не менее 7 кг составляют из точечных проб, отбираемых из каждого автомобиля, при поставке порошка автомобильным транспортом, и по пять точечных проб при разгрузке каждого вагона через равные интервалы времени, при выборе вагона методом случайного отбора.

3.3. Испытания минерального порошка

Испытание минерального порошка выполняют по ГОСТ 16557.

3.3.1. Определение зернового состава минерального порошка

Зерновой состав характеризует степень измельчения минерального порошка, которая, в свою очередь, обуславливает его структурирующую способность.

Определяют зерновой состав порошков методами сухого или мокрого отсева на ситах.

Материалы и средства испытания. Набор сит с сетками: 1,25; 0,63; 0,315; 0,14; 0,071 мм, весы технические с разновесами, фарфоровая чашка диаметром 10–20 см, пестик с резиновым наконечником, сушильный шкаф, сосуд, вместимостью 6–10 л (таз, ведро, кастрюля и т. п.), колба, вместимостью не менее 1000 мл, эксикатор, смачиватель – моющее средство, вазелин.

Испытание. Определение зернового состава минерального порошка может осуществляться мокрым и сухим способом.

Мокрый способ определения зернового состава порошка

Из средней пробы минерального порошка массой 1 кг отбирают две навески по 100 г.

Пробу неактивированного минерального порошка высушивают при температуре 105–110 °С в течение 5 ч, после чего охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры. Активированный минеральный порошок используют обычно в воздушно-сухом состоянии. При необходимости его высушивают при температуре (60±2) °С. При определении зернового состава активированного минерального порошка готовят смесь со смачивателем. В колбу наливают 1000 мл (1 л) воды и добавляют к ней смачиватель: жидкий – 15 г; порошкообразный – 3 г; пастообразный (растворенный в воде в соотношении 1:1) – 10 г (120 капель). Смесь тщательно перемешивают до полного растворения смачивателя. Его вводят для улучшения смачивания водой поверхности частиц активированного минерального порошка. Носик фарфоровой чашки смазывают вазелином. Пробу минерального порошка всыпают в фарфоровую чашку, вливают в нее примерно 20 мл воды и растирают пестиком с резиновым наконечником в течение 2–3 мин. Затем воду со взвешенными в ней частицами сливают на сито с сеткой 0,071, которое устанавливают над сосудом. Оставшиеся в чашке частицы вновь заливают водой и повторяют описанные операции.

Работу заканчивают, когда вода после очередного растирания частиц останется прозрачной. Растирание и промывание минерального порошка непосредственно на сите не допускается. Оставшиеся на сите минеральные частицы (крупнее 0,071 мм) переносят в фарфоровую чашку (добавляют к оставшимся частицам). Чашку помещают в сушильный шкаф (при температуре 105–110 °С) и высушивают ее содержимое до постоянной массы. После охлаждения в эксикаторе до комнатной температуры порошок из чашки просеивают последовательно через сита с размером отверстий 1,25; 0,63; 0,315; 0,14; 0,017 мм. Просеивание заканчивают, когда после интенсивного встряхивания сита в течение 1 мин над чистым листом бумаги через сита № 1,25; 0,63 проходят не более 0,05 г, а через сита 0,135; 0,14 и 0,071 – не более 0,02 г частиц минерального порошка. Остатки на каждом сите взвешивают и определяют содержание частиц данной фракции (в процентах по массе – частные остатки) с точностью 0,1 %. Массовую долю частиц мельче 0,071 мм определяют вычитанием из 100 % суммы частных остатков на всех ситах.

Сухой способ определения зернового состава порошка

Сухую навеску порошка (100 г) просеивают через сита, указанные выше. Просеивание заканчивают, если после интенсивного встряхивания в течение 1 мин над листом чистой бумаги через него проходит не более 50 мг порошка.

За искомый показатель принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Расхождение значений показателя, полученного при просеивании на каждом сите, не должно превышать 2 % от массы взятой пробы, а потери массы навески при расसेве минерального порошка – 2 %.

Результаты испытаний заносят в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Определение зернового состава минерального порошка

Показатель	Значение показателя				Среднее значение показателя, %
	в граммах	в % от массы пробы	в граммах	в % от массы пробы	
	1-е определение		2-е определение		
Масса пробы, г	100	100	100	100	
Частный остаток на сите с размером отверстий, мм:					
1,25					
0,63					
0,315					
0,14					
0,071					
менее 0,071					

3.3.2. Определение гидрофобности активированного минерального порошка

Гидрофобизированный минеральный порошок не должен смачиваться водой. Он сохраняет высокие технологические свойства в течение длительного времени хранения (не агрегируется и не комкуется).

Материалы и средства испытания. Весы технические, стакан химический, вместимостью 500–800 см³, шпатель фарфоровый, дистиллированная вода, активированный порошок.

Испытание. Химический стакан заполняют дистиллированной водой (на 5 см ниже края). Навеску порошка массой 2 г ссыпают на поверхность воды со шпателя, слегка постукивая им о край стакана. Порошок считается гидрофобным, если через 24 ч проба не оседет на дно стакана.

Гидрофобность минерального порошка может быть определена ускоренным методом ХАДИ по длительности плавления порошка на поверхности кипящей дистиллированной воды. Пробу порошка массой 0,4 г в сухом состоянии ссыпают со шпателя на поверхность кипящей воды и включают секундомер. Степень гидрофобности активированного минерального порошка должна быть не ниже 240 с.

3.3.3. Определение истинной плотности минерального порошка

Знание истинной плотности минерального порошка необходимо для последующего определения его пористости и проектирования состава асфальтобетона.

Материалы и средства испытания. Пикнометры вместимостью 100 мл, мерные колбы вместимостью 250 мл, весы технические, сушильный шкаф, песчаная баня, эксикатор, фарфоровая чашка, сито с сетками 1,25 и 0,14 мм.

Испытание. Среднюю пробу минерального порошка массой 200 г просеивают через сито с отверстиями 1,25 мм, высушивают при температуре 105–110 °С до постоянной массы около (4–5 ч) и охлаждают в эксикаторе (над безводным хлористым кальцием CaCl₂) до комнатной температуры. Из подготовленной пробы отбирают, используя аналитические весы, две навески по 10 г (при работе с пикнометрами) или, используя технические весы, две навески по 70 г (при работе с мерными колбами). Навеску порошка засыпают в предварительно взвешенный пикнометр (мерную колбу) и заливают очищенным керосином (сосуд должен быть заполнен на 2/3). Пикнометр (колбу) помещают в вакуум-прибор и выдерживают в нем в течение 1 ч при остаточном давлении не более 150 мм рт. ст., затем заполняют керосином до черты на шейке колбы или пикнометра (по низу

мениска) и определяют массу. Если уровень керосина понизился, его снова доливают до черты и определяют массу пикнометра (колбы).

Истинную плотность порошка $\rho_{п.и}$ вычисляют по формуле:

$$\rho_{п.и.} = \frac{m_1 \cdot \rho_k}{m_1 + m_2 - m_3},$$

где m_1 – масса навески сухого минерального порошка, г;

ρ_k – плотность керосина при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, г/см³;

m_2 – масса пикнометра с керосином при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, г;

m_3 – масса пикнометра с минеральным порошком и керосином, г.

Плотность определяют как среднее арифметическое из результатов двух параллельных определений, расхождение между ними не должно превышать 0,02 г/см³.

Плотность керосина ρ_k вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ по формуле:

$$\rho_k = \frac{m_2 - m_4}{V},$$

где m_2 – масса пикнометра, заполненного керосином до черты, г.

m_4 – масса порожнего пикнометра, г.

V – объем пикнометра до черты на шейке, см³.

Результаты заносятся в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Результаты определения истинной плотности минерального порошка

Показатель	Значение показателя в определении		Среднее значение показателя
	1	2	
Масса сухого минерального порошка m_1 , г			
Масса пикнометра, заполненного до черты керосином m_2 , г			
Плотность керосина ρ_k , г/см ³			
Масса пикнометра с минеральным порошком и керосином m_3 , г			
Истинная плотность минерального порошка $\rho_{п.и.}$, г/см ³			
Масса порожнего пикнометра m_4 , г			

3.3.4. Определение средней плотности минерального порошка

Средняя плотность порошка $\rho_{п.о.}$ необходима для определения его пористости.

Материалы и средства испытания. Форма с поддоном, гидравлический пресс, весы технические, эмалированный противень размером 25×40 см (или чистый лист бумаги), мягкая кисть, сито с сеткой 1,25 мм, сушильный шкаф, фарфоровая ступка, эксикатор, минеральный порошок (1000 г).

Испытание. Пробу минерального порошка массой 1 кг помещают в фарфоровую ступку, растирают для измельчения комков, после чего просеивают через сито с отверстиями 1,25 мм.

Порошок порциями по 60–80 г переносят в предварительно собранную разъемную форму, установленную на металлическом поддоне. Порошок равномерно распределяют в форме и штыкуют ножом, заполняя ее на 15–20 мм ниже верхнего края, и слегка прижимают вкладышем.

Заполненную форму вместе с поддоном помещают на нижнюю плиту прессы для уплотнения порошка. Усилие прессы постепенно доводят до 40 МПа и выдерживают под этим усилием 3 мин. После этого усилие снимают, форму с вкладышем и поддоном переносят на чистый лист бумаги (противень).

Вкладыш и верхнюю часть формы снимают и очищают мягкой кисточкой над тем же листом бумаги (противнем). Минеральный порошок в нижней (рабочей) части формы срезают ножом или металлической линейкой.

Нижнюю часть формы с порошком и поддоном взвешивают.

Среднюю плотность минерального порошка $\rho_{п.о.}$ вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ по формуле:

$$\rho_{п.о.} = \frac{m - m_1}{V},$$

где m – масса нижней части формы с поддоном и уплотненным минеральным порошком, г.

m_1 – масса нижней части формы, г.

V – вместимость формы (100 см³).

Среднюю плотность вычисляют как среднее арифметическое результатов трех параллельных определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,02 г/см³.

Результаты испытаний заносят в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Результаты определения средней плотности минерального порошка

Показатель	Значение показателя			Среднее арифметическое значение
	1	2	3	
Масса первоначальной навески порошка m , г				
Масса остатка порошка m_1 , г				
Вместимость формы V , см ³	100	100	100	
Средняя плотность порошка $\rho_{п.о.}$, г/см ³				

3.3.5. Определение пористости минерального порошка

Пористость минерального порошка в уплотненном состоянии вычисляют с точностью до 0,1 %.

$$V_{\text{пор}} = \left(1 - \frac{\rho_{п.о.}}{\rho_{п.и.}} \right) \cdot 100,$$

где $\rho_{п.о.}$ – средняя плотность порошка, уплотненного под давлением 40 МПа, г/см³;

$\rho_{п.и.}$ – истинная плотность порошка, г/см³.

3.3.6. Определение битумоемкости минерального порошка

Битумоемкость минерального порошка характеризует его адсорбционную способность. Она косвенно оценивает содержание в минеральном порошке глинистых частиц, отрицательно влияющих на водоустойчивость асфальтобетона.

Показателем битумоемкости является масса минерального масла (в граммах), при которой ее смесь с 100 см³ минерального порошка

имеет консистенцию, оцениваемую глубиной погружения металлического пестика цилиндрической формы, диаметром (10 ± 1) мм, равной 8 мм.

Материалы и средства испытания. Весы технические, прибор Вика для определения нормальной густоты цементного теста (на верхней площадке стержня прибора должен быть укреплен дополнительный груз массой 170 г), металлическая чашка диаметром 50 мм и высотой 20 мм, фарфоровая чашка диаметром 8–12 см, сито с металлической сеткой 1,25 мм, индустриальное масло, шпатель или нож.

Испытание. Из просеянного через сито 1,25 минерального порошка (предварительно высушенного и охлажденного) берут навеску массой 200 г.

В фарфоровую чашку диаметром 8–12 см отвешивают (15 ± 1) г минерального масла, температура которого (20 ± 2) °С. К маслу малыми порциями добавляют минеральный порошок и тщательно перемешивают смесь. Когда смесь приобретает пастообразную консистенцию и перестает прилипать к стенкам чашки, ее укладывают в металлическую чашку диаметром 50 мм и высотой 20 мм, и заглаживают вровень с краями. Затем чашку со смесью устанавливают на подставку прибора Вика, на верхней площадке стержня которого укреплен дополнительный груз массой 170 г. Пестик прибора подводят к поверхности смеси и отмечают положение указателя на шкале. После этого пестик поднимают на 20 мм и дают ему свободно упасть на поверхность образца.

В случае если глубина погружения пестика больше (меньше) 8 мм, готовят новую смесь порошка с маслом, принимая массу навески порошка на 2–3 г больше (меньше) первоначальной, и снова определяют глубину погружения пестика.

Показатель битумоемкости ПБ минерального порошка (количество масла) в граммах на 100 см^3 порошка вычисляют по формуле:

$$\text{ПБ} = \frac{15\rho_{\text{п.и.}}}{m},$$

где $\rho_{\text{п.и.}}$ – истинная плотность минерального порошка, г/см^3 ;

m – масса порошка в смеси, консистенция которой соответствует глубине погружения пестика на 8 мм, г.

Для неактивированных порошков показатель битумоемкости не должен превышать 65 г, а для активированного – 50 г.

3.3.7. Определение влажности минерального порошка

Минеральный порошок гигроскопичен: он поглощает влагу из воздуха. При этом он комкуется при хранении, теряет адгезионную способность при контакте с битумом. Поэтому важно знать и уметь оценивать его влажность.

Материалы и средства испытания. Весы технические, стеклянный стаканчик с крышкой (бюкс), сушильный шкаф, эксикатор, минеральный порошок.

Испытание. Из средней пробы минерального порошка отбирают две навески по 20 г. Порошок засыпают в предварительно взвешенный вместе с крышкой стеклянный стаканчик и высушивают в шкафу (при снятой крышке) до постоянной массы (неактивированный порошок при температуре 105–110 °С, активированный – (60±2) °С). После высушивания порошка стаканчик закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры и определяют массу.

Влажность минерального порошка вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \cdot 100,$$

где m_1 – масса стаканчика с минеральным порошком до высушивания, г;

m_2 – масса стаканчика с минеральным порошком после высушивания, г;

m_3 – масса стаканчика с крышкой, г.

Влажность порошка определяют как среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, расхождение между которыми не должно быть более 0,1 %. Результаты испытаний заносят в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Результаты определения влажности минерального порошка

Показатель	Значение показателя		Среднее арифметическое значение показателя
	1	2	
Масса стаканчика с минеральным порошком до высушивания m_1 , г			
Масса стаканчика с минеральным порошком после высушивания m_2 , г			
Масса стаканчика с крышкой m_3 , г			
Влажность W , %			

В ходе лабораторной работы необходимо исследовать минеральный порошок и определить его пригодность для приготовления асфальтобетонных смесей.

Контрольные вопросы для защиты выполненной лабораторной работы

1. Как определяют зерновой состав минерального порошка?
2. Как определяют гидрофобность минерального порошка?
3. Как определяют битумоемкость минерального порошка и что характеризует это свойство?
4. Как определяют влажность минерального порошка и для чего необходимо знать эти свойства?
5. Что служит сырьем для производства минерального порошка?
6. Каким образом можно улучшить свойства минерального порошка?
7. Где в Беларуси производится минеральный порошок?
8. Как производят минеральный порошок?
9. Как хранят минеральный порошок?
10. Каким образом доставляют минеральный порошок потребителям?
11. Какую роль играет минеральный порошок в асфальтобетоне?

Лабораторная работа № 4

ИСПЫТАНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И АСФАЛЬТОБЕТОНА

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

Асфальтобетоном называется уплотненная асфальтобетонная смесь в слое дорожной конструкции.

Требования к асфальтобетонным смесям и асфальтобетону установлены СТБ 1033 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия».

4.1. Классификация асфальтобетонных смесей и асфальтобетона

Асфальтобетонные смеси и асфальтобетон в зависимости от наибольшего размера зерен минеральных материалов подразделяют на: *крупнозернистые*, с зернами размером до 40 мм, *мелкозернистые* (до 20 мм) и *песчаные*, содержащие только зерна размером до 5 мм.

По виду крупного заполнителя крупнозернистые и мелкозернистые смеси и асфальтобетоны подразделяют на *щебеночные* и *гравийные*.

В зависимости от температуры укладки смеси и асфальтобетона подразделяют на: *горячие* и *теплые*, с температурой укладки не ниже 120 °С и 80 °С соответственно.

По значению остаточной пористости смеси и асфальтобетона бывают: *плотные*, с остаточной пористостью от 1,0 до 5,0 %, *пористые*, от 5,0 до 12,0 %, *высокопористые*, от 12,0 до 18,0 %.

По качественным показателям асфальтобетонные смеси и асфальтобетон делятся на марки: I, II, III.

Классификация смесей и асфальтобетонов в зависимости от содержания крупного и мелкого заполнителей приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

**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			
С _Г	Св. 65 до 80 включ.	Дробленый или отсев; природный	I
А _Г , А _Т	Св. 50 до 65 включ.		I, II
Б _Г , Б _Т	Св. 35 до 50 включ.		I, II, III
В _Г , В _Т	Св. 20 до 35 включ.		II, III
Г _Г , Г _Т	–	Природный – до 30 % включ.; дробленый или отсев	I, II, III
Д _Г , Д _Т	–	Природный – св. 30 %; дробленый или отсев	II, III
Пористые и высокопористые, горячие и теплые			
Крупно- и мелко- зернистые	Св. 35 до 70 включ.	Дробленый или отсев; природный	I, II
Песчаные, высоко- пористые	–		

4.2. Проектирование состава асфальтобетона

Зерновой состав минеральной части асфальтобетона должен быть таким, чтобы после тщательного перемешивания составляющих смесь имела наименьшую пустотность.

При проектировании состава асфальтобетона содержание в нем минеральной части принимают за единицу, а содержание битума рассчитывают в процентах от массы минеральной части.

Требуемую массовую долю частиц мельче размера каждого сита (просев), а также рекомендуемое содержание битума принимают по приложениям А и Б СТБ 1033 в зависимости от условий укладки, типа смеси, назначения асфальтобетона и максимального размера зерен минерального материала.

При определении расхода щебня, песка и минерального порошка принимают допущение, что частицы, крупнее 5 мм, содержатся только в щебне, а мельче 0,071 мм – только в минеральном порошке (содержание данных частиц в песке не учитывают).

Массовую долю щебня в составе минеральной части асфальтобетона можно определить по зависимости:

$$\text{Щ} = \frac{y_5}{\text{Щ}_5} \cdot 100,$$

где y_5 – требуемое содержание частиц крупнее 5 мм, %.

Щ_5 – содержание частиц крупнее 5 мм в исходном щебне, %.

Содержание каждой фракции щебня определяют как разность средних значений требуемых просевов через соответствующие сита.

Массовая доля минерального порошка будет равна:

$$\text{МП} = \frac{y_{0,071}}{M_{0,071}} \cdot 100,$$

где $y_{0,071}$ – требуемое содержание в минеральной части асфальтобетона частиц мельче 0,071 мм, %.

$M_{0,071}$ – содержание частиц мельче 0,071 мм в исходном минеральном порошке, %.

Массовая доля песка составит:

$$\text{П} = 100 - (\text{Щ} + \text{МП}).$$

Определяют содержание каждой фракции щебня, песка, минерального порошка (частные остатки) в составе минеральной части асфальтобетона – частные остатки каждой фракции исходного материала умножают на массовую долю его в составе минеральной части.

По полученным частным остаткам определяют полные остатки, а по ним – просевы. Полученные данные сопоставляют с данными области оптимальных смесей (приложение А и Б СТБ 1033). Если запроектированный состав не соответствует данной области, то необходимо изменить соотношение между щебнем, песком, минеральным порошком и повторить расчет.

Для определения оптимального содержания битума на основе расчета состава минеральной части асфальтобетона изготавливают три замеса смеси с различным содержанием вяжущего: со средним рекомендуемым и отличающиеся от него на $\pm 5\%$. Методика изготовления образцов описана в п. 4.3.

Изготовленные образцы подвергают испытаниям с целью определения следующих показателей: водонасыщение, предел прочности при растяжении при расколе, предел прочности на сжатие при температурах $50\text{ }^\circ\text{C}$ и $20\text{ }^\circ\text{C}$. Методика испытаний описана в п. 4.4.

По полученным показателям строят график для определения оптимального содержания битума в смеси, рис. 4.1. Оптимальное содержание определяется по максимальной точке перегиба графика.

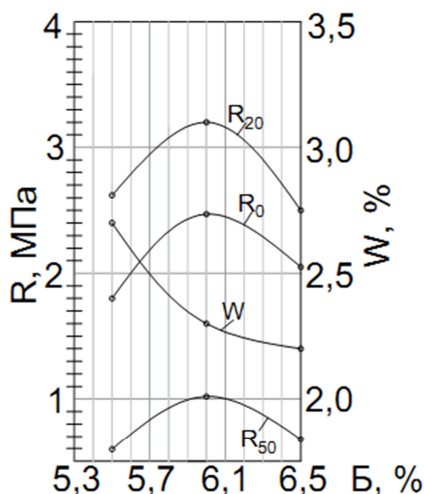


Рис. 4.1. График для определения оптимального содержания битума

Оптимальное содержание битума может быть определено ускоренным методом по фактической пористости минеральной части

и остаточной пористости асфальтобетона. Для этого на основе результатов расчета состава минеральной части готовят асфальтобетонную смесь с минимальным рекомендуемым содержанием битума.

Испытанием трех образцов определяют среднюю плотность асфальтобетона (см. п. 4.4.1) и его минеральной части (см. п. 4.4.2). По содержанию компонентов и их истинной плотности рассчитывают истинную плотность минеральной части (см. п. 4.4.3), а затем ее фактическую пористость (см. п. 4.4.5).

Требуемое содержание битума определяют по зависимости:

$$Б = \frac{(V_{\text{пор}}^{\circ} - V_{\text{о.т.}}) \rho_{\text{б}}}{\rho^{\circ}},$$

где $V_{\text{пор}}^{\circ}$ – фактическая пористость минеральной части, %;

$V_{\text{о.т.}}$ – среднее значение требуемой остаточной пористости асфальтобетона;

$\rho_{\text{б}}$ – плотность битума;

ρ° – истинная плотность минеральной части.

Из смеси с рассчитанным содержанием битума изготавливают три образца для определения остаточной пористости. Если она больше или меньше требуемой, то соответственно изменяют количество битума и готовят новую смесь.

4.3. Приготовление смеси в лаборатории И изготовление образцов из смеси

При приготовлении смеси в лаборатории минеральные материалы (щебень, песок) предварительно высушивают, а вяжущее обезвоживают. Допускается предварительное разделение минеральных материалов по фракциям.

Температурный режим приготовления смесей указан в табл. 4.6. При использовании модифицирующих или температуропонижающих добавок температура исходных материалов и смеси должна соответствовать требованиям нормативных документов на данные добавки и рекомендациям производителя.

Минеральные материалы в количестве, соответствующем составу смеси, помещают в емкость, нагревают, периодически помешивая, до температуры, указанной в табл. 4.6, и добавляют необходимое количество минерального порошка комнатной температуры. К минеральным материалам добавляют требуемое количество вяжущего, предварительно нагретого в отдельной емкости до температуры, указанной в табл. 4.2. Вяжущее при температуре смешивания разрешается хранить не более 1 ч.

Таблица 4.2

Температурный режим приготовления смесей

Вид асфальто-бетонных смесей	Вид вяжущего и глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм (по ГОСТ 11501)	Температура, °С		
		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

Смесь минеральных материалов можно перемешивать с вяжущим вручную или с использованием мешалок. Перемешивание считают законченным, если все зерна минерального материала равномерно покрыты вяжущим и в готовой смеси не обнаруживаются отдельные сгустки вяжущего и специальных добавок.

Образцы изготавливают в стальных формах путем уплотнения смеси в соответствии СТБ 1115 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний».

Размер образцов устанавливается в зависимости от типа смеси и максимального размера зерен минерального материала. При наибольшей крупности зерен до 20 мм используются формы с внутренним диаметром – 71,4 мм. В таком случае высота образцов должна

составлять $71,4 \pm 1,5$ мм. При крупности зерен до 40 мм внутренний диаметр формы равен 101,0 мм, а высота образцов должна быть 101 ± 2 мм. Формы, используемые для изготовления, изображены на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Формы для изготовления образцов

Температура смесей при изготовлении образцов должна быть в пределах $140\text{--}160$ °С, причем температура вяжущего – $130\text{--}150$ °С, а минерального материала – $160\text{--}175$ °С.

Образцы из смесей, за исключением смесей типа А и С, изготавливают *методом прессования*. Для чего предварительно нагретые до температуры $90\text{--}100$ °С формы заполняются асфальтобетонной смесью в три приема, при чем каждый слой штыкуется горячим ножом. Рекомендуемое количество смеси для формы диаметром 71,4 мм составляет 625–730 г, а для формы диаметром 101,0 мм – 1800–2000 г. Перед заполнением, формы и вкладыши необходимо смазать машинным маслом.

Форму со смесью устанавливают на нижнюю плиту прессы для уплотнения. В течение 0,5–1 мин давление на уплотняемую смесь доводят до 40 МПа, после чего выдерживают данную нагрузку в течение 3 мин.

Далее извлекают образец из формы и проверяют его геометрические параметры. В случае их несоответствия образец выбраковывают и изготавливают новый.

Образцы из смесей типа А и С изготавливаются *комбинированным методом*. При комбинированном методе асфальтобетонные смеси уплотняются вибрированием на виброплощадке с последующим доуплотнением прессованием под давлением 20 МПа.

Формы для испытания подготавливаются и заполняются так же, как и при методе прессования.

Форму со смесью помещают на виброплощадку и при помощи груза на смесь создают давление 0,03 МПа. Продолжительность вибрации должна составлять 3 мин. Затем форму со смесью помещают под пресс, где в течение 0,5–1 мин доводят нагрузку до 20 МПа, которую выдерживают 3 мин.

4.4. Испытания асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов

Образцы испытывают в соответствии с СТБ 1115 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний». Полученные результаты сопоставляют с требуемыми по СТБ 1033.

4.4.1. Определение средней плотности асфальтобетона

Средняя плотность асфальтобетона определяется при помощи гидростатического взвешивания образцов с учетом имеющихся в них пор.

Материалы и средства испытания. Образцы асфальтобетона, весы лабораторные с приспособлением для гидростатического взвешивания, термометр жидкостный.

Испытание. Образцы взвешивают на воздухе, затем погружают на 30 мин в сосуд с водой, имеющей температуру (20 ± 2) °С, таким образом, чтобы уровень воды в сосуде был выше поверхности образцов не менее чем на 20 мм. После чего образцы взвешивают в воде. Температура воды должна быть (20 ± 2) °С, исключив образование пузырьков воздуха на образцах. Образцы извлекают из воды, обтирают мягкой тканью и вторично взвешивают на воздухе.

Среднюю плотность асфальтобетона ρ_m^a , г/см³, вычисляют по формуле:

$$\rho_m^a = \frac{g_0 \rho^B}{g_1 - g_2},$$

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

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

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

ρ^B – истинная плотность воды, равная 1 г/см³.

Результаты вычисления заносят в табл. 4.3. За результат определения средней плотности принимают среднее арифметическое значение результатов определения средней плотности трех образцов. Допустимое расхождение между наибольшим и наименьшим результатами параллельных определений составляет 0,03 г/см³.

Таблица 4.3

Результаты испытания

Показатель	Номер образца			Среднее значение
	1	2	3	
Средняя плотность, г/см ³				

4.4.2. 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 в соответствии с п. 4.4.2 и соотношения минеральных материалов и вяжущего.

Среднюю плотность минеральной части асфальтобетона ρ_m^o , г/см³, вычисляют по формуле:

$$\rho_m^o = \frac{\rho_m^a q_m}{q_m + q_B},$$

где q_m – массовая доля минеральных материалов в асфальтобетоне (без учета вяжущего), % (принимают за 100%);

q_B – массовая доля вяжущего в асфальтобетоне, % (сверх 100 % минеральной части).

4.4.3. 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 них пор.

Истинную плотность минеральной части смеси или асфальтобетона ρ^0 , г/см³, вычисляют по формуле:

$$\rho^0 = \frac{100}{\frac{q_1}{\rho_1} + \frac{q_2}{\rho_2} + \dots + \frac{q_n}{\rho_n}},$$

где q_n – массовая доля отдельных минеральных составляющих в минеральной части смеси или асфальтобетона, %;

ρ_n – истинная плотность отдельных минеральных составляющих, г/см³.

4.4.4. Определение истинной плотности смеси и асфальтобетона

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

Истинная плотность смеси и асфальтобетона ρ^a , г/см³, определяется на основании предварительно определенной истинной плотности минеральной части (см. п. 4.4.3), вяжущего и их массовых соотношений по формуле:

$$\rho^a = \frac{q_m + q_B}{\frac{q_m}{\rho^0} + \frac{q_B}{\rho^B}},$$

где ρ^B – истинная плотность битума, принимается 1 г/см³.

4.4.5. Определение пористости минеральной части (остова) асфальтобетона

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

Пористость минеральной части определяется расчетом на основании предварительно установленных значений средней и истинной плотности минеральной части асфальтобетона (см. п. 4.4.2 и 4.4.3 соответственно) по формуле:

$$V_{\text{пор}}^o = \left(1 - \frac{\rho_m^o}{\rho^o} \right) \cdot 100.$$

4.4.6. Определение остаточной пористости асфальтобетона

Объем пор, оставшихся в асфальтобетоне, определяют расчетом по предварительно установленным значениям средней и истинной плотности асфальтобетона (см. п. 4.4.1 и 4.4.4 соответственно) по зависимости:

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

4.4.7. Определение водонасыщения и набухания асфальтобетона

Водонасыщение находится путем определения количества воды, содержащейся в порах образца при заданном режиме насыщения.

Материалы и средства испытания. Образцы асфальтобетона, вакуумная установка, весы лабораторные с приспособлением для гидростатического взвешивания, термометр жидкостный, сосуд вместимостью 3 л.

Испытание. Образцы взвешивают на воздухе и помещают в сосуд с водой, температура которой равна (20 ± 2) °С. Уровень воды над образцами должен составлять не менее 3 см.

Сосуд с образцами устанавливают в вакуумную установку, где создают вакуумическое давление не более минус 98 кПа (остаточное давление 2000 Па) и поддерживают в течение 1 ч.

Вакуумическое давление доводят до 0 кПа (остаточное давление от 94 до 104 кПа) и выдерживают образцы в том же сосуде с водой при температуре (20 ± 2) °С в течение 30 мин.

Далее образцы взвешивают в воде, температура которой должна быть (20 ± 2) °С. После чего образцы извлекают из воды, обтирают мягкой тканью и вторично взвешивают на воздухе.

Водонасыщение асфальтобетона W , % по объему, определяют по формуле:

$$W = \frac{g_3 - g_0}{g_1 - g_2} \cdot 100,$$

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.

Набухание образца H , % по объему, определяют как приращение объема образца после насыщения водой по формуле:

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

где g_4 – масса насыщенного водой образца, взвешенного в воде, г.

Результаты вычисления заносят в табл. 4.4. За результат определения водонасыщения принимают среднее арифметическое значение результатов трех определений. Расхождение между наибольшим и наименьшим результатами не должно превышать 0,5 % (по абсолютному значению водонасыщения).

Результаты испытания

Показатель	Номер образца			Среднее значение
	1	2	3	
Водонасыщение, %				
Набухание, %				

4.4.8. Определение предела прочности асфальтобетона при сжатии

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

Материалы и средства испытания. Образцы асфальтобетона, испытательная машина или пресс, термостат, термометр.

Испытание. Перед проведением испытания образцы термостатируют в течение 1 ч при заданных температурах (50 ± 2) °С и (20 ± 2) °С.

Предел прочности при сжатии асфальтобетона определяют при скорости деформирования образца ($3,0 \pm 0,5$) мм/мин.

За разрушающее усилие принимают показание силоизмерителя, при котором образец разрушился.

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

$$R_{сж} = \frac{P}{F},$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;

F – первоначальная площадь поперечного сечения образца, мм².

Результаты вычисления заносят в табл. 4.5. За результат определения принимают среднее арифметическое значение испытаний трех образцов. Разница между наибольшим и наименьшим показателями не должна превышать 15 %.

Таблица 4.5

Результаты испытания

Показатель	Номер образца			Среднее значение
	1	2	3	
Прочность при сжатии при 50 °С, МПа				
Прочность при сжатии при 20 °С, МПа				

4.4.9. Определение предела прочности при растяжении при расколе при температуре 0 °С

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

Материалы и средства испытания. Образцы асфальтобетона, испытательная машина или пресс, термометр, штангенциркуль, термостат или климатическая камера.

Испытание. Перед испытанием измеряют высоту h и диаметр d образцов с погрешностью не более $\pm 0,1$ мм с помощью штангенциркуля. Измерения производят по двум образующим поверхности и двум диаметрам, расположенным в одном осевом сечении образца. За результат измерения принимают среднее арифметическое значение измеренных величин.

Затем образцы термостатируют в воде или климатической камере при температуре (0 ± 2) °С не менее 1 ч. Температуру воды снижают до (0 ± 2) °С, смешав воду и лед.

Предел прочности при растяжении при расколе определяют также при скорости деформирования $(3,0 \pm 0,5)$ мм/мин, однако в данном случае образец устанавливается на боковую поверхность, как показано на рис. 4.3.

Предел прочности при растяжении при расколе R_p^0 , МПа, образца определяется по формуле:

$$R_p^0 = \frac{P}{hd},$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;
 h, d – соответственно высота и диаметр образца, мм.

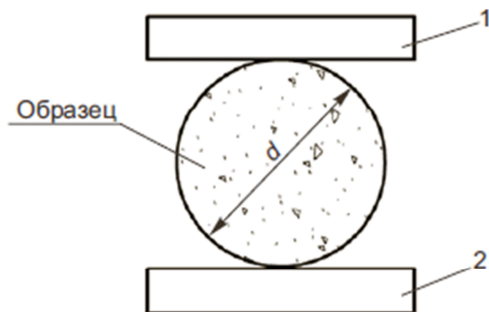


Рис. 4.3. Размещение образца при испытании на растяжение:
 1, 2 – верхняя и нижняя плиты прессы соответственно

Результаты испытаний заносят в табл. 4.6. За результат определения принимают среднее арифметическое значение испытаний трех образцов. Разница между наибольшим и наименьшим показателями не должна превышать 15 %.

Таблица 4.6

Результаты испытания

Показатель	Номер образца			Среднее значение
	1	2	3	
Высота, мм				–
Диаметр, мм				–
Разрушающая нагрузка, Н				–
Предел прочности при растяжении				

4.4.10. Определение предела прочности при сдвиге при температуре 50 °С

Предел прочности при сдвиге определяется по усилию, необходимому для продавливания штампа в асфальтобетонном образце.

Материалы и средства испытания. Образцы асфальтобетона, испытательная машина или пресс, сдвиговой прибор, термометр, штангенциркуль, термостат.

Испытание. Перед проведением испытания измеряется высота образцов, которые затем термостатируют в течение 1 ч при температуре 50 ± 2 °С.

После термостатирования образец извлекают из воды и помещают в форму сдвигового прибора в соответствии с рис. 4.4 и устанавливают форму на нижнее упорное кольцо, находящееся в центре нижней плиты испытательного пресса; сверху на торец формы устанавливают верхнее направляющее кольцо и опускают нагруженный штамп.

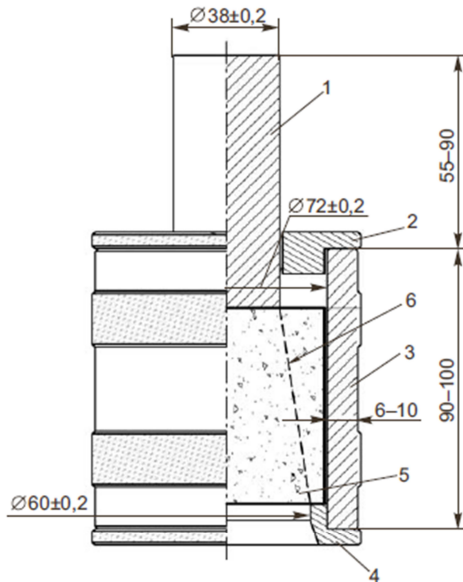


Рис. 4.4. Сдвиговой прибор:

- 1 – круглый нагруженный штамп; 2 – верхнее направляющее кольцо; 3 – форма;
4 – нижнее упорное кольцо; 5 – образец; 6 – разрушение

Образец должен входить в форму плотно, с небольшим нажатием, и не должен выпадать из нее под действием собственного веса. В случае необходимости образец обматывают калькировочной бумагой для обеспечения плотного контакта боковой поверхности образца с внутренней поверхностью формы.

Испытание проводят при скорости деформирования образца $(3,0 \pm 0,5)$ мм/мин. Нагружение продолжают до тех пор, пока показания силоизмерителя не начнут уменьшаться. Фиксируют максимальное показание силоизмерителя, которое принимают за разрушающую сдвиговую нагрузку.

Предел прочности при сдвиге R_p^0 , МПа, образца определяется по формуле:

$$R_{сдв}^{50} = \frac{P}{154h},$$

где 154 – коэффициент пересчета.

За результат определения принимают среднее арифметическое значение результатов испытаний трех образцов. Разница между наибольшим и наименьшим показателями не должна превышать 15 %. Результаты испытаний заносят в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Результаты испытания

Показатель	Номер образца			Среднее значение
	1	2	3	
Предел прочности при сдвиге, МПа				

4.4.11. 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, при двух напряженно-деформированных состояниях: при одноосном сжатии и при сжатии специальным обжимным устройством по схеме Маршалла (рис. 4.5) с охватом образца по дуге с углом 135° .

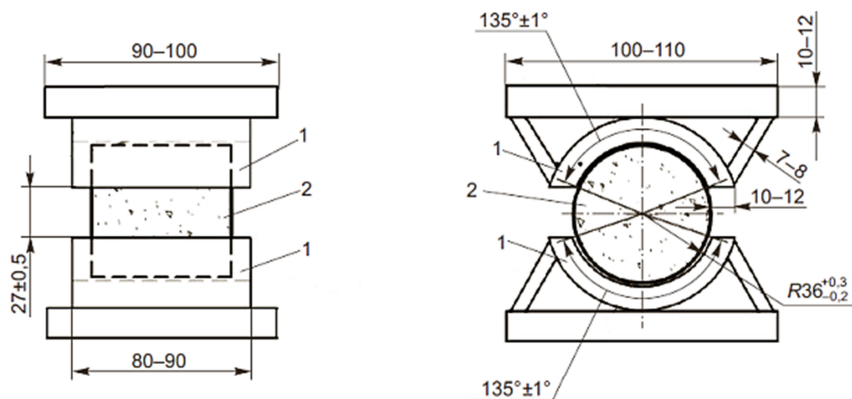


Рис. 4.5. Обжимное устройство для испытаний по схеме Маршалла:

1 – обжимная обойма, 2 – образец

Материалы и средства испытания. Четное количество образцов асфальтобетона (не менее 6 шт.), испытательная машина или пресс, термометр, термостат, секундомер, обжимное устройство по схеме Маршалла.

Испытание. Образцы размером 71,4 мм термостатируют при температуре $50 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 1 часа.

Образцы испытывают при скорости деформирования образца (50 ± 5) мм/мин по двум схемам:

- первая – одноосное сжатие, согласно п. 4.4.8;
- вторая – сжатие специальным обжимным устройством по схеме Маршалла.

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 замеряют 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:

$$A = \frac{Pl}{2},$$

где 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 $\operatorname{tg} \varphi$ вычисляют, с округлением до третьего десятичного знака, по формуле:

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

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

$$C = \frac{1}{6} \cdot (3 - 2 \operatorname{tg} \varphi) \cdot R_{сж}.$$

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

$$I_{пл} = \frac{СК}{\sigma_p - m \operatorname{tg} \varphi \cdot \sigma_{сж}},$$

где K – коэффициент, равный 0,7;

σ_p – растягивающее напряжение в покрытии от воздействия транспортной нагрузки, МПа, (принимают 0,5);

M – коэффициент, равный 0,43;

$\sigma_{сж}$ – сжимающее напряжение в покрытии от воздействия транспортной нагрузки, МПа, (принимают 1,0).

4.4.12. Определение коэффициента морозостойкости

Сущность метода заключается в оценке потери прочности при сжатии предварительно водонасыщенных образцов после воздействия на них 50 циклов замораживания-оттаивания.

Материалы и средства испытания. Образцы асфальтобетона, испытательная машина или пресс, морозильная или климатическая камера, вакуумная установка, термометр жидкостный, соль поваренная, вода.

Испытание. Испытания проводят на шести образцах. Перед испытаниями на морозостойкость три образца насыщают в вакуумной установке 5 %-м водным раствором поваренной соли по п. 4.4.7. Три образца считают контрольными и хранят при температуре (18 ± 5) °С.

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 %-м раствором поваренной соли при температуре (18 ± 2) °С.

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 ± 2) °С и определяют предел прочности при сжатии при температуре 50 °С в соответствии с п. 4.4.8

Коэффициент морозостойкости $K_{мрз}$ вычисляют, с округлением до второго десятичного знака, по формуле:

$$K_{\text{мрз}} = \frac{R_{\text{мрз}}}{R},$$

где $R_{\text{мрз}}$ – среднее арифметическое значение предела прочности при сжатии образцов при температуре 50 °С, МПа, после 50 циклов замораживания-оттаивания;

R – среднее арифметическое значение предела прочности при сжатии контрольных образцов при температуре 50 °С, МПа.

4.4.13. 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 средства испытания. Образцы асфальтобетона, вакуумная установка, весы лабораторные с приспособлением для гидростатического взвешивания, термометр жидкостный, сосуд вместимостью 3 л, испытательная машина или пресс, соль поваренная.

Испытание. Перед испытаниями на водостойкость образцы в количестве 3 шт. насыщают 5 %-м водным раствором поваренной соли в соответствии с п. 4.4.7. 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±5) °С.

По истечении заданного времени (14 или 28 сут.) образцы извлекают из раствора, термостатируют в воде при температуре 50 °С в течение 1 ч и определяют предел прочности при сжатии при температуре 50 °С в соответствии с 4.4.8.

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

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

где $R_{сж}^{50 \text{ вл}}$ – предел прочности при сжатии при температуре 50 °С после водонасыщения в 5 %-м растворе поваренной соли в течение 14 или 28 сут., МПа;

$R_{сж}^{50}$ – предел прочности при сжатии образцов при температуре 50 °С, МПа.

4.4.14. Определение сцепление вяжущего с поверхностью минеральной части смеси

Сцепление оценивают визуально по размеру поверхности минерального материала, сохранившей пленку вяжущего после кипячения в водном растворе поваренной соли.

Материалы и средства испытания. Весы лабораторные, стаканы вместимостью не менее 500 см³, металлические сетки с размерами отверстий от 0,071 до 0,14 мм, электроплита или песчаная баня, вода, соль поваренная, фильтровальная бумага.

Испытание. Из объединенной пробы асфальтобетонной смеси отбирают две навески по (50±5) г. Одну навеску помещают на сетку в соответствии с рис. 4.6, вторую (контрольную) оставляют для последующего сравнения с навеской, прошедшей испытания.

Стакан заполняют примерно на 2/3 объема 15 %-м раствором поваренной соли в дистиллированной воде, устанавливают на электроплитку, песчаную баню или над пламенем горелки и доводят до кипения.

Сетку с навеской асфальтобетонной смеси опускают в стакан с кипящим раствором таким образом, чтобы уровень раствора над сеткой составлял не менее 30 мм, и закрепляют проволочными дужками за край стакана.

При испытаниях смесей с вязким битумом сетку с испытываемым образцом выдерживают в кипящем растворе 30 мин, при испытаниях смесей с жидким битумом – 3 мин.

Кипение не должно быть бурным. Вяжущее, отделившееся от поверхности минерального материала в процессе кипячения и всплывшее на поверхность, удаляют фильтровальной бумагой.

По истечении требуемого времени сетку со смесью извлекают из стакана и переносят в стакан с холодной водой для охлаждения и

удаления соли, осевшей на частицах смеси при кипячении, после чего смесь переносят на фильтровальную бумагу для испарения воды.

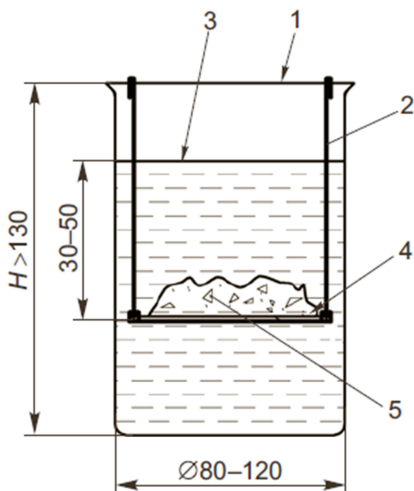


Рис. 4.6. Размещение смеси в стакане при кипячении:
1 – стакан; 2 – проволочные дужки; 3 – уровень раствора;
4 – сетка; 5 – навеска

Сцепление оценивают после полного испарения воды из смеси. Для чего производят визуальное сравнение навески, прошедшей испытания с контрольной навеской. Смесь считают выдержавшей испытания, если после кипячения не менее 3/4 поверхности остается покрытой пленкой вяжущего, а раствор, в котором кипятили смесь, не помутнел.

4.4.15. Определение стекания вяжущего

Сущность метода заключается в оценке способности горячей асфальтобетонной смеси типа С удерживать содержащееся вяжущее при хранении в накопительных бункерах и транспортировании.

Материалы и средства испытания. Смесь асфальтобетонная, сушильный шкаф, весы лабораторные, термометр жидкостный, секундомер, стаканы стеклянные вместимостью от 800 см³ до 1000 см³, покрывное стекло.

Испытание. Асфальтобетонную смесь типа С разогревают до температуры 160–170 °С и тщательно перемешивают. Сушильный шкаф также разогревают до температуры (160±5) °С – (170±5) °С, которую поддерживают в процессе испытаний.

Пустой стакан взвешивают, помещают его в сушильный шкаф и выдерживают при температуре 160–170 °С не менее 10 мин. Затем стакан ставят на весы и быстро помещают в него не менее 600 г смеси, взвешивают и закрывают покрывным стеклом.

Стакан со смесью помещают в сушильный шкаф и выдерживают при температуре 160–170 °С в течение (60±1) мин. Затем стакан вынимают, снимают покрывное стекло и, перевернув стакан вверх дном на (10±1) с, не встряхивая, удаляют из него смесь. После этого стакан вновь ставят вниз дном, охлаждают в течение 10 мин и взвешивают вместе с остатками вяжущего и смеси, прилипшими к его внутренней поверхности.

Стеkanie вяжущего B , % по массе, определяют, с округлением до второго десятичного знака, по формуле:

$$B = \frac{g_3 - g_1}{g_2 - g_1} \cdot 100,$$

где g_1 – масса пустого стакана, г;

g_2 – масса стакана со смесью, г;

g_3 – масса стакана с остатками вяжущего смеси после его переворачивания, г.

За результат измерений принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений. Расхождение между результатами не должно превышать 0,15 %. В случае больших расхождений повторно определяют стекание вяжущего из смеси, а среднее арифметическое значение рассчитывают по данным четырех определений.

4.5. Отбор проб асфальтобетона и изготовление образцов из кернов (вырубок)

Оценка состояния асфальтобетона, находящегося в конструкции дорожной одежды, производят на пробах, отобранных из покрытия (основания): вырубках прямоугольной формы или цилиндрических кернах.

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

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 катком.

Отбор проб выполняется на всю толщину покрытия с последующим разделением слоев в лаборатории. Вырубку проб производят нарезчиком швов, цилиндрические керны высверливают буровой установкой (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Кернаотборник

Пробу идентифицируют. В акте отбора проб указывают вид пробы – керны или вырубки, общую толщину кернов (вырубок) и визуально определяют сцепление между слоями (сцепление слоев дорожного покрытия считается прочным, если при извлечении из покрытия проба сохраняет монолитность и не разделяется на блоки (по слоям) в местах контактных поверхностей). Керны (вырубки) упаковывают в тару, обеспечивающую предотвращение их повреждения и деформации во время транспортирования.

Керны (вырубки), отобранные из покрытия в соответствии с 4.3, тщательно очищают от прилипших частиц и подгрунтовки, измеряют толщину слоев и составляют описание внешних признаков с указанием степени однородности распределения составляющих материалов и степени сцепления слоев между собой. Затем керны (вырубки) разделяют по слоям и асфальтобетон каждого слоя испытывают отдельно.

От каждого слоя вырубки отделяют по три образца приблизительно в форме куба или параллелепипеда с размерами сторон от 5 до 10 см, массой не менее 200 г каждый.

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

Испытания образцов, изготовленных из кернов или вырубок осуществляют по методикам, изложенных в п. 4.4.

В ходе лабораторной работы необходимо на основании предыдущих работ запроектировать состав асфальтобетонной смеси, изготовить из нее образцы и испытать их. В результате испытаний определить марку смесей.

Контрольные вопросы для защиты выполненной лабораторной работы

1. Что такое асфальтобетон?
2. Что такое асфальтобетонная смесь?
3. Что называется асфальтовым вяжущим?
4. Что такое асфальтовый раствор?
5. Что такое асфальт?
6. Какие требования предъявляются к асфальтобетонным смесям и асфальтобетонам?
7. Где изготавливают асфальтобетонные смеси для строительства дорог?
8. Какими преимуществами обладает асфальтобетон?

9. Назовите недостатки асфальтобетона.
10. Как изготавливаются образцы в лаборатории из смеси?
11. Для чего необходимо отбирать вырубку и керны?
12. Какой тепловой режим приготовления смесей?
13. Какие прочностные характеристики асфальтобетона существуют?
14. Как определяются прочностные характеристики асфальтобетона?
15. Каким образом выполняется проектирование состава асфальтобетонной смеси?
16. Как определить оптимальное содержание битума в смеси?
17. Как классифицируются асфальтобетонные смеси и асфальтобетоны?
18. Какие типы смесей существуют?
19. Что показывает марка смеси?
20. Как готовят смесь в лаборатории?
21. Что показывает коэффициент вариации?
22. Что такое индекс сопротивления пластическим деформациям?
23. Как определяется водонасыщение образцов?
24. Как осуществляется доставка асфальтобетонных смесей?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Битумы нефтяные для верхнего слоя дорожного покрытия. Технические условия : СТБ 1062-97. – Введ. 01.07.97. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1997. – 16 с.
2. Битумы модифицированные дорожные. Технические условия : СТБ 1220-2020. – Введ. 01.04.21. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2020. – 20 с.
3. Битумы дорожные. Технические требования и методы испытаний : СТБ EN 12591-2010. – Введ. 01.08.10. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2010. – 30 с.
4. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия : ГОСТ 22245-90. – Взамен ГОСТ 22245-79 ; введ. РБ 17.12.92. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2010. – 12 с.
5. Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы : ГОСТ 11501-78. – Взамен ГОСТ 11501-73 ; введ. РБ 17.12.92. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2011. – 8 с.
6. Битум и битумные вяжущие. Метод определения глубины проникания иглы : СТБ EN 1426-2009. – Введ. 01.01.10. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2009. – 13 с.
7. Битум и битумные вяжущие. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару : СТБ EN 1427-2017. – Введ. 01.10.17. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2017. – 20 с.
8. Щебень кубовидный из плотных горных пород. Технические условия : СТБ 1311-2002. – Введ. 01.07.02. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2002. – 10 с.
9. Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия : СТБ 1957-2009. – Введ. 01.09.09. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2009. – 16 с.
10. Заполнители для бетона : СТБ EN 12620-2010. – Введ. 01.07.11. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2010. – 55 с.
11. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия : ГОСТ 8267-93. – Введ. 01.01.95. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 20 с.
12. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний : ГОСТ 8269.0-97. – Введ. 01.01.99. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 60 с.

13. Песок для строительных работ. Методы испытаний : ГОСТ 8735-88. – Введ. 01.07.89. – Москва : Стандартиформ, 2018. – 23 с.

14. Песок для строительных работ. Технические условия : ГОСТ 8736-2014. – Введ. 01.04.17. – Москва : Стандартиформ, 2019. – 10 с.

15. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органо-минеральных смесей. Технические условия : ГОСТ 16557-2005. – Введ. 01.07.07. – Минск : Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве, 2005. – 23 с.

16. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия : СТБ 1033-2016. – Введ. 01.01.2017. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2016. – 30 с.

17. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний : СТБ 1115-2013. – Введ. 01.07.2014. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2013. – 45 с.

Учебное издание

КРАВЧЕНКО Сергей Егорович
СОБОЛЕВСКАЯ Светлана Николаевна
ЖУКОВСКИЙ Егор Михайлович

**ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ
(ПРАКТИКУМ)**

Пособие
для студентов специальности 1-70 03 01
«Автомобильные дороги»

Редактор *А. Д. Спичёнок*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 26.07.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 3,91. Тираж 100. Заказ 738.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.