

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова**

**В. В. ЯДЫКИНА, М. А. ВЫСОЦКАЯ, А. И. ТРАУТВАИН**

**ИСПЫТАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ  
И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ**

**Лабораторный практикум**

**Белгород  
2015**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова

В. В. ЯДЫКИНА, М. А. ВЫСОЦКАЯ, А. И. ТРАУТВАИН

## ИСПЫТАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Лабораторный практикум

*Допущено УМО вузов РФ по образованию в области  
железнодорожного транспорта и транспортного  
строительства в качестве учебного пособия для студентов  
вузов, обучающихся по специальности «Автомобильные дороги и  
аэродромы» направления подготовки «Транспортное  
строительство» и направлению подготовки бакалавров  
«Строительство» (профиль подготовки: «Автомобильные  
дороги»)*

2-е издание, пересмотренное

Белгород  
2015

УДК 625.06 (075)

ББК 39.311я7

Я 38

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. Э. В. Котлярский (МАДГТУ)  
начальник отдела «Контроль качества и новые технологии»  
ООО «Белдорстрой» Д. В. Землякова

**Ядыкина, В. В.**

Я 38 Испытание органических вяжущих и органоминеральных композитов: лабораторный практикум: учебное пособие / В. В. Ядыкина, М. А. Высоцкая, А. И. Траутвайн. – 2-е изд., пересмотр. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 114 с.

Учебное пособие соответствует государственному образовательному стандарту дисциплин «Строительные материалы», «Дорожное материаловедение и технология дорожно-строительных материалов».

В книге дан теоретический материал и изложен порядок проведения лабораторных работ, в процессе выполнения которых студенты должны усвоить основные методы испытания дорожных битумов, асфальтобетонных смесей, а также научиться производить подбор минеральной части и испытание асфальтобетона.

Предыдущее издание пособия вышло в свет в 2013 г.

Издание предназначено для студентов II курса транспортно-технологического института, изучающих дисциплины «Строительные материалы», «Дорожное материаловедение и технология дорожно-строительных материалов», «Управление качеством, технология и организация производства дорожно-строительных материалов», направления 270800 – Строительство профиля 270800.62-08 «Автомобильные дороги и аэродромы».

УДК 625.06 (075)

ББК 39.311я7

- © Белгородский государственный технологический университет (БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2013
- © Ядыкина В. В., Высоцкая М. А., Траутвайн А. И., 2013
- © Оформление. Белгородский государственный технологический университет (БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2015
- © Ядыкина В. В., Высоцкая М. А., Траутвайн А. И., библиография, 2015

## Содержание

<b>Введение</b> .....	4
<b>Лабораторная работа № 1.</b> Вязкие нефтяные битумы .....	6
<b>Лабораторная работа № 2.</b> Жидкие битумы .....	21
<b>Лабораторная работа № 3.</b> Эмульсии битумные дорожные ....	30
<b>Лабораторная работа № 4.</b> Полимерно-битумные вяжущие ....	43
<b>Лабораторная работа № 5.</b> Подбор состава асфальтобетонной смеси .....	50
<b>Лабораторная работа № 6.</b> Приготовление образцов асфальтобетона .....	58
<b>Лабораторная работа № 7.</b> Испытание образцов асфальтобетона .....	64
<b>Лабораторная работа № 8.</b> Приготовление и испытание образцов щебеночно-мастичного асфальтобетона .....	78
<b>Лабораторная работа № 9.</b> Подбор состава и испытание образцов литого асфальтобетона .....	93
<b>Заключение</b> .....	110
<b>Библиографический список</b> .....	111

## Введение

Развитие промышленности и различных производств, увеличение грузовых и пассажирских перевозок требуют значительного развития автомобильного транспорта и дорожной сети.

Для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и сооружений применяют разнообразные материалы, которые в определенном сочетании в конструктивных элементах должны обеспечить необходимую прочность, долговечность и экономичность сооружений.

В настоящее время широкое применение получили органические вяжущие материалы и изделия на их основе. Это обусловлено тем, что они отличаются значительным разнообразием свойств, дают ряд существенных преимуществ. Комплекс высоких технико-эксплуатационных свойств, отвечающих современным требованиям к дорожным покрытиям для интенсивного скоростного движения, обеспечивают распространение покрытий с применением органических вяжущих материалов.

Эти вяжущие материалы включают широкую группу термопластических продуктов вязкой или жидкой консистенции, применяемых для строительства и содержания автомобильных дорог и аэродромов, гидротехнических сооружений, гидроизоляции тоннелей, мостов, подземных сооружений и зданий, для защиты от коррозии и других целей. Они служат связующим, функции которого заключаются в образовании между частицами минеральных материалов или покрываемых поверхностей прочной связи, устойчивой к механическим нагрузкам, воздействию климатических факторов и агрессивных сред.

На сегодняшний момент наиболее распространенным типом усовершенствованных дорожных одежд являются асфальтобетонные покрытия с использованием нефтяных битумов. Такие покрытия получили преобладающее распространение как за рубежом, так и в нашей стране. В частности, в РФ, США, Германии, Франции, Японии и других странах около 90-95% усовершенствованных дорожных покрытий строится с использованием битума в качестве вяжущего вещества. Поэтому необходим постоянный контроль качества органических вяжущих и материалов на их основе.

В учебном пособии изложена методика проведения лабораторных работ по испытанию основных органических вяжущих для дорожного строительства и изделий на их основе. Приведено краткое описание лабораторных приборов и оборудования, изложена методика обработки полученных результатов испытаний.

Учебное пособие подготовлено в соответствии с рекомендованным программой циклом работ по курсу «Строительные материалы» и «Дорожное материаловедение и технология дорожно-строительных материалов» и «Управление качеством, технология и организация производства дорожно-строительных материалов».

## Лабораторная работа № 1

### Вязкие нефтяные битумы

*Цель работы:* определить основные свойства и марку вязкого битума, оценить его качество.

*Оборудование и материалы:* пенетрометр; дуктилометр; прибор «Кольцо и шар»; прибор Фрааса; вязкий битум; каменные материалы (измельченный мрамор или кварцевый песок).

#### Основные понятия

Битумы нефтяные дорожные предназначены для использования в качестве вяжущего материала при строительстве дорожных и аэродромных покрытий. Рекомендуемая область их применения может быть определена в зависимости от дорожно-климатической зоны и среднемесячной температуры наиболее холодного времени года в районе строительства. Вязкие нефтяные дорожные битумы производят путем окисления продуктов прямой перегонки нефти и селективного разделения нефтепродуктов (асфальтенов деасфальтизации), экстрактивной селективной очистки. Эти битумы могут быть также получены по методу компаудирования (смешения) указанных выше окисленных и неокисленных продуктов или в виде остатка прямой перегонки нефти.

Производимые битумы должны соответствовать требованиям стандарта и технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке.

Качество вязкого битума оценивают путем определения следующих показателей: условной вязкости (глубины проникания иглы в битум), растяжимости, температуры размягчения и температуры хрупкости, характеризующих температурный интервал вязкопластичного состояния битума, сцепления прилипания к каменному материалу (адгезии), стабильности свойств во времени в результате прогрева битума и др.

Основным показателем для отнесения битума к той или иной марке является *условная вязкость*, однако при этом испытываемый битум по другим показателям табл. 1 и 2 также должен соответствовать требованиям ГОСТ 22245–90.

Подготовка битума для испытания заключается в его обезвоживании, нагреве до 90–160°C. Время прогрева должно быть не более 30 мин. Битум при этом тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха, затем его процеживают через сито 0,071.

Таблица 1

**Требования к физико-химическим показателям вязких нефтяных  
дорожных битумов (по ГОСТ 22245–90)**

Показатель	Нормативные требования для битума марки					Метод испытания
	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60	
	ОКП 02 5612 0115	ОКП 02 5612 0114	ОКП 02 5612 0113	ОКП 02 5612 0112	ОКП 02 5612 0111	
Глубина проникания иглы (0,1 мм) П, не менее: при 25 °С при 0 °С	201–300 45	131–200 35	91–130 28	61–90 20	40–60 13	По ГОСТ 11501–78
Температура размягчения по кольцу и шару $T_p$ , °С, не ниже	35	40	43	47	51	По ГОСТ 11506–73
Растяжимость $\Delta l$ , см, не менее: при 25 °С при 0 °С	– 20	70 6,0	65 4,0	55 3,5	45 –	По ГОСТ 11505–75
Температура хрупкости $t_{xp}$ , °С, не выше	–20	–18	–17	–15	–12	По ГОСТ 11507–78
Температура вспышки $t_b$ , °С, не ниже	220	220	230	230	230	По ГОСТ 4333–87
Изменение температуры размягчения после прогрева $\Delta t$ , °С, не более	7	6	5	5	5	По ГОСТ 18180–72 По ГОСТ 11506–73
Индекс пенетрации И.П.	От –1,0 до +1,0					



Таблица 2

**Требования к физико-химическим показателям вязких нефтяных битумов (по ГОСТ 22245–90)**

Показатель	Нормативные требования для битума марки				Метод испытания
	БН 200/300	БН 130/200	БН 90/130	БН 60/90	
	ОКП 02 5612 0205	ОКП 02 5612 0204	ОКП 02 5612 0203	ОКП 02 5612 0202	
Глубина проникания иглы (0,1 мм) П, не менее: при 25 °С при 0 °С	201–300 24	131–200 18	91–130 15	60–90 10	По ГОСТ 11501–78
Температура размягчения по кольцу и шару $T_p$ , °С, не ниже	33	38	41	45	По ГОСТ 11506–73
Растяжимость $\Delta l$ , см, не менее: при 25 °С при 0 °С	– –	80 –	80 –	70 –	По ГОСТ 11505–75
Температура хрупкости $t_{xp}$ , °С, не выше	–14	–12	–10	–6	По ГОСТ 11507–78
Температура вспышки $t_b$ , °С, не ниже	220	230	240	240	По ГОСТ 4333–87
Изменение температуры размягчения после прогрева $\Delta t$ , °С, не более	8	7	6	6	По ГОСТ 18180–72 По ГОСТ 11506–73
Индекс пенетрации И.П.	От –1,5 до +1,0				

## 1. Определение условной вязкости вязких битумов

За показатель условной вязкости принимают глубину проникания стандартной иглы в образец битума под нагрузкой 100 г в течение 5 с при температуре 25 °С и под нагрузкой 200 г в течение 60 с при температуре 0 °С. Условная вязкость битума определяется на пенетрометре (рис. 1).

### Порядок испытания

1. Обезвоженный, очищенный битум нагревают до 100–160 °С и заливают в металлическую стандартную цилиндрическую чашку (диаметр 55 мм, высота 45 мм) на высоту не менее 30 мм.

2. Чашку с битумом охлаждают на воздухе 60 мин и затем помещают на 60 мин в водяную баню. Температура воды в бане должна быть  $25 \pm 0,1$  °С или  $0 \pm 0,1$  °С (вода со льдом).

3. Чашку с битумом помещают в плоскодонный сосуд вместимостью не менее 0,5 л, наполненный водой так, чтобы высота воды над поверхностью битума была не менее 10 мм, температура воды в сосуде должна быть  $25 \pm 0,1$  °С.

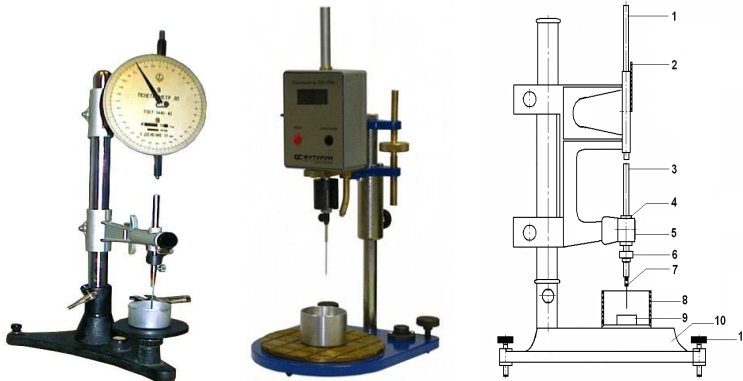


Рис.1. Вид и схема пенетрометра:

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

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

5. Кремальеру доводят до верхней площадки плунжера и устанавливают стрелку на ноль. Включают секундомер, одновременно нажав на кнопку прибора, и не отпускают ее в течение 5 с.

6. Кнопку отпускают, доводят кремальеру вновь до верхней площадки плунжера и отмечают показания прибора.

Условную вязкость определяют в градусах пенетрации (каждый градус пенетрации соответствует глубине проникания иглы 0,1 мм).

Определение вязкости повторяют не менее трех раз в различных точках на поверхности образца битума; точки определения берут на расстоянии не менее 10 мм от краев чашки и друг от друга. После каждого определения иглу протирают бензином и вытирают насухо.

При определении условной вязкости при 0 °С образец охлаждают на воздухе 60 мин, выдерживают в водяной бане 60 мин (вода со льдом при температуре 0 °С).

На плунжер прибора надевают дополнительный груз-шайбу массой 100 г. Время погружения иглы 60 с.

Таблица 3

### Условия и результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания					
	Температура битума					
	0 °С			25 °С		
	1	2	3	1	2	3
Отсчет по прибору до испытания $h_{H_0}, \text{ } ^\circ(10^{-1} \text{ мм})$						
Отсчет по прибору после испытания $h_{H_1}, \text{ } ^\circ(10^{-1} \text{ мм})$						
Глубина проникания иглы в битум $\Delta h_i, 10^{-1} \text{ мм}$						

За условную вязкость принимают среднее арифметическое не менее трех определений, округленных до целого числа. Допустимые расхождения между определениями:

1. Два градуса пенетрации при условной вязкости от 0 до 40.
2. Четыре градуса пенетрации при условной вязкости от 40 до 130.
3. Шесть градусов пенетрации при условной вязкости от 130 до 250.
4. Три градуса пенетрации при условной вязкости свыше 250.

Результаты заносят в табл. 3.

По показателю условной вязкости битум относят к той или иной марке.

## 2. Определение растяжимости вязких битумов

*Растяжимость битума* характеризует способность образца к максимальному удлинению до момента разрыва сплошности при постоянной скорости деформирования и температуре, которую определяют на образцах битума в форме «восьмерки» и выражают в сантиметрах.

Растяжимость определяют в дуктилометре (рис. 2), который должен обеспечить растяжение 5 см/мин при температуре 25 и 0 °С.

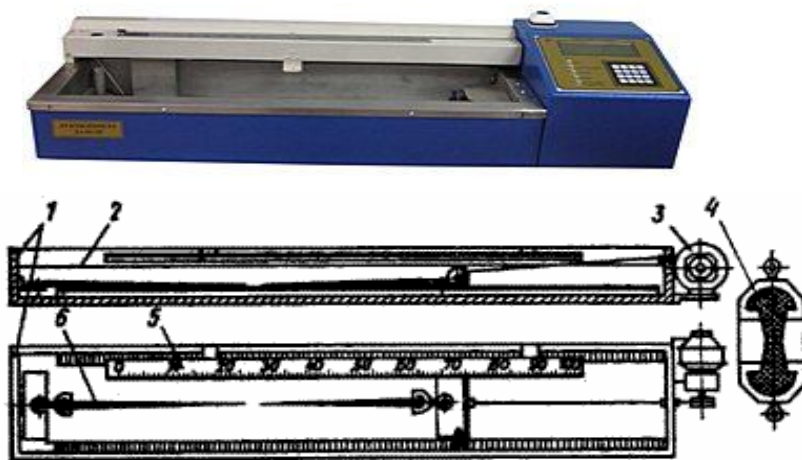


Рис.2. Вид и схема дуктилометра:

1 – сосуд; 2 – уровень воды; 3 – электродвигатель; 4 – форма – «восьмерка» с битумом; 5 – линейка; 6 – нить вяжущего в момент разрыва

### *Порядок испытаний*

1. Смазкой покрывают внутреннюю сторону вкладышей латунной формы «восьмерки» и поверхность пластины, на которую укладывают формы.

2. Расплавленный битум заливают в три формы «восьмерки» на уровень, несколько выше краев форм.

3. Образцы охлаждают в течение 40 мин на воздухе, после чего горячим ножом срезают излишки битума (вровень с краями формы).

4. Образцы помещают в сосуд с водой (или в ванну дуктилометра) на 60 мин. Вода при испытаниях должна иметь температуру

$25 \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $0 + 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Высота слоя воды над образцами должна быть не менее 25 мм.

5. Через час достают образцы из ванны, снимают их с пластин. Устанавливают образцы на штифты дуктилометра и снимают боковые части формы. Дуктилометр должен быть заполнен водой, имеющей температуру испытания битума 25 или 0  $^{\circ}\text{C}$ .

6. Включают мотор дуктилометра и растягивают образцы до момента разрыва. В момент разрыва снимают показатели по линейке в сантиметрах. Результаты заносят в табл. 4.

Таблица 4

### Условия, результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания					
	Температура битума					
	0 $^{\circ}\text{C}$			25 $^{\circ}\text{C}$		
	1	2	3	1	2	3
Температура воды при испытании, $^{\circ}\text{C}$						
Скорость растяжения образцов, см/мин						
Растяжимость битума $\Delta l$ , см						

Показатель растяжимости определяют как среднее арифметическое результатов испытаний трех образцов. Расхождение между результатами испытаний не должно превышать 10%.

### 3. Определение температуры размягчения

*Температура размягчения* битума характеризует его переход из упруговязкопластичного состояния в текучее.

Данный показатель определяют на приборе «Кольцо и шар» («К и Ш») (рис. 3) в градусах Цельсия.

#### *Порядок испытаний*

1. Латунные кольца располагают на металлической пластине, предварительно покрытой смазкой, и заливают расплавленным битумом с небольшим избытком.

2. Образцы охлаждают на воздухе в течение 20 мин и срезают горячим ножом избыток битума вровень с краями колец.

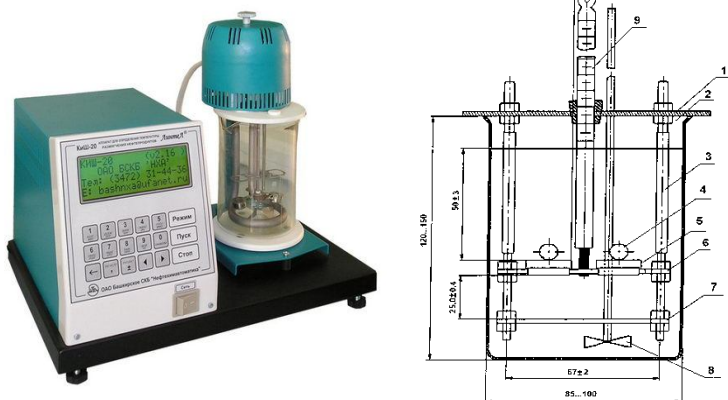


Рис.3. Вид и схема прибора «Кольцо и шар»:

1 – крышка; 2 – стеклянный стакан; 3 – штатив; 4 – шарик;  
5 – ступенчатое кольцо; 6 – верхняя пластина; 7 – нижняя пластина; 8 – мешалка пропеллерная; 9 – термометр

3. Кольца устанавливают в прибор «Кольцо и шар» и заливают воду температурой  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  в стакан прибора. Высота слоя воды над поверхностью битума должна быть не менее 50 мм. Образцы выдерживают не менее 15 мин.

4. Прибор извлекают из стакана, кладут по центру кольца стальной шарик диаметром 9,53 мм и массой 3,5 г и опускают прибор в стакан.

5. Воду подогревают в стакане со скоростью  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ .

6. Отмечают температуру, при которой битум под воздействием шарика вытечет из кольца и коснется нижней пластины прибора.

За температуру размягчения принимают среднее арифметическое результатов двух испытаний при условии, что разница между ними не превышает  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Полученные результаты заносят в табл. 5.

Таблица 5

Условия, результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания	
	1	2
Температура воды в начале опыта, $^{\circ}\text{C}$		
Время нахождения битума при температуре $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , мин		
Скорость подъема температуры воды, $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$		
Температура размягчения $T_{pl}$ , $^{\circ}\text{C}$		

#### 4. Определение прочности сцепления (адгезии) битума с каменными материалами

*Адгезия битума* – это прочность его прилипания к каменным материалам. Показателем интенсивности прилипания является способность битума удерживаться на поверхности каменного материала после воздействия на него кипящей воды в течение определенного времени.

В соответствии с ГОСТ 11508–74 определяют сцепление битума с мрамором или песком.

##### *Порядок испытаний*

Используют два метода определения сцепления битума с мрамором и песком:

метод А – «пассивное» сцепление;

метод Б – «активное» сцепление.

##### *Метод А – «пассивное» сцепление*

Для испытаний используют нормальный вольский песок (по ГОСТ 6139–91) и белый мрамор Коэлгенского или Прохор - Баландинского месторождений.

1. Измельченный мрамор рассеивают и отбирают фракцию от 2 до 5 мм. Мрамор и песок промывают водой и высушивают при температуре 105–110 °С: песок – 2 ч, мрамор – 5 ч.

2. Отвешивают в чашку 30 г мрамора или песка, 1,2 г испытуемого битума.

3. Помещают чашку в термостат на 20 мин при температуре 130–140 °С (при испытании жидких битумов температура составляет 70 °С).

4. Перемешивают материалы до полного обволакивания битумом и выдерживают в течение 20 мин при комнатной температуре.

5. В химический стакан вместимостью 250 мл заливают дистиллированную воду и доводят ее до спокойного кипения.

6. Подготовленную смесь помещают на металлическую сетку, которую затем вешают внутри стакана на проволочных дужках, привязанных к окантовке сетки.

7. Сетку со смесью выдерживают в кипящей воде в течение 30 мин (при испытании жидких битумов кипятить материал необходимо 3 мин).

8. Сетку с испытуемым битумом сразу по окончании кипячения переносят в стакан с холодной водой, где выдерживают в течение

3–5 мин. После этого смесь переносят на бумагу и оценивают прилипание битума к поверхности мрамора или песка.

Битум считают выдержавшим испытание на сцепление с мрамором или песком, если после испытания сцепляемость с минеральным материалом не менее двух параллельных образцов не хуже изображения на рис. 4 соответствующего контрольного образца.

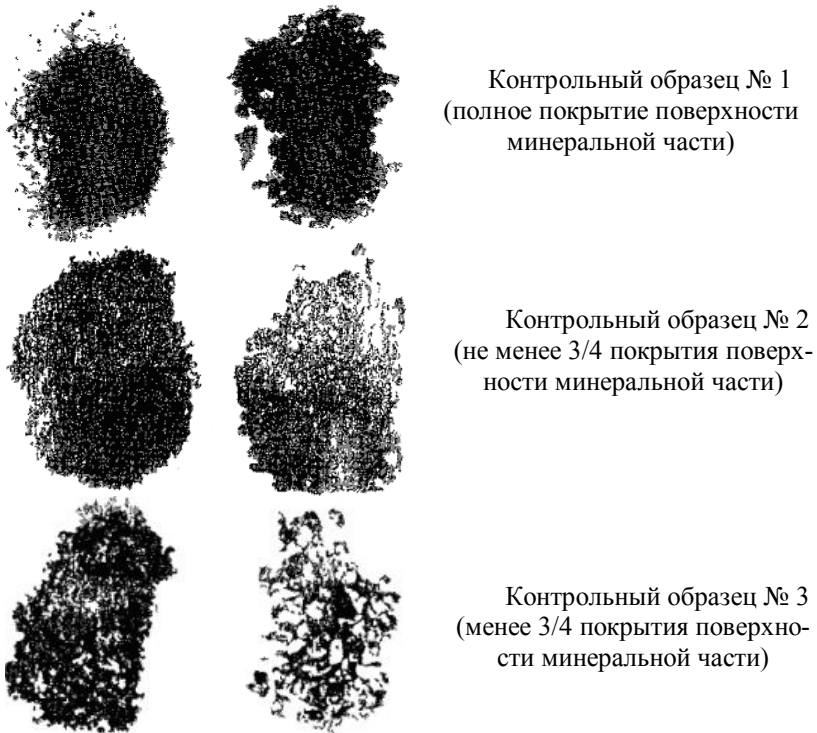


Рис.4. Вид контрольных образцов битумоминеральных смесей по ГОСТ 11508–74

*Метод Б – «активное» сцепление*

1. В три стеклянные пробирки отвешивают по  $8 \pm 0,1$  г мрамора или песка, наливают по 10 см дистиллированной воды и на ее поверхность добавляют по  $0,32 \pm 0,01$  г испытуемого битума.



2. Каждую пробирку закрывают стеклянной пробкой и помещают на специальной подставке в водяную баню при  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  (при испытании жидких битумов температура воды должна быть  $55\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

3. Выступающую из воды часть пробирки накрывают стаканом для обогрева и выдерживают в течение 10 мин.

4. Далее пробирки помещают в предварительно нагретый чехол из кошмы и интенсивно встряхивают в течение 2 мин (140–160 колебаний за 1 мин).

5. После этого битумоминеральную смесь из пробирки переносят на стеклянную пластинку.

Для оценки качества сцепления битумоминеральную смесь сравнивают с фотографиями контрольных образцов, так же, как и в методе А.

## 5. Определение температуры хрупкости битума

*Температура хрупкости* отражает точку перехода битума в хрупкое состояние и определяется на приборе Фрааса (рис. 5). Этот аппарат имеет устройство для сгибания стальной пластины с нанесенной на нее пленкой битума и приспособление для понижения температуры.

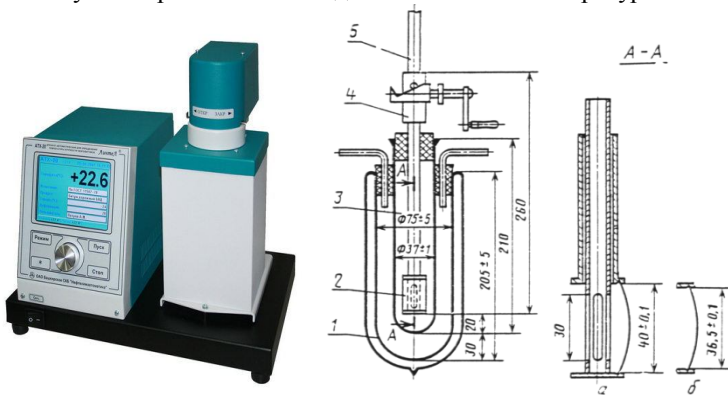


Рис. 5. Вид и схема прибора для определения хрупкости (прибор Фрааса):

- 1 – сосуд Дьюара; 2 – пластинка; 3 – пробирка;  
4 – устройство для сгибания пластинки; 5 – термометр

### *Порядок испытаний*

1. На две стальные пластинки наносят по 0,4 г битума и с помощью нагрева и наклона пластинок добиваются равномерного растекания битума. Для удаления пузырьков над поверхностью битума проносят

пламя свечи, затем образцы выдерживают на воздухе при температуре  $20 \pm 2$  °С не менее 30 мин.

2. Пластину с битумом устанавливают в прибор так, чтобы битумный слой был наружу, и начинают охлаждать. Скорость снижения температуры должна быть 1 °С/мин. При температуре примерно на 10 °С выше ожидаемой температуры хрупкости пластинку начинают сгибать и разгибать с равномерной скоростью.

Результаты заносят в табл. 6.

Таблица 6

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания		
	1	2	3
Температура хрупкости $t_{кр}$ , °С			

3. Температуру отмечают в момент появления первой трещины на битумной пленке.

Аналогичные испытания проводят для другой пластинки. За температуру хрупкости принимают среднее арифметическое значение трех определений, округленное до целого числа.

Допускаемые расхождения между определениями не должны превышать 3 °С.

### 6. Определение индекса пенетрации

Индекс пенетрации является обобщенным расчетным показателем, характеризующим качество нефтяных дорожных битумов.

#### *Порядок испытаний*

Методика определения приведена в соответствии с ГОСТ 22245–90.

Индекс пенетрации нефтяных дорожных битумов определяют в зависимости от глубины проникания иглы при 25 °С и температуры размягчения по «Кольцу и шару».

При промежуточных значениях данных показателей индекс пенетрации определяют интерполяцией.

Индекс пенетрации можно также определить расчетным методом, используя следующие формулы:

$$\text{И.П.} = \frac{30}{1 + 50A} - 10, \quad (1)$$

$$A = \frac{2,9031 - \log \Pi}{T_p - 25}, \quad (2)$$

где  $\Pi$  – глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм;  $T_p$  – температура размягчения, °С;  $\log$  – двоичные логарифмы.

## 7. Определение потери массы после прогрева

Изменение массы битума после прогрева характеризует стабильность битума при продолжительном хранении и повышенных температурах.

### *Порядок испытаний*

1. В две металлические чашки наливают обезвоженный битум. Навеска битума в каждой чашке  $50 \pm 1$  г. Чашки с горячим битумом осторожно наклоняют в стороны и распределяют битум по дну равномерным слоем толщиной примерно 4 мм.

2. Пробы взвешивают с точностью до 0,01 г и помещают в сушильный шкаф на 5 ч при температуре 163 °С. После прогрева чашки охлаждают и взвешивают с точностью до 0,01 г. Для определения показателей битума после прогрева в соответствии с ГОСТ 22245–90 находят температуру размягчения. Дополнительно можно определить изменение массы, условную вязкость и другие показатели.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений.

Результаты заносят в табл. 7.

Таблица 7

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания	
	1	2
Масса пустой чашки $m_s$ , г		
Масса чашки с битумом до прогрева $m_{i_s}$ , г		
Масса чашки с битумом после прогрева $m_{2i_s}$ , г		
Потеря массы битума после прогрева $\Delta m_s$ , г		

После проведения всех лабораторных испытаний и получения необходимых результатов заполняют общую таблицу по всем физико-механическим показателям вязкого битума с обязательным указанием требований (табл. 8). В конце необходимо отнести битум к соответствующей марке и сделать вывод о соответствии качества испытуемого битума нормативным требованиям.

Таблица 8

**Итоговая таблица результатов испытаний**

Показатель	Полученный результат	Требование ГОСТ
Глубина проникания иглы (0,1 мм) П, не менее: при 25 °С при 0 °С		
Температура размягчения $T_p$ , °С, не ниже		
Растяжимость $\Delta l$ , см, не менее: при 25 °С при 0 °С		
Температура хрупкости $t_{xp}$ , °С, не выше		
Температура вспышки $t_b$ , °С, не ниже		
Изменение температуры размягчения после прогрева $\Delta t$ , °С, не более		
Индекс пенетрации И.П.		

**Контрольные задания**

1. Дайте определение и классификацию органических вяжущих веществ.
2. Для каких работ применяют органические вяжущие?
3. Какие нефти используют для производства нефтяных вязких дорожных битумов?
4. Определение битума.
5. Что определяет выбор марки нефтяного вязкого битума для дорожного строительства?
6. Назовите область применения вязких битумов в дорожном строительстве.
7. Дайте характеристику групповому составу нефтяных вязких битумов.
8. Чем характеризуется марка вязкого битума? Какие марки вязкого битума Вы знаете?
9. По каким показателям свойств оценивается качество вязкого битума?

10. Перечислите основные приборы, необходимые для определения физико-механических характеристик битума.

11. Что такое индекс пенетрации?

12. В соответствии с каким государственным стандартом производится оценка качества вязкого нефтяного битума?

13. Назовите типы нефтяных битумов в зависимости от способа их получения.

14. Для чего определяется изменение температуры размягчения вязкого битума после прогрева?

## Лабораторная работа № 2

**Жидкие битумы**

*Цель работы:* произвести испытания жидкого битума, определить его марку.

*Оборудование и материалы:* вискозиметр; прибор Бренкена; прибор ТБО, жидкий битум; измельченный мрамор или кварцевый песок.

**Основные понятия**

Жидкие нефтяные дорожные битумы применяют в качестве вяжущего материала при строительстве дорожных покрытий, оснований и для других целей.

Битумы нефтяные дорожные жидкие, в зависимости от скорости формирования их структуры, подразделяются на классы:

Класс **(СГ)** – **среднегустеющие**, т.е. густеющие со средней скоростью, предназначенные для строительства капитальных и облегченных дорожных покрытий, а также для устройства оснований во всех дорожно-климатических зонах.

Класс **(МГ)** или **(МГО)** – **медленногустеющие**, полученные разжижением вязких нефтяных дорожных битумов жидкими нефтяными продуктами (МГ) и получаемые из остаточных или частично окисленных нефтепродуктов или их смесей **(МГО)**, предназначенные для получения холодных асфальтобетонов, а также для строительства дорожных покрытий облегченного типа и оснований.

Для получения разжиженных битумов применяют вязкие нефтяные дорожные битумы, соответствующие ГОСТ 22245–90, с показателем глубины проникания не более 90.

Марку жидкого битума устанавливают в зависимости от класса и величины условной вязкости. За показатель условной вязкости принимают время истечения 50 мл жидкого битума сквозь отверстие диаметром 5 мм при температуре 60 °С на вискозиметре (рис. 6). При этом испытуемый битум по другим показателям также должен соответствовать требованиям ГОСТ 11955–82 (табл. 9, 10).

Качество жидкого битума оценивают по условной вязкости, количеству испарившегося разжижителя, температуре вспышки, температуре размягчения остатка после испарения разжижителя, сцеплению с мрамором или кварцевым песком.

Таблица 9

**Требования к физико-химическим показателям жидких нефтяных дорожных битумов марок СГ и МГ (по ГОСТ 11955–82)**

Показатель	Нормативные требования для марки					Метод испытания
	СГ 40/70	СГ 70/130	СГ 130/200	МГ 40/70	МГ 70/100	
	ОКП 02 5611 0202	ОКП 02 5611 0203	ОКП 02 5611 0204	ОКП 02 5611 0302	ОКП 02 5611 0303	
Условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм $C_{60}^{\delta}$ , при 60 °С	40–70	71–130	131–200	40–70	71–130	По ГОСТ 11503–74
Количество испарившегося разжижителя $X$ , %, не менее	10	8	7	8	7	По ГОСТ 11504–73
Температура размягчения остатка после определения количества испарившегося разжижителя $T_{p.o}$ , °С, не ниже	37	39	39	28	29	По ГОСТ 11506–73
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле $T_b$ , °С, не ниже	45	50	60	100	110	По ГОСТ 4333–87
Испытание на сцепление с мрамором или песком	Выдерживает в соответствии с контролем образцом № 2	По ГОСТ 11508–74 и ГОСТ 11955–82				

Подготовка жидкого битума для испытаний заключается в его обезвоживании, нагреве до 60 °С и процеживании через сито № 07.

Таблица 10

**Требования к физико-химическим показателям жидких нефтяных дорожных битумов марок МГ и МГО (по ГОСТ 11955–82)**

Показатель	Нормативные требования для марки				Метод испытания
	МГ 130/200	МГО 40/70	МГО 70/130	МГО 130/200	
	ОКП 02 5611 0304	ОКП 02 5611 0403	ОКП 02 5611 0401	ОКП 02 5611 0402	
Условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм $C_{60}^{\circ}$ , при 60°C	131–200	40–70	71–130	131–200	По ГОСТ 11503–74
Количество испарившегося разжижителя $X$ , %, не менее	5	–	–	–	По ГОСТ 11504–73
Температура размягчения остатка после определения количества испарившегося разжижителя $T_{po}$ , °C, не ниже	30	–	–	–	По ГОСТ 11506–73
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле $T_{в}$ , °C, не ниже	110	120	160	180	По ГОСТ 4333–87
Испытание на сцепление с мрамором или песком	Выдерживает в соответствии с контрольным образцом № 2	По ГОСТ 11508–74			

### 1. Определение условной вязкости жидких битумов

За показатель условной вязкости принимают время истечения жидкого битума объемом 50 мл через отверстие диаметром 5 мм при температуре 60 °C.



### *Порядок испытаний*

1. В вискозиметр (рис. 6, 7) устанавливают латунный вкладыш с требуемым диаметром сточного отверстия и закрывают его шариковым клапаном.

2. Баню вискозиметра заполняют водой температурой 61–62 °С.

3. Под сточное отверстие вискозиметра ставят измерительный цилиндр объемом 100 мл. Битум температурой 62–63 °С наливают в цилиндр вискозиметра так, чтобы его уровень доходил до половины диаметра бокового штифта шарикового клапана.

4. Вставляют в цилиндр термометр и перемешивают им битум до достижения температуры 60 °С. Рекомендуются, чтобы температура воды в бане в этот момент тоже была равна 60 °С.

5. Вынимают термометр из цилиндра, поднимают шариковый клапан и вешают его на край цилиндра. Когда уровень вытекающего из вискозиметра в мерный цилиндр битума достигнет метки 25 мл, включают секундомер и в момент достижения уровня 75 мл выключают его.



Рис.6. Технические вискозиметры

Условную вязкость жидкого битума определяют как среднее арифметическое двух испытаний при условии, что разница между ними не превышает 10%. Результаты заносят в табл. 11.

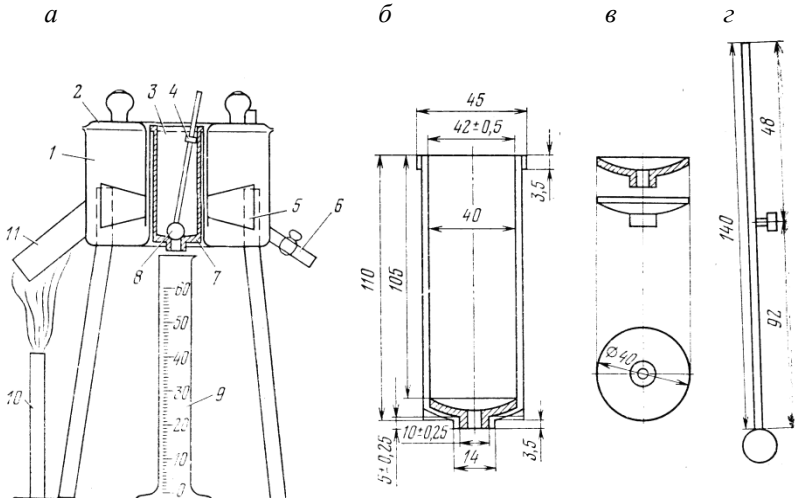


Рис. 7. Схема вискозиметра:

а – общий вид; б – стакан вискозиметра; в – сменное доннышко;  
 г – шаровидная пробка; 1 – водяная баня; 2 – крышка; 3 – стакан вискозиметра;  
 4 – штифт пробки; 5 – крыльчатка для перемешивания воды; 6 – кран; 7 – сменное до-  
 нышко; 8 – шарик пробки; 9 – мерный цилиндр; 10 – газовая горелка; 11 – подогревае-  
 мый отросток водяной бани

Таблица 11

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания	
	1	2
Время истечения 50 мл битума, с		

## 2. Определение температуры вспышки

*Температурой вспышки* называется температура нагрева вязущего, при которой газообразные продукты, выделяющиеся из битума, образуют с воздухом смесь, вспыхивающую на короткое время при поднесении открытого огня.

Температура вспышки, при которой из битума выделяются газообразные продукты, характеризует огнестойкость битума и имеет значение для своевременного предохранения от возможных пожаров и несчастных случаев. Данный показатель определяют на приборе Бренкена или ТВО (рис. 8).

а

б

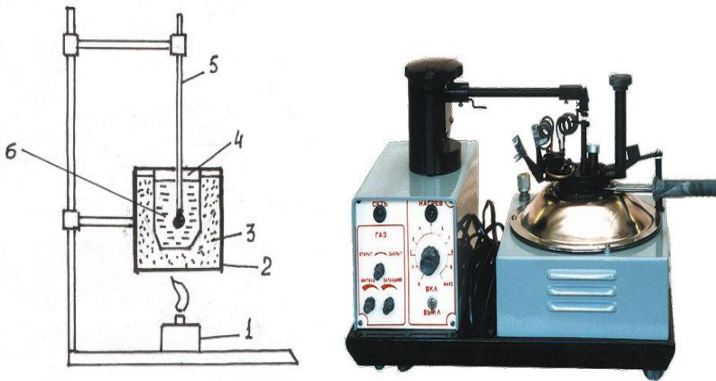


Рис. 8. Приборы для определения температуры вспышки:

а – прибор Бренкена; б – прибор ТВО

1 – горелка; 2 – наружный тигель; 3 – песчаная баня; 4 – внутренний тигель;  
5 – термометр; 6 – битум

### ***Порядок испытаний***

1. Предварительно подготовленный битум заливают в тигель прибора типа ТВО до риски и устанавливают на нагревательный элемент прибора. Подвижную часть стойки с термометром необходимо вернуть в рабочее положение.

2. В тигель с битумом вертикально устанавливают и закрепляют термометр так, чтобы ртутный шарик находился в центре тигля приблизительно на одинаковом расстоянии от дна и от уровня поверхности битума.

3. Перед началом испытаний температура битума в тигле должна быть ниже предполагаемой температуры вспышки не менее чем на 56 °С.

4. Наружный тигель аппарата нагревают пламенем газовой горелки так, чтобы испытуемый битум нагревался со скоростью 10 °С/мин. За 40 °С до предполагаемой температуры вспышки скорость нагрева снижают до 4 °С/мин.

5. За 10 °С до предполагаемой температуры вспышки и далее через каждые 2 °С проводят по краю тигля на расстоянии 10–14 мм от поверхности битума параллельно его поверхности пламя зажигательного устройства.

6. Замеряют температуру, показываемую термометром при появлении первой вспышки (синего пламени) над частью или над всей поверхностью испытуемого битума.

Показатель вычисляют как среднее арифметическое двух испытаний, если они не расходятся более чем на 3 °С.

Результаты заносят в табл. 12.

Таблица 12

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания	
	1	2
Температура вспышки битумов $T_{в1}$ , °С		

### 3. Определение количества испарившегося разжижителя

Методику данного испытания проводят в соответствии с ГОСТ 11504–73.

#### *Порядок испытаний*

1. Берут две чашки Петри, взвешивают.
2. Подготовленный для испытаний битум наливают в две чашки в таком количестве, чтобы слой битума в них был равен 0,1 см, и взвешивают с точностью до 0,01 г.
3. Битум в чашке нагревают до температуры 40–60 °С в течение 1–2 мин, распределяют равномерно по дну.
4. Ставят в термостат и нагревают до заданной температуры в течение 15 мин. В термостате пробы битума выдерживают: марок СГ – 3 ч при температуре  $100 \pm 1$  °С и марок МГ – 5 ч при температуре  $110 \pm 1$  °С.
5. После прогрева чашки с битумом охлаждают, устанавливая в эксикатор и после их охлаждения в течение 30 мин взвешивают с точностью до 0,01 г.

Показатель количества испарившегося разжижителя определяют как среднеарифметическое результатов двух испытаний. Расхождение в результатах не должно превышать 1,5%.

Результаты заносят в табл. 13.

Таблица 13

**Результаты испытаний и расчетов**

Показатель	№ испытания	
	1	2
Масса жидкого битума до испытания $m_{№}$ , г		
Масса жидкого битума после испытания $m_{i}$ , г		
Количество испарившегося разжижителя $X_i$ , %		

**4. Определение сцепления битума с мрамором или песком**

*Сцепление* – это способность пленки битума удерживаться на поверхности каменного материала при воздействии на нее кипящей воды в течение определенного времени.

Определение сцепления битума с мрамором или песком проводят в соответствии с методикой, изложенной в разделе 4 лабораторной работы № 1. При этом для жидких битумов марок МГО применяют метод А, а для марок СГ и МГ – метод Б.

После проведения всех лабораторных испытаний и получения нужных результатов необходимо заполнить общую таблицу по всем физико-механическим показателям жидкого битума с обязательным указанием требований (табл. 14). В конце необходимо отнести битум к соответствующей марке и сделать вывод о соответствии качества испытуемого битума нормативным требованиям.

Таблица 14

**Итоговая таблица результатов испытаний**

Показатель	Полученные результаты	Требования по ГОСТ 22245–90
Условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм $C_{60}^5$ , при 60 °С		
Количество испарившегося разжижителя $X$ , %, не менее		
Испытание на сцепление с мрамором или песком		
Температура размягчения остатка после определения количества испарившегося разжижителя $T_{p.o.}$ , °С, не ниже		
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле $T_b$ , °С, не ниже		

***Контрольные задания***

1. Какие жидкие битумы применяются в дорожном строительстве?
2. Чем характеризуется марка жидкого битума?
3. Чем обуславливается применение жидких битумов?
4. Укажите марки и классы жидких битумов
5. Назовите разжижители, используемые для получения жидких битумов различных классов.
6. С помощью каких параметров производят оценку качества жидких нефтяных битумов?
7. Назовите элементарный химический и групповой состав жидких дорожных битумов.
8. В чем заключается основное отличие нефтяных жидких битумов от вязких битумов?
9. Как получают жидкие нефтяные битумы?
10. Назовите область применения жидких нефтяных битумов.
11. Какие существуют отличия при определении условной вязкости нефтяных битумов вязких и жидких?
12. Для чего производят исследование остатка битума после испарения разжижителя?

## Лабораторная работа № 3

**Эмульсии битумные дорожные**

*Цель работы:* испытать эмульсию в соответствии с ГОСТ Р 52128–2003 и сделать выводы о ее качестве.

*Аппаратура и материалы:* секундомер, мерный цилиндр, фарфоровая чашка, электроплита, палочка стеклянная, чашка выпарительная вместимостью 1000 мл, вискозиметр, встряхивающий столик, эмульсия, щебень (гранитный и известковый), раствор щелочи и кислоты, пенетрометр, дуктилометр, прибор «Кольцо и шар».

**Основные понятия**

Эмульсия битумная дорожная состоит из битума (вязкого или жидкого), воды и эмульгатора.

Битумные эмульсии обеспечивают альтернативный подход, при котором битум разжижается путем диспергирования в воде. Эмульсии могут использоваться с холодными и мокрыми каменными материалами; набор окончательной прочности дорожного материала происходит, когда эмульсии распадаются – возвращаются в непрерывную битумную фазу - и вода исчезает.

По виду ПАВ, используемых в качестве эмульгатора, битумные дорожные эмульсии подразделяют на два вида: анионные (ЭБА) и катионные (ЭБК). По смешиваемости с минеральными материалами каждый вид эмульсии подразделяют на три класса: анионные – ЭБА–1, ЭБА–2, ЭБА–3; катионные – ЭБК–1, ЭБК–2, ЭБК–3.

Массовая доля битума с эмульгатором в эмульсиях должна быть 45 – 55 %.

Для суждения о качестве эмульсии определяют: содержание битума, условную вязкость, устойчивость при хранении, устойчивость при транспортировке, устойчивость при перемешивании с минеральными материалами, однородность, смешиваемость с минеральными материалами, физико-механические показатели битума в эмульсии.

Перед испытанием каждую пробу эмульсии тщательно перемешивают и процеживают через сито № 1,25, смоченное 1%-м раствором едкого натра (для анионных эмульсий). Температура эмульсий при испытаниях должна быть  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . При этом испытываемая битумная эмульсия по всем показателям должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 52128–2003 (табл. 15, 16).

Таблица 15

**Требования к физико-химическим показателям анионоактивных битумных эмульсий (по ГОСТ Р 52128–2003)**

Показатель	Значение для эмульсии класса					
	ЭБА-1	ЭБА-2	ЭБА-3	ЭБПА-1	ЭБПА-2	ЭБПА-3
Содержание вяжущего с эмульгатором, % по массе	От 40 до 55	От 50 до 55	От 50 до 55	От 50 до 65	От 55 до 60	От 55 до 60
Сцепление с минеральными материалами, баллов, не менее	4	4	3	4	4	3
Устойчивость при перемешивании со смесями минеральных материалов: пористого зернового состава плотного зернового состава	Не смешивается То же	Смешивается Не смешивается	Смешивается То же	Не смешивается То же	Смешивается Не смешивается	Смешивается То же
Остаток на сите с сеткой № 014, % по массе, не более	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
Условная вязкость при 20 °С	От 8 до 15	От 10 до 15	От 10 до 15	От 10 до 40	От 15 до 25	От 15 до 25
Устойчивость при хранении (остаток на сите с сеткой № 014), % по массе, не более: через 7 сут через 30 сут	0,6 1,0	0,6 1,0	0,6 1,0	0,8 1,2	0,8 1,2	0,8 1,2
Устойчивость при транспортировании	Эмульсии не должны распадаться на воду и вяжущее					
Физико-механические свойства остатка после испарения воды из эмульсии: глубина проникания иглы 0,1 мм, не менее: при 25 °С при 0 °С температура размягчения, °С, не ниже растяжимость, см, не менее: при 25 °С при 0 °С	60 20 47 55 3,5	90 28 43 65 4	90 28 43 65 4	60 32 54 25 11	90 40 51 30 15	90 40 51 30 15
Эластичность при 25 °С, %, не менее	Не нормируется					



**Требования к физико-химическим показателям катионактивных битумных эмульсий (по ГОСТ Р 52128–2003)**

Показатель	Значение для эмульсии класса					
	ЭБА-1	ЭБА-2	ЭБА-3	ЭБПА-1	ЭБПА-2	ЭБПА-3
Устойчивость при перемешивании: пористого зернового состава	Не смешивается	Смешивается	Смешивается	Не смешивается	Смешивается	Смешивается
плотного зернового состава	То же	Не смешивается	То же	То же	Не смешивается	То же
Содержание вяжущего с эмульгатором, % по массе	От 50 до 70	От 50 до 60	От 55 до 60	От 55 до 70	От 55 до 65	От 55 до 60
Условная вязкость при 20 °С	От 10 до 65	От 10 до 25	От 15 до 25	От 15 до 65	От 15 до 40	От 15 до 25
Сцепление с минеральными материалами, баллов, не менее	5	5	4	5	5	4
Остаток на сите с сеткой № 014, % по массе, не более	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3
Устойчивость при хранении (остаток на сите с сеткой № 014), % по массе, не более: через 7 сут через 30 сут	0,3 0,5	0,3 0,5	0,3 0,5	0,5 0,8	0,5 0,8	0,5 0,8
Устойчивость при транспортировании	Эмульсии не должны распадаться на воду и вяжущее					
Физико-механические свойства остатка: глубина проникания иглы 0,1 мм, не менее: при 25 °С при 0 °С температура размягчения, °С, не ниже растяжимость, см, не менее: при 25 °С при 0 °С	60 20 47 55 3,5	90 28 43 65 4	90 28 43 65 4	60 32 54 25 11	90 40 51 30 15	90 40 51 30 15
Эластичность при 25 °С, %, не менее	Не нормируется	80	85	85		

## 1. Содержание вяжущего в эмульсии

Этот показатель характеризует ее качество и соответствие рецепту. Содержание битума в эмульсии по ГОСТ Р 52128–2003 составляет 40–70% от ее массы.

### *Порядок испытаний*

1. Чистую сухую чашку вместе со стеклянной палочкой взвешивают, затем наливают в чашку примерно 30 г эмульсии и взвешивают чашку с эмульсией и стеклянной палочкой.

2. Чашку с эмульсией и стеклянной палочкой устанавливают на закрытую электрическую плитку или песчаную баню и удаляют воду из эмульсии выпариванием. При выпаривании во избежание разбрызгивания эмульсию периодически перемешивают стеклянной палочкой, не вынимая ее из чашки.

3. Удаление воды из эмульсии считают законченным, когда прекратится выделение пузырьков пара и поверхность остатка в чашке станет зеркальной. После этого чашку охлаждают при комнатной температуре, а затем взвешивают вместе со стеклянной палочкой.

Содержание вяжущего с эмульгатором в эмульсии  $M$ , % по массе, вычисляют по формуле

$$M = \frac{g_3 - g_1}{g_2 - g_1} 100, \quad (3)$$

где  $g_1$  – масса чашки с палочкой, г;  $g_2$  – масса чашки с палочкой и эмульсией, г;  $g_3$  – масса чашки с палочкой и остатком после выпаривания воды из эмульсии, г.

Абсолютное допустимое расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 0,2%.

Содержание вяжущего с эмульгатором в эмульсии вычисляют как среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений. Результаты заносят в (табл. 17).

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания	
	1	2
Масса битумной эмульсии до испытания $m_{№}$ , г		
Масса битумной эмульсии после испытания $m_{1г}$ , г		
Количество вяжущего в эмульсии $X$ , %		

#### 2. Определение устойчивости эмульсии при перемешивании с минеральными материалами

Испытания заключаются в визуальном определении способности эмульсии образовывать равномерную пленку вяжущего на зернах плотного и пористого минерального материала.

##### *Порядок испытаний*

1. Щебень массой 500 г и песок массой 300 г промывают и высушивают при температуре  $105 \pm 5$  °С до постоянной массы, после чего охлаждают при комнатной температуре.

2. Для определения смешиваемости эмульсии с минеральными материалами плотного зернового состава готовят смесь из 65 г щебня, 50 г песка и 8 г минерального порошка. Смесь увлажняют 4 мл воды и тщательно перемешивают. Продолжая перемешивание, в смесь вливают 14 мл эмульсии.

3. Через 45 с от начала внесения эмульсии перемешивание прекращают и проводят визуальную оценку полученной смеси. Если смесь однородная и зерна минеральных материалов равномерно покрыты сплошной пленкой эмульсии, то ее считают медленнораспадающейся и относят к третьему классу. Если эмульсия при перемешивании распалась и образовала сгустки битума, оставив зерна минеральных материалов полностью или частично необработанными, то считают, что эмульсия не смешивается со смесью минеральных материалов плотного зернового состава и в этом случае ее испытывают на смешиваемость со смесью минеральных материалов пористого зернового состава. Для этого готовят смесь из 80 г щебня и 45 г песка, которую увлажняют 3 мл воды и перемешивают. Продолжая перемешивание, добавляют 11 мл эмульсии.

4. Через 45 с от начала внесения эмульсии в смесь перемешивание прекращают и проводят визуальную оценку смеси. Если эмульсия распределилась на зернах минеральных материалов пористого зернового

состава равномерно, то эмульсию считают среднераспадающейся и относят ее ко второму классу.

Если эмульсия не смешивается со смесями минеральных материалов плотного и пористого зерновых составов, ее считают быстрораспадающейся и относят к первому классу.

Результаты заносят в табл. 18.

*Таблица 18*

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	Полученный результат
Класс эмульсии по смешиваемости	

### 3. Определение однородности

Данный показатель находят по остатку битума на сите № 0,14 после процеживания и выражают в процентах от массы эмульсии.

#### *Порядок испытаний*

1. Предварительно промытое бензином и высушенное сито помещают в фарфоровую чашку и взвешивают, затем сито вынимают из чашки и обильно смачивают 1 %-м раствором едкого натра (для анионных эмульсий) или соляной кислоты (для катионных эмульсий).

2. В стеклянный стакан отвешивают 100 г предварительно перемешанной эмульсии.

3. Навеску эмульсии равномерно процеживают через сито. Стакан от эмульсии и стеклянную палочку промывают раствором щелочи или кислоты, сливая его на сито.

4. Остаток на сите также промывают, пропуская через сито раствор щелочи или кислоты до получения прозрачных промывных вод, не содержащих следов эмульсии.

5. Сито ставят в фарфоровую чашку, с которой его предварительно взвешивали, сушат до постоянной массы при температуре  $105 \pm 5$  °С, охлаждают до комнатной температуры и взвешивают вместе с чашкой.

Остаток на сите М, % по массе, вычисляют по формуле

$$M = \frac{g_2 - g_1}{g_3} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $g_1$  – масса сита и чашки, г;  $g_2$  – масса сита с остатком и чашкой, г;  $g_3$  – масса эмульсии, г.

Абсолютное допустимое расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 0,05%.

Остаток на сите вычисляют как среднеарифметическое значение результатов двух параллельных определений.

Результаты заносят в табл. 19.

Таблица 19

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания	
	1	2
Масса сита и чашки $m_{\text{сб}}$ , г		
Масса сита с остатком и чашкой $m_{1\text{с}}$ , г		
Масса эмульсии $M_1$ , г		

### 4. Определение условной вязкости

За показатель условной вязкости принимают время истечения 50 мл эмульсии сквозь отверстие диаметром 3 мм при температуре  $20 \pm 0,5$  °С.

#### Порядок испытаний

1. Эмульсию температурой  $20 \pm 0,5$  °С наливают в рабочий цилиндр аппарата при закрытом затворе до уровня отметки на затворе.

2. Залитую в цилиндр аппарата эмульсию хорошо перемешивают термометром, замеряют температуру, вынимают термометр и быстро поднимают затвор.

3. В момент, когда уровень эмульсии достигнет в измерительном цилиндре метки 25 мл, включают секундомер. Когда уровень эмульсии достигнет метки 75 мл, секундомер останавливают и вычисляют время истечения эмульсии.

За условную вязкость принимают время истечения в секундах 50 мл эмульсии.

Абсолютное допустимое расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 2 с.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов двух определений, округленное до целого числа.

Результаты заносят в табл. 20.

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания	
	1	2
Время истечения 50 мл битумной эмульсии, с		

#### 5. Определение сцепления эмульсий с поверхностью щебня

Сцепление оценивают визуально по величине поверхности щебенки, на которой сохранилась пленка вяжущего после кипячения щебенки, обработанной битумной эмульсией.

##### 5.1. Определение сцепления эмульсий 1-го и 2-го классов с поверхностью щебня

###### *Порядок испытаний*

1. Навеску щебня из гранита при испытании катионных эмульсий или из карбонатных пород при испытании анионных эмульсий массой 1 кг каждая промывают и высушивают в сушильном шкафу при температуре  $105 \pm 5$  °С.

2. Щебень равномерно распределяют на листе бумаги, линейкой делят пробу на четыре квадрата, из каждого квадрата берут для испытания по одному зерну щебня.

3. Зерна обвязывают ниткой или мягкой проволокой, погружают на 1-2 с в стакан с дистиллированной водой, вынимают из воды, стряхивают капли и сразу окунают 2-3 раза в испытуемую эмульсию, затем подвешивают на штативе так, чтобы зерна щебня не касались друг друга.

4. Зерна щебня испытывают через сутки, для чего дистиллированную воду нагревают до 100 °С, затем каждое из подвешенных на штативе зерен щебня поочередно погружают на 30 мин в кипящую воду. По истечении указанного времени фильтровальной бумагой снимают с поверхности воды всплывшее вяжущее, вынимают зерна щебня, погружают на 1-2 с в холодную воду, вынимают из воды и помещают на фильтровальную бумагу.

Оценку качества сцепления эмульсии со щебнем определяют по степени сохранности пленки вяжущего в соответствии с табл. 21. За результат испытаний принимают среднеарифметическое значение результатов четырех определений, округленное до целого числа.

**Оценка качества сцепления эмульсии со щебнем**

Характеристика пленки вяжущего	Оценка сцепления, баллы
Пленка вяжущего полностью сохраняется на поверхности зерен	5
Пленка вяжущего частично отделилась с острых углов и ребер зерен	4
Пленка вяжущего свыше 50% сохраняется на поверхности зерен	3
Пленка вяжущего менее 50% сохраняется на поверхности зерен	2

**5.2. Определение сцепления эмульсий 3-го класса с минеральной частью смеси*****Порядок испытаний***

1. Готовят смесь эмульсии со смесью минеральных материалов плотного зернового состава по п. 2. Приготовленную смесь раскладывают на фильтровальной бумаге и оставляют при комнатной температуре.

2. На следующий день от смеси берут две навески по 50 г каждая. Одну навеску помещают на сетку, вторую оставляют для последующего сравнения со смесью, прошедшей испытание.

3. Химический стакан заполняют примерно на 2/3 объема дистиллированной водой, устанавливают на электроплитку или песчаную баню и доводят до кипения.

4. Сетку с навеской смеси опускают в стакан с кипящей водой таким образом, чтобы уровень воды над смесью был не менее 30–40 мм, и укрепляют проволочными дужками за край стакана.

5. Сетку с испытуемым образцом выдерживают в кипящей воде 30 мин. Вяжущее, отделившееся от поверхности минеральных зерен в процессе кипения и всплывшее на поверхность, удаляют фильтровальной бумагой.

6. По истечении указанного времени сетку со смесью извлекают из стакана и переносят в стакан с холодной водой для охлаждения, после чего смесь переносят на фильтровальную бумагу.

7. Смесь осматривают и, сравнивая со смесью, не проходившей испытание, проводят оценку качества сцепления эмульсии с минеральными материалами в соответствии с табл. 21.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов двух определений, округленное до целого числа.

## **6. Определение физико-механических свойств остатка после испарения воды из эмульсии**

Физико-механические показатели характеризуют качество самого битума в эмульсии.

### *Порядок испытаний*

1. Эмульсию наливают в выпарительную чашку в количестве не менее 500 мл, ставят на электрическую плитку и выпаривают из нее воду, периодически помешивая стеклянной палочкой.

2. В полученном остатке определяют:

– глубину проникания иглы в остаток в соответствии с ГОСТ 11501–78;

– температуру размягчения по кольцу и шару остатка в соответствии с ГОСТ 11506–73;

– растяжимость остатка в соответствии с ГОСТ 11505–75;

– эластичность остатка при 25 °С: после определения растяжимости остатка формы с разорвавшимися образцами снимают со штифтов и укладывают на дно ванны дуктилометра или другой емкости с водой, имеющей температуру  $35 \pm 0,5$  °С. Затем проводят замеры обеих частей образца с точностью до 1,0 мм от свободного конца образца до зажима формы. Измерения проводят до момента изменения длины не более чем на 0,1 см за 15 мин.

Показатель эластичности  $\mathcal{E}$ , %, вычисляют по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{(D + L_0) - L}{D} 100, \quad (5)$$

где  $D$  – см, растяжимость;  $L_0$  – равная 3 см, длина образца до его растяжения;  $L$  – см, сумма длин двух частей образца после их восстановления (по последнему замеру).

За эластичность принимают среднеарифметическое значение результатов трех параллельных определений.

Допустимое расхождение между результатом каждого определения и среднеарифметическим значением не должно превышать 10% среднеарифметического результата. Результаты заносят в табл. 22.



**Результаты испытаний и расчетов**

Показатель	№ испытания	
	1	2
Глубина проникания иглы $\Delta hi, 10^{-1}$ мм		
Температура размягчения по «К и Ш» $T_{pi}, ^\circ\text{C}$		
Растяжимость $\Delta l_i$ , см		
Эластичность $\mathcal{E}$ , %		

**7. Определение устойчивости при хранении**

Устойчивость эмульсии при хранении определяют по остатку на сите с сеткой № 014 после процеживания через него эмульсии, хранившейся при комнатной температуре в течение 7 и 30 сут.

***Порядок испытаний***

1. В каждый из четырех цилиндров отвешивают по 200 г эмульсии. Цилиндры плотно закрывают и оставляют на хранение в спокойном состоянии при комнатной температуре.
2. По истечении 7 сут проводят испытание эмульсии из двух цилиндров в соответствии с п. 3 данной лабораторной работы. Перед процеживанием эмульсию в цилиндре перемешивают стеклянной палочкой.
3. Эмульсию из двух других цилиндров испытывают по истечении 30 сут хранения также в соответствии с п. 3 данной лабораторной работы.

**8. Определение устойчивости при транспортировании**

Устойчивость эмульсии при транспортировании оценивают по ее способности не распадаться после встряхивания в течение 2 ч.

Испытания проводят в аппарате для встряхивания, делающим в минуту 65 движений вперед и 65 – назад на расстояние 8 см.

***Порядок испытаний***

Две колбы, в каждую из которых налито по 200 мл эмульсии, закрывают пробками, укрепляют на приборе и встряхивают 2 ч.

Если не произошло необратимого разделения эмульсии на битум и воду, то считают, что она выдержала испытание.

Результаты заносят в табл. 23.

Таблица 23

**Результаты испытаний и расчетов**

Показатель	Испытания	
	при хранении	при транспортировании
Определение устойчивости		

После проведения всех лабораторных испытаний и получения необходимых результатов необходимо заполнить общую таблицу по всем физико-механическим показателям битумной эмульсии с обязательным указанием требований (табл.24). В конце необходимо отнести битумную эмульсию к соответствующему классу и сделать вывод о соответствии качества битумной эмульсии нормативным требованиям.

Таблица 24

**Итоговая таблица результатов испытаний**

Показатель	Полученный результат	Требования по ГОСТ 22245-90
Устойчивость при перемешивании со смесями минеральных материалов: пористого зернового состава плотного зернового состава		
Содержание вяжущего с эмульгатором, % по массе		
Условная вязкость при 20 °С, с		
Сцепление с минеральными материалами, баллы		
Остаток на сите с сеткой № 014, % по массе		
Устойчивость при хранении (остаток на сите с сеткой № 014), % по массе: через 7 сут через 30 сут		
Устойчивость при транспортировании		
Физико-механические свойства остатка после испарения воды из эмульсии глубина проникания иглы 0,1 мм: при 25 °С при 0 °С температура размягчения по кольцу и шару, °С растяжимость, см: при 25 °С при 0 °С		
Эластичность при 25 °С, %, не менее		

### *Контрольные задания*

1. Какие эмульсии применяют в дорожном строительстве?
2. Из каких материалов состоит эмульсия?
3. Назначение каждого из составляющих компонентов в эмульсии.
4. Что представляет собой эмульгатор в битумной эмульсии? Какова его роль?
5. Что такое прямая и обратная битумные эмульсии?
6. Классифицируйте битумные эмульсии.
7. Схематично представьте, что представляет собой капля анионной и катионной битумных эмульсий.
8. Для каких работ применяют эмульсию?
9. Что такое распад эмульсии? Какие процессы его сопровождают?
10. Как определяется скорость распада битумной эмульсии?
11. По каким показателям оценивают качество эмульсии?
12. Производство битумных эмульсий.
13. Технологические схемы приготовления эмульсий.

## Лабораторная работа № 4

**Полимерно-битумные вяжущие**

*Цель работы:* определить основные свойства и марку полимерно-битумного вяжущего, оценить его качество.

*Оборудование и материалы:* пенетрометр; дуктилометр; прибор «Кольцо и шар»; прибор Фрааса; стакан фарфоровый вместимостью не менее 600 см<sup>3</sup>; палочка стеклянная; термометр лабораторный химический; плитка электрическая с закрытой спиралью; линейка металлическая длиной не менее 50 см с ценой деления 0,1 см; полимерно-битумное вяжущее; каменные материалы (измельченный мрамор или кварцевый песок).

**Основные понятия**

Полимерно-битумным вяжущим (ПБВ) называют битумы, улучшенные добавками полимера. Полимерно-битумные вяжущие готовят на основе вязких дорожных битумов введением полимеров, а также при необходимости и в соответствии с рецептурой приготовления пластификаторов и ПАВ.

Объемы строительства нежестких покрытий автомобильных дорог с использованием ПБВ в последние годы стремительно увеличиваются. Это объясняется тем, что полимер при введении в битум создает пространственную сетку, благодаря чему переводит вяжущее в класс термоэластопластов. Наиболее распространенными добавками являются полимеры типа стирол-бутадиен-стирол (СБС), этиленвинилацетат (ЕВА), полиэтилен (ПЭ), исходные полимеры этиленстиарина. Однако определяющим фактором при выборе полимера является устойчивость полученной системы «полимербитум» при приготовлении, хранении, транспортировке и применении в асфальтобетонной смеси, поэтому наибольшее распространение получили полимерно-битумные вяжущие на основе блок-сополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. К числу полимеров этого класса относится Кротон Д компании Shell, полимерно-битумное вяжущее Stylink компании Koch materials, полимеры EVATANE, Europrene от ENI CHEM Group, ДСТ от «Воронежсинтезкаучук».

Существует два основных способа приготовления полимерно-битумного вяжущего:

1. Осуществляется предварительное растворение полимера в пластификаторе, нагретом до 90 °С. Для приготовления полимерного

компонента требуемой консистенции при перемешивании постепенно повышают температуру раствора до 160 °С. После этого полимерный раствор вводят в битум и перемешивают до однородного состояния в емкости для приготовления ПБВ.

2. Все компоненты, согласно установленным ранее составам, перемешиваются в одной емкости. Если в состав вяжущего входит пластификатор, то его вводят в битум в первую очередь, перемешивают до однородного состояния, а затем при постоянном перемешивании порционно добавляют полимер в виде крошки или порошка и доводят смесь до однородного состояния.

Независимо от технологии приготовления и используемого оборудования, производимые полимерно-битумные вяжущие должны соответствовать требованиям стандарта и технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке.

Качество ПБВ оценивают путем определения следующих показателей: однородности, условной вязкости (глубины проникания иглы в битум), растяжимости, эластичности, температуры размягчения и температуры хрупкости, характеризующих температурный интервал вязкопластичного состояния битума, сцепления прилипания к каменному материалу (адгезии), стабильности свойств во времени в результате прогрева битума и др.

Важным показателем для ПБВ является однородность, которую определяют перед испытанием ПБВ. Если ПБВ однородно, проводят его дальнейшие испытания для отнесения вяжущего к той или иной марке по глубине проникания иглы при 25 °С, однако при этом испытываемое вяжущее по другим показателям (табл. 25) также должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 52056–2003.

После длительного хранения или транспортирования ПБВ допускается к применению только после перемешивания при 160 °С до однородного состояния и при соответствии показателей его свойств требованиям ГОСТ Р 52056–2003.

ПБВ рекомендуется готовить на основе битумов марок БНД согласно ГОСТ 22245-90 «Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия», так как по сравнению с битумами марок БН они характеризуются более низкой температурой хрупкости благодаря высокому содержанию парафинафтеновых и ароматических углеводородов, что позволит при равном содержании полимера и пластификатора получить ПБВ с более низкой температурой хрупкости. Кроме того, в битумах марок БНД значительно меньше хрупких смол, вследствие чего в них лучше распределяется полимер и его необходимое количество для получения ПБВ с оптимальными свойствами меньше.

Таблица 25

**Требования к физико-химическим показателям полимерно-битумного вяжущего (по ГОСТ Р 52056–2003)**

Показатель	Нормативные требования для вяжущего марки						Метод испытания
	ПБВ 300	ПБВ 200	ПБВ 130	ПБВ 90	ПБВ 60	ПБВ 40	
Глубина проникания иглы П (0,1 мм), не менее: при 25 °С при 0 °С	300 90	200 70	130 50	90 40	60 32	40 25	По ГОСТ 11501–78
Температура размягчения по кольцу и шару $T_p$ , °С, не ниже	45	47	49	51	54	56	По ГОСТ 11506–73
Растяжимость $\Delta l$ , см, не менее: при 25 °С при 0 °С	30 25	30 25	30 20	30 15	25 11	15 8	По ГОСТ 11505–75
Эластичность $\mathcal{E}$ , %, не менее: при 25 °С при 0 °С	85 75	85 75	85 75	85 75	80 70	80 70	По ГОСТ Р 52056–2003
Температура хрупкости $t_{xp}$ , °С, не выше	–40	–35	–30	–25	–20	–15	По ГОСТ 11507–78 с дополнением ГОСТ Р 52056–2003
Изменение температуры размягчения после прогрева $\Delta t$ , °С, не более	7	7	6	6	5	5	По ГОСТ 18180–72 По ГОСТ 11506–73
Температура вспышки $t_{в}$ , °С, не ниже	220	220	220	220	230	230	По ГОСТ 4333–87
Сцепление с мрамором или песком	Выдерживает по контрольному образцу № 2	По ГОСТ 11508, метод А					
Однородность	Однородно	По ГОСТ Р 52056–2003					

## 1. Определение однородности полимерно-битумного вяжущего

За показатель *однородности* принимают визуальную оценку однородности распределения полимера в образце вяжущего с помощью стеклянной палочки.

### *Порядок испытания*

1. Пробу ПБВ массой 0,5 кг отбирают в фарфоровый стакан. Если вяжущее хранилось при температуре ниже его температуры размягчения по паспорту, то перед испытанием пробу разогревают до температуры, превышающей на 10 °С температуру приготовления ПБВ, и перемешивают в течение 5–6 мин.

2. Стеклянную палочку погружают в подготовленную пробу ПБВ на 3–4 с, затем извлекают и визуально оценивают характер стекания вяжущего с палочки и состояние пленки вяжущего на ее поверхности. Вяжущее должно стекать с палочки равномерно, и на ее поверхности не должно быть сгустков, комков и крупинок нерастворенного полимера.

Однородность ПБВ определяют сравнением результатов трех определений. Если два из трех определений дают положительный результат, то ПБВ считают выдержавшим испытание на однородность. Если нет, рассматривается вопрос о целесообразности проведения дальнейших испытаний, делается вывод о качестве вяжущего.

Если два из трех определений однородности вяжущего дают положительный результат, данные заносят в табл. 26. Полимерно-битумное вяжущее готово к испытаниям.

По показателю однородности вяжущего оценивается точность и правильность технологии приготовления ПБВ, а также совместимость вязкого битума и используемого полимера.

Таблица 26

**Условия, результаты испытаний и расчетов**

Показатель	№ испытания		
	1	2	3
Однородность			

## 2. Определение эластичности полимерно-битумного вяжущего

*Эластичность* ПБВ характеризует способность образца вяжущего к эластической (полностью обратимой) деформации в предельной де-

формации образца. Определяется в момент разрыва сплошности образца «восьмерки» при определении растяжимости вяжущего и выражается в процентах.

Эластичность ПБВ определяют сразу после испытания образцов на растяжимость.

### **Порядок испытаний**

1. Подготовленные образцы ПБВ, залитые в формы «восьмерки», испытывают по методике определения растяжимости вязкого битума при температурах 25 и 0 °С.

2. Формы с разорвавшимися образцами снимают со штифтов дуктилометра и помещают в отдельную емкость с температурой воды 35 °С. Данная операция производится для ускорения сокращения образцов при определении эластичности ПБВ при 25 °С.

3. Проводят измерения обеих частей образца от свободного оборванного конца образца до зажима формы. Изменения проводят до момента изменения длины не более чем на 0,1 см за 15 мин. При определении эластичности ПБВ при 0 °С измерения проводят при температуре воды  $0 \pm 0,5$  °С. При прекращении сокращения нити вяжущего снимают показатели по линейке в сантиметрах.

Эластичность  $\mathcal{E}$ , %, вычисляют по формуле (5). Результаты заносят в табл. 27.

Показатель растяжимости определяют как среднее арифметическое результатов испытаний трех образцов. Расхождение между результатами испытаний не должно превышать 10% от среднего арифметического. При определении эластичности измерение сокращения нитей ПБВ производится с точностью до 0,1 см.

*Таблица 27*

### **Условия, результаты испытаний и расчетов**

Показатель	№ испытания					
	Температура ПБВ					
	0 °С			25 °С		
	1	2	3	1	2	3
Температура воды при испытании, °С						
Скорость растяжения образцов, см/мин						
Растяжимость ПБВ $\Delta li$ , см						
Эластичность $\mathcal{E}$ , %						



### 3. Определение температуры хрупкости

Температура хрупкости ПБВ определяется по методике определения этого показателя для вязкого битума с незначительным отклонением в требованиях к допустимой точности измерения. Действующие для вязкого битума интервалы погрешности испытаний действительны для ПБВ до температуры – 60 °С.

### 4. Определение пенетрации, температуры размягчения, изменение температуры размягчения после прогрева и прочности сцепления (адгезии) полимерно-битумного вяжущего с каменными материалами

1. Обозначенные показатели свойств полимерно-битумного вяжущего определяются по методикам испытания вязких нефтяных дорожных битумов (лабораторная работа № 1).

После проведения всех лабораторных испытаний и получения результатов необходимо заполнить общую таблицу по всем физико-механическим показателям ПБВ с обязательным указанием требований (табл.28). В конце следует соотнести ПБВ с соответствующей маркой и сделать вывод о соответствии качества вяжущего нормативным требованиям.

Таблица 28

#### Итоговая таблица результатов испытаний

Показатель	Полученный результат	Требования по ГОСТ 22245–90
Глубина проникания иглы П (0,1 мм): при 25 °С при 0 °С		
Температура размягчения по кольцу и шару $T_p$ , °С		
Растяжимость $\Delta l$ , см, не менее: при 25 °С при 0 °С		
Эластичность $\mathcal{E}$ , %: при 25 °С при 0 °С		
Температура хрупкости $t_{xp}$ , °С		
Температура вспышки $t_{вз}$ , °С		
Изменение температуры размягчения после прогрева $\Delta t$ , °С		
Сцепление с мрамором или песком		
Однородность		

***Контрольные задания***

1. Что такое полимерно-битумное вяжущее. Из каких компонентов оно готовится?
2. В чем преимущества полимерно-битумного вяжущего перед вязкими дорожными битумами и почему?
3. Классифицируйте полимерно-битумное вяжущее. От чего зависит выбор марки вяжущего?
4. Какие недостатки характерны для полимерно-битумного вяжущего?
5. Как и для чего определяется однородность полимерно-битумного вяжущего?
6. По каким показателям оценивают качество полимерно-битумного вяжущего?
7. Технологические схемы приготовления полимерно-битумного вяжущего.
8. Что такое эластичность полимерно-битумного вяжущего, для чего ее определяют и как?

## Подбор состава асфальтобетонной смеси

*Цель работы:* произвести расчет состава асфальтобетонной смеси в соответствии с заданием, испытать образцы асфальтобетона подобранного состава и откорректировать состав асфальтобетонной смеси.

*Аппаратура и материалы:* щебень, песок, минеральный порошок, набор сит с размерами отверстий 40; 20; 15; 10; 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,14; 0,071 мм.

### Основные понятия

**Подбор состава** асфальтобетона предусматривает определение соотношения компонентов асфальтобетона в соответствии с требованиями ГОСТ 9128–2009.

**Проектирование** асфальтобетона – комплексный процесс, предусматривающий определение состава асфальтобетона с учетом климатических факторов, условий эксплуатации, а также включающий в себя выбор и испытание материалов для производства асфальтобетонных смесей.

Проектирование асфальтобетона – сложная инженерно-экономическая задача, которая решается в зависимости от следующих факторов:

- дорожно-климатических условий строительства;
- интенсивности и состава движения (категории дороги);
- качества и дальности транспортирования основных материалов;
- особых условий эксплуатации асфальтобетонных покрытий (подъема, участков торможения и др.).

Исходя из этих условий назначаются тип и марка смеси, вязкость применяемого битума.

Подбор состава асфальтобетонной смеси состоит в расчете количества составляющих материалов, которые обеспечат получение плотного каркаса, при этом количество битума должно быть оптимальным.

Расчет состава асфальтобетонной смеси включает:

- 1) определение качества исходных материалов;
- 2) расчет состава минеральной части асфальтобетонной смеси по принципу минимума пустот;
- 3) определение оптимального количества битума в асфальтобетонной смеси;
- 4) определение физико-механических свойств асфальтобетона.

### ***Порядок испытаний***

Одним из важнейших факторов, обеспечивающих требуемые технические характеристики асфальтобетона, является гранулометрический состав минеральной части. Гранулометрический состав смеси должен обеспечивать оптимальную плотность асфальтобетона, а в соответствующих случаях – повышенную шероховатость.

ГОСТ 9128–2009 приводит рекомендуемые гранулометрические составы минеральной части горячих асфальтобетонных смесей.

Состав минеральной части асфальтобетона проектируют таким образом, чтобы кривые гранулометрических составов, нанесенные на соответствующие графики, укладывались в зону, ограниченную предельными кривыми, были плавными, без резких перегибов.

Если кривая зернового состава подобранной смеси минеральных материалов проходит плавно внутри рекомендуемых предельных кривых, то выбор соотношения между минеральными материалами считают законченным. Если кривая зернового состава подобранной смеси минеральных материалов вышла за рекомендуемые пределы плотных смесей, то необходимо изменить соотношение между составляющими материалами или ввести дополнительно материал, улучшающий зерновой состав смеси (например, высевки или крупный песок).

Выбрав соотношение между минеральными материалами, приступают к установлению оптимального количества вяжущего материала опытным путем. *Оптимальным* называется такое количество битума в смеси, при котором прочность асфальтобетона максимальна, а пористость и водонасыщение не выходят за пределы норм, регламентируемых требованиями ГОСТ 9128–2009 (табл.29). Для этого готовят три смеси с различным содержанием вяжущего, в каждой из которых содержание вяжущего отличается на 0,5 или 0,25%. При этом максимальное и минимальное количество битума зависит от вида смеси в соответствии с ГОСТ 9128–2009.

Из приготовленных трех смесей формируют образцы для определения пределов прочности на сжатие при 20 и 50 °С в сухом состоянии, на сжатие при 20 °С в водонасыщенном состоянии, состоянии водонасыщения и набухания.

По результатам испытаний приготовленных из смесей образцов строят графики зависимости прочности при сжатии и водонасыщенности образцов от содержания битума в смеси. Из нескольких вариантов выбирают ту смесь, которая дала лучшие результаты.

Из выбранного состава готовят контрольные образцы и подвергают их испытаниям.

Таблица 29

**Рекомендуемое содержание битума в смесях**

Вид смеси	Содержание битума, мас. %
Горячие смеси:	
высокоплотные	4,0–6,0
плотные типов	
А	4,5–6,0
Б	5,0–6,5
В	6,0–7,0
Г и Д	6,0–9,0
пористые	3,5–5,5
высокопористые щебеночные	2,5–4,0
высокопористые песчаные	4,0–6,0
Холодные типов:	
Б <sub>х</sub>	3,5–5,5
В <sub>х</sub>	4,0–6,0
Г <sub>х</sub> и Д <sub>х</sub>	4,5–6,5

*Пример расчета и выбора состава асфальтобетонной смеси, укладываемой в горячем состоянии по предельным кривым непрерывного зернового состава*

З а д а н и е: требуется составить оптимальную смесь мелкозернистого асфальтобетона, предназначенного для устройства верхнего слоя для покрытия, уплотняемого в горячем состоянии, автомобильной дороги. Имеются минеральные материалы: гранитный щебень, речной песок, минеральный известняковый порошок. Зерновой состав минеральных материалов определен и указан в табл. 30.

Таблица 30

**Зерновой состав минеральных материалов**

Материал	Диаметр отверстий сит, мм								
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	Мельче 0,071
	Частные остатки на ситах, %								
Щебень	–	78	19	3	–	–	–	–	–
Песок	–	–	4	31	37	20	6	2	–
Минеральный порошок	–	–	–	–	–	5	11	6	78

По ГОСТ 9128–2009, в зависимости от типа покрытия, выписывают рекомендуемый состав минеральных составляющих для мелкозернистого асфальтобетона и записывают в табл. 31. Затем находят среднее

значение для содержания соответствующих фракций в смеси и также записывают в табл. 31.

Таблица 31

**Рекомендуемый состав минеральной части мелкозернистого асфальтобетона типа В**

Диаметр отверстий сит, мм	Проходит через сито, %	Среднее значение	
		частиц мельче, %	полные остатки на ситах, %
20	90 – 100	95,0	5,0
15	85 – 100	92,5	7,5
10	75 – 100	87,5	12,5
5	60 – 70	65,0	35,0
2,5	48 – 60	54,0	46,0
1,25	37 – 50	43,5	56,5
0,63	28 – 40	34,0	66,0
0,315	20 – 30	25,0	75,0
0,16	13 – 20	16,5	83,5
0,071	8 – 14	11,0	89,0

Необходимое количество частиц щебня в смеси каменных материалов определяют из условия, что в 100% материала содержится 78% частиц щебня, оставшихся на сите 5 мм, а в подбираемой смеси таких частиц в соответствии с рекомендуемым пределом, согласно ГОСТ 9128–2009, для типа В принимаем равным 30%. Следовательно, количество щебня в смеси в процентах составит:

$$100 - 78, \quad (6)$$

$$x - 30, \quad x = \frac{30}{78} 100 = 38,4\%.$$

Полученное количество щебня в смеси записывают в графу 2 табл. 28. Далее вычисляют содержание каждой фракции щебня в смеси каменных материалов в соответствии с его гранулометрическим составом, %:

сито с отверстиями 5 мм.....	$\frac{38,4}{100} 78 = 30$
сито с отверстиями 2,5 мм .....	$\frac{38,4}{100} 19 = 7,3$
сито с отверстиями 1,25 мм .....	$\frac{38,4}{100} 3 = 1,1$
	<hr/>
	Всего... 38,4

Затем определяют количество минерального порошка в смеси минеральных материалов из условия, что в нем больше всего содержится фракций мельче 0,071 мм. В соответствии с табл. 27 фракций мельче 0,071 мм, в смеси каменных материалов должно быть в среднем 11,0%, в то время как в 100 частях минерального порошка этой фракции содержится 78 %. Отсюда содержание минерального порошка в смеси составит:

$$100 - 78, \quad (7)$$

$$y - 11, \quad y = \frac{11}{78} 100 = 14,1 \%$$

Однако максимальное содержание минерального порошка в асфальтобетонной смеси не должно превышать 12%. Поэтому производят перерасчет количества минерального порошка, %

$$100 - 78, \quad (8)$$

$$y - 9, \quad y = \frac{9}{78} 100 = 11,5 \%$$

Далее определяют содержание каждой фракции минерального порошка в смеси, %:

на сите 0,315 мм.....	$\frac{11,5}{100} 5 = 0,6$
на сите 0,16 мм.....	$\frac{11,5}{100} 11 = 1,3$
на сите 0,071 мм.....	$\frac{11,5}{100} 6 = 0,7$
мельче 0,071 мм.....	$\frac{11,5}{100} 78 = 8,9$
Всего..... 11,5	

Количество песка в смеси каменных материалов определяют, зная, что щебень, песок и минеральный порошок в сумме составляют 100%. Зная процентное содержание щебня и минерального порошка в смеси, находят количество песка:

$$100 - 38,4 - 11,5 = 50,1\%. \quad (9)$$

Содержание каждой фракции песка в смеси каменных материалов составляет, %:

на сите с отверстиями 2,5 мм.....	$\frac{50,1}{100} \cdot 4 = 2,0$
на сите с отверстиями 1,25мм.....	$\frac{50,1}{100} \cdot 31 = 15,5$
на сите с отверстиями 0,63 мм.....	$\frac{50,1}{100} \cdot 37 = 18,6$
мельче с отверстиями 0,315 мм.....	$\frac{50,1}{100} \cdot 20 = 10$
мельче с отверстиями 0,16 мм.....	$\frac{50,1}{100} \cdot 6 = 3,0$
мельче с отверстиями 0,071 мм.....	$\frac{50,1}{100} \cdot 2 = 1$
	Всего..... 50,1

Суммируем частные остатки в щебне, песке и минеральном порошке на одинаковых ситах и записываем в графу 4 табл. 32.

Например, на сите с отверстием 5 мм частный остаток равен 30%, а так как такая фракция в других материалах – песке и минеральном порошке отсутствует, то суммарное количество равно 30%. Суммарное количество частиц на сите с отверстиями 2,5 мм составляет 9,2% (7,3% в щебне и 1,9% в песке) и т. п. Подсчитав содержание фракции на каждом сите для смеси каменных материалов, определяют полные остатки на каждом сите для смеси каменных материалов.

Количество частиц минеральной смеси, прошедших через соответствующие сита, определяют как разность между 100% и полным остатком на данном сите.

Например, полный остаток на сите с отверстиями 15 мм равен 0, следовательно, через это сито прошло 100%; на сите с отверстиями 5 мм прошло 70% фракций (100–30), полный остаток на сите 2,5 мм равен 39,2% фракций, следовательно, через сито прошло 60,8% фракций (100–39,2) и т. п.

Чтобы проверить, как укладывается подобранная смесь в рекомендуемые пределы, наносят подобранный состав минеральных материалов на сетку, где обозначены кривые оптимального гранулометрического состава.

Если данный гранулометрический состав не укладывается в рекомендуемые пределы, то уменьшают количество песка фракции 0,63 до 13%, а количество фракции 0,071 увеличивают до 6,6%. Откорректированный состав минеральной части записывают в табл. 33.

На основании полученных результатов расчетов строят график зернового состава минеральной части асфальтобетонной смеси (рис. 9).



Таблица 32

**Расчетный состав минеральной части мелкозернистого  
асфальтобетона**

Материалы	Количество смеси, %	Диаметр отверстий сит, мм								
		10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	мельче 0,071
		Частные остатки на ситах, %								
Щебень	38,4	–	30	7,3	1,1	–	–	–	–	–
Песок	50,1	–	–	2	15,5	18,6	10	3	1	–
Минеральный порошок	11,5	–	–	–	–	–	0,6	1,3	0,7	8,9
Всего	100	–	30	9,3	16,6	18,6	10,6	4,3	1,7	8,9
Полные остатки	–	–	30	39,3	55,9	74,5	85,1	89,4	91,1	100
Прошло через сито	–	100	70	60,7	44,1	25,5	14,9	10,6	8,9	0
Рекомендуемые пределы по ГОСТ 9128–2009	–	75–100	60–70	48–60	37–50	28–40	20–30	13–20	8–14	–

Подобрать гранулометрический состав минеральной части асфальтобетонной смеси на основе отсева имеющихся материалов можно с помощью программы GRANLAB, разработанной на кафедре автомобильных и железных дорог БГТУ им. В. Г. Шухова.

Таблица 33

**Измененный состав минеральной части мелкозернистого  
асфальтобетона**

Материалы	Количество смеси, %	Диаметр отверстий сит, мм								
		10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	Мельче 0,071
		Частные остатки на ситах, %								
Щебень	38,4	–	30	7,3	1,1	–	–	–	–	–
Песок	50,1	–	–	2	15,5	13	10	3	6,6	–
Минеральный порошок	11,5	–	–	–	–	–	0,6	1,3	0,7	8,9
Всего	100	–	30	9,3	16,6	13	10,6	4,3	7,3	8,9
Полные остатки	–	–	30	39,3	59,9	68,9	79,5	83,8	91,1	100
Прошло через сито	–	100	70	60,7	44,1	31,1	20,5	16,2	8,9	0
Рекомендуемые пределы по ГОСТ 9128–2009	–	75–100	60–70	48–60	37–50	28–40	20–30	13–20	8–14	–

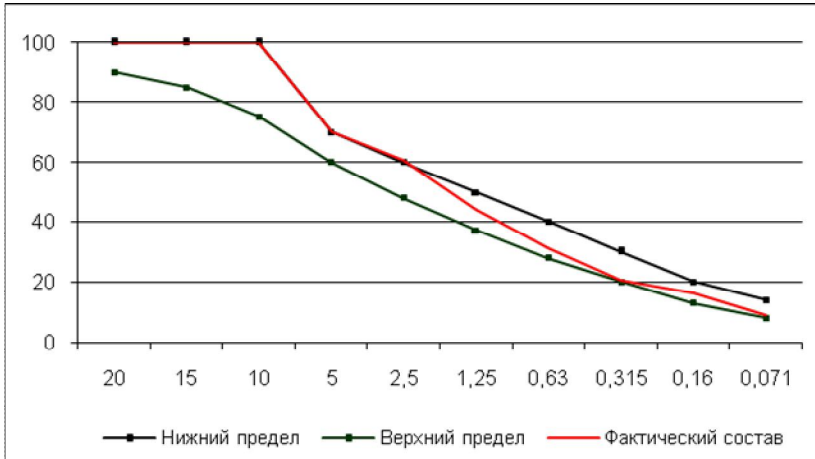


Рис.9. График зернового состава минеральной части

## Лабораторная работа № 6

**Приготовление образцов асфальтобетона**

*Цель работы:* приготовить образец асфальтобетона в соответствии с расчетом лабораторной работы № 4 по горячей технологии и изготовить цилиндрические образцы соответствующего размера для последующего определения физико-механических характеристик асфальтобетона.

*Оборудование и материалы:* щебень, песок, минеральный порошок, битум, смеситель, электрическая печь, весы, формы для изготовления цилиндрических образцов, гидравлический пресс.

**Основные понятия**

Асфальтобетонная смесь – рационально подобранная смесь минеральных материалов (щебня (гравия) и песка с минеральным порошком или без него) с битумом, взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии.

Асфальтобетон – уплотненная асфальтобетонная смесь.

Асфальтобетонные смеси и асфальтобетоны, в зависимости от вида минеральной составляющей, подразделяют на щебеночные, гравийные и песчаные.

Смеси, в зависимости от вязкости используемого битума и температуры при укладке, подразделяют следующим образом (табл.34):

- горячие,готавливаемые с использованием вязких и жидких нефтяных дорожных битумов и укладываемые с температурой не менее 120 °С;
- холодные,готавливаемые с использованием жидких нефтяных дорожных битумов и укладываемые с температурой не менее 5 °С.

Горячие смеси и асфальтобетоны, в зависимости от наибольшего размера минеральных зерен, подразделяют так:

- крупнозернистые с размером зерен до 40 мм;
- мелкозернистые с размером зерен до 20 мм;
- песчаные с размером зерен до 5 мм.

Холодные смеси подразделяют на мелкозернистые и песчаные.

Асфальтобетоны из горячих смесей, в зависимости от величины остаточной пористости, подразделяют на виды:

- высокоплотные с остаточной пористостью от 1,0 до 2,5 %;
- плотные с остаточной пористостью св. 2,5 до 5,0 %;
- пористые с остаточной пористостью св. 5,0 до 10,0 %;

– высокопористые с остаточной пористостью св.10,0 до 18,0 %.

Асфальтобетоны из холодных смесей должны иметь остаточную пористость свыше 6,0 до 10,0 %.

Щебеночные и гравийные горячие смеси и плотные асфальтобетоны, в зависимости от содержания в них щебня (гравия), подразделяют на типы:

- А с содержанием щебня св. 50 до 60 %;
- Б с содержанием щебня св. 40 до 50 %;
- В с содержанием щебня св. 30 до 40 %.

Щебеночные и гравийные холодные смеси и соответствующие им асфальтобетоны, в зависимости от содержания в них щебня (гравия), подразделяют на типы  $B_x$  и  $V_x$ .

Горячие и холодные песчаные смеси и соответствующие им асфальтобетоны, в зависимости от вида песка, подразделяют на типы:

– Г и  $G_x$  – на песках из отсево дробления, а также на их смесях с природным песком при содержании последнего не более 30 % по массе;

– Д и  $D_x$  – на природных песках или смесях природных песков с отсевами дробления при содержании последних менее 70 % по массе.

Высокоплотные горячие смеси и соответствующие им асфальтобетоны содержат щебень свыше 50 до 70%.

Таблица 34

**Требования к температурным режимам в процессе приготовления и укладки асфальтобетонных смесей по ГОСТ 9128–2009**

Вид смеси	Температура смеси, °С, в зависимости от показателя битума						
	Глубина проникания иглы (0,1 мм) при 25°С, мм					Условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм при 60°С	
	40–60	61–90	91–130	131–200	201–300	70–130	131–200
Горячая	От 150 до 160	От 145 до 155	От 140 до 150	От 130 до 140	От 120 до 130	–	От 110 до 120
Холодная	–	–	–	–	–	От 80 до 100	От 100 до 120

*Примечания.* При использовании ПАВ или активированных минеральных порошков допускается снижать температуру горячих смесей на 20°С. Для высокоплотных асфальтобетонов и асфальтобетонов на полимерно-битумных вяжущих допускается увеличивать температуру готовых смесей на 20 °С, соблюдая при этом требования ГОСТ 12.1.005 к воздуху рабочей зоны.

Технологические параметры разогрева материалов и приготовления асфальтобетонной смеси при изготовлении образцов принимают по (табл. 35).

Таблица 35

**Температурные нормативные режимы нагревания материалов  
и смеси по ГОСТ 12801–98**

Материал	Температура нагрева, °С, в зависимости от показателей вяжущего						
	Глубина проникания иглы при 25 °С 0,1 мм					Условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм, с	
	От 40 до 60	От 61 до 90	От 91 до 130	От 131 до 200	От 201 до 300	От 70 до 130	От 131 до 200
Минеральные материалы	От 170 до 180	От 165 до 175	От 160 до 170	От 150 до 160	От 140 до 150	От 100 до 120	От 120 до 140
Вяжущее	От 150 до 160	От 140 до 150	От 130 до 140	От 110 до 120	От 100 до 110	От 80 до 90	От 90 до 100
Смесь	От 150 до 160	От 145 до 155	От 140 до 150	От 130 до 140	От 120 до 130	От 80 до 100	От 100 до 120

*Примечание.* При применении поверхностно-активных веществ или активированных минеральных порошков для приготовления смесей с вязкими вяжущими температуру нагрева минеральных материалов, вяжущего и смесей снижают на 10–20 °С.

Таблица 36

**Размеры образцов, допуски и примерный расход  
асфальтобетонной смеси на один образец**

Наибольший размер зерен заполнителя, мм	Размеры образца, мм		Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Количество смеси на 1 образец, г
	Диаметр	Высота		
5	50,5	50,5 ± 1,0	20	220–240
10, 15, 20	71,4	71,4 ± 1,5	40	640–670
40	101,0	101,0 ± 2,0	80	1900–2000

**Методика приготовления образцов асфальтобетона  
для лабораторных испытаний**

Для испытаний асфальтобетона в соответствии со стандартом готовят образцы цилиндрической формы, диаметр и высота которых должны быть равными или быть в пределах установленных допусков. Размеры образцов принимают согласно рекомендациям стандарта и зависят от наибольшей крупности зерен заполнителя, применяемого в составе асфальтобетона (табл. 36).

Предположим, необходимо приготовить образцы запроектированного состава асфальтобетона для проверки его на соответствие по техническим параметрам требованиям стандарта (ГОСТ 9128–2009). Так как запроектированный состав является мелкозернистым, то наибольшая крупность зерен заполнителя в его составе меньше 20 мм. В связи с этим следует изготовить образцы  $h = d = 71,4$  мм.

*Пример расчета состава асфальтобетонной смеси  
для изготовления образцов-цилиндров*

Допустим, для проведения цикла испытаний необходимо изготовить 15 образцов.

Определяют количество смеси, необходимой для изготовления образцов, исходя из наибольшего расхода смеси на один образец (см. табл. 30):

$$m_{\text{смеси}} = 680 \cdot 15 = 10\,200 \text{ г.}$$

Таким образом, следует приготовить не менее 10 200 г асфальтобетонной смеси.

Количество каждого компонента вычисляют согласно расчетной рецептуре, приведенной в лабораторной работе № 4, пропорционально их расчетному содержанию, %:

Щебень .....	38,4 = 3916,8 г
Песок .....	50,1 = 5110,2 г
Минеральный порошок .....	11,5 = 1173 г
Битум .....	$10\,200/100 \cdot 6 = 612$ г

*Примечание.* В данном случае расход битума принят по среднему значению рекомендуемой величины расхода битума согласно ГОСТ 9128–2009.

**Приготовление смеси и изготовление образцов-цилиндров  
из асфальтобетонной смеси**

1. Подготовленные и взвешенные компоненты перемешивают и прогревают до температурных пределов, указанных в табл. 31.

2. Затем в минеральную смесь на весах добавляют расчетное количество битума, предварительно разогретое до рабочей температуры.

3. Смесь перемешивают до получения однородной массы и разогревают до соответствующей температуры (см. табл. 34). После этого смесь считается готовой для формования образцов.

4. Из приготовленной смеси берут навеску, укладывают в специальную форму (рис. 10,11) небольшими порциями и равномерно распределяют ее в форме, штыкуя ножом.



Рис.10. Формы облегченные для изготовления образцов

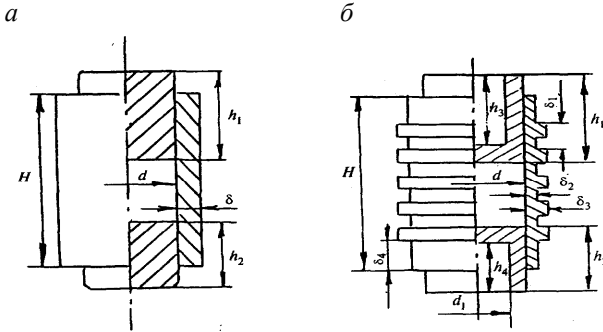


Рис.11. Схемы одиночных форм:

*a* – форма одиночная обычная; *б* – форма одиночная облегченная

5. В форму вставляют пуансон-вкладыш и устанавливают ее на плиту пресса, уплотняют смесь стандартно при давлении  $P = 40$  МПа в течение 3 мин. Формы предварительно должны быть прогреты до температуры  $90-100$  °С. Если формуют образцы из асфальтобетона типа А (щебня больше 50%), то сначала их уплотняют вибрацией 3 мин (частота  $2900 \text{ мин}^{-1}$ , амплитуда  $0,4 \pm 0,05$  мм при давлении  $30 \pm 5$  кПа на пуансон), а затем доуплотняют на прессе под давлением 20 МПа в течение 3 мин.

6. Образцы расформовывают на специальном выжимном устройстве, измеряют высоту с точностью до 0,1 мм; если отклонение по высоте образца больше величины, указанной в табл. 32, необходимо при

формовке следующего образца скорректировать массу смеси и приготовить образцы с расчетным составом асфальтобетонной смеси. Образцы с дефектами и непараллельными основаниями выбраковывают. Образцы, изготовленные из горячей смеси хранят в комнатных условиях и испытывают на следующий день.

7. Когда высота сформованных образцов не равна диаметру, то определяют новый расход смеси на один образец, при котором высота образца будет равна диаметру, используя пропорцию

$$m = m_0 \frac{h}{h_0}, \quad (10)$$

где  $m$  – масса пробного образца, г;  $h_0$  – высота пробного образца, мм;  $h$  – требуемая высота образца, мм.

### *Контрольные задания*

1. Дайте определение асфальтобетонным смесям.
2. При какой скорости движения плиты испытываются асфальтобетонные образцы на сжатие?
3. Подготовка образцов для испытаний на прочность при 20, 50 и 0°С.
4. Порядок изготовления образцов из асфальтобетонной смеси типа Б.
5. Порядок изготовления образцов из асфальтобетонной смеси типа Г.
6. Классификация асфальтобетона в зависимости от температуры укладки.
7. Классификация асфальтобетона в зависимости от наибольшего размера минеральных зерен.
8. Классификация асфальтобетона в зависимости от величины остаточной пористости.
9. Классификация асфальтобетона в зависимости от содержания щебня.
10. От каких параметров зависит температура нагрева минеральных материалов, вяжущего и смеси в целом?
11. Какова конечная цель процесса уплотнения асфальтобетонной смеси?
12. С какой целью осуществляется нормирование остаточной пористости образцов асфальтобетона?
13. Как влияет остаточная пористость на долговечность асфальтобетонного покрытия?



## Испытание образцов асфальтобетона

*Цель работы:* испытать образцы асфальтобетона в соответствии с ГОСТ 12801–98 и сделать вывод о его качестве на основании ГОСТ 9128–2009.

*Оборудование и материалы:* весы, вакуумный прибор, пикнометр, термометр химический ртутный стеклянный, раствор смачивателя, термостат, прессы механические или гидравлические по ГОСТ 28840–90 с нагрузками от 50 до 100 кН.

### Основные понятия

Образцы из смесей с вязкими и жидкими органическими вяжущими хранят на воздухе в комнатных условиях.

Образцы смесей испытывают через:

– 0,5–2 сут (с вязкими и жидкими органическими вяжущими, не содержащими в своем составе воду и минеральные вяжущие);

– 14 сут (с жидкими и эмульгированными вяжущими, содержащими в своем составе воду и приготовленными совместно с минеральными вяжущими или без них).

Образцы из холодной асфальтобетонной смеси испытывают в прогревом и непрогретом состоянии. По истечении 1–2 сут после изготовления часть образцов испытывают в непрогретом состоянии, а другую часть прогревают в сушильном шкафу при температуре  $90 \pm 2$  °С. Продолжительность прогрева – 2 ч при применении жидких битумов класса СГ и 6 ч – жидких битумов классов МГ и МГО. Прогретые образцы испытывают на следующий день после прогрева.

### 1. Определение средней плотности уплотненного материала

Сущность метода заключается в определении гидростатическим взвешиванием средней плотности образцов, изготовленных в лаборатории или отобранных из конструктивных слоев дорожных одежд с учетом имеющихся в них пор.

#### *Порядок испытаний*

1. Образцы взвешивают на воздухе.

2. Затем образцы из смесей погружают на 30 мин в сосуд с водой, имеющей температуру  $20 \pm 2$  °С, таким образом, чтобы уровень воды в сосуде был выше поверхности образцов не менее чем на 20 мм, после чего образцы взвешивают в воде, следя за тем, чтобы на образцах не было пузырьков воздуха.

3. После взвешивания в воде образцы обтирают мягкой тканью и вторично взвешивают на воздухе.

4. Обработка результатов испытания.

Среднюю плотность образца из смеси  $\rho_m$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$\rho_m = \frac{gp^B}{g_2 - g_1}, \quad (11)$$

где  $g$  – масса образца, взвешенного на воздухе, г;  $\rho^B$  – плотность воды, равная 1, г/см<sup>3</sup>;  $g_1$  – масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного в воде, г;  $g_2$  – масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и вторично взвешенного на воздухе, г.

Результаты заносят в табл. 37.

Таблица 37

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания		
	1	2	3
Масса образцов на воздухе $g_1$ , г			
Масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного в воде $g_{1i}$ , г			
Масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и вторично взвешенного на воздухе $g_{2i}$ , г			
Средняя плотность асфальтобетона $\rho_{mi}$ , г/см <sup>3</sup>			

## 2. Определение средней плотности минеральной части (остова)

Сущность метода заключается в определении плотности минеральной части (остова) уплотненной смеси с учетом имеющихся пор.

### Порядок испытаний

Среднюю плотность минеральной части определяют расчетом на основании предварительно установленной средней плотности образ-

цов и соотношения минеральных материалов, вяжущего и воды при наличии ее в смесях.

Среднюю плотность минеральной части смеси  $\rho_m^m$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$\rho_m^m = \frac{\rho_m}{1 + 0,01q_6}, \quad (12)$$

где  $\rho_m$  – средняя плотность образцов по разделу 1, г/см<sup>3</sup>;  $q_6$  – массовая доля вяжущего в смеси, % (сверх 100 % минеральной части).

### 3. Определение истинной плотности минеральной части (остова)

Сущность метода заключается в определении расчетным путем плотности минеральной части (остова) смеси без учета имеющихся в ней пор.

#### *Порядок испытаний*

Истинную плотность минеральной части (остова) определяют на основании предварительно установленных истинных плотностей отдельных минеральных материалов (щебня, песка, минерального порошка и др. (табл. 38)).

Таблица 38

#### **Расчетные характеристики для исходных минеральных материалов**

Расчетная характеристика	Вид материала			
	Щебень	Песок	Отсев дробления	Минеральный порошок
Истинная плотность $\rho_i$ , г/см <sup>3</sup>				
Содержание минеральных компонентов в асфальтобетонной смеси $q_i$ , % (по рецептуре)				

Истинную плотность минеральной части  $\rho^m$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$\rho^m = \frac{100}{\frac{q_1}{\rho^1} + \frac{q_2}{\rho^2} + \dots + \frac{q_n}{\rho^n}}, \quad (13)$$

где  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – массовая доля отдельных минеральных материалов, %;  $\rho^1, \rho^2, \dots, \rho^n$  – истинная плотность отдельных минеральных материалов, г/см<sup>3</sup>.

#### 4. Определение истинной плотности смеси

Сущность метода заключается в определении плотности смеси без учета имеющихся в ней пор.

##### *Порядок испытаний*

Истинную плотность при подборе составов определяют расчетным или пикнометрическим методом.

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

##### 4.1. Определение истинной плотности расчетным методом

На основании предварительно установленных истинных плотностей минеральной части смеси по разделу 3, вяжущего и их массовых соотношений вычисляют истинную плотность смеси  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>, по формуле:

$$\rho = \frac{q_m + q_b}{\frac{q_m}{\rho^m} + \frac{q_b}{\rho^b}}, \quad (14)$$

где  $q_m$  – массовая доля минеральных материалов в смеси (принимают за 100%), %;  $q_b$  – массовая доля вяжущего в смеси (сверх 100 % минеральной части), %;  $\rho^m$  – истинная плотность минеральной части смеси, рассчитанная по формуле (13), г/см<sup>3</sup>;  $\rho^b$  – истинная плотность вяжущего, г/см<sup>3</sup>.

##### 4.2. Определение истинной плотности пикнометрическим методом

1. Взвешивают чистую и сухую колбу.
2. Из смеси отбирают среднюю пробу методом квартования. Для этого смесь распределяют на металлическом противне и делят шпателем на четыре равные части. Из двух противоположных частей отбирают в колбу не менее 200 г смеси.
3. Колбу со смесью охлаждают до комнатной температуры и взвешивают.

4. Затем в колбу со смесью наливают дистиллированную воду температурой  $20 \pm 2$  °С в таком количестве, чтобы ее уровень был выше уровня смеси не менее чем на 3 см.

5. Колбу помещают на 1 ч в вакуумную установку, где поддерживают давление не более 2000 Па.

6. По истечении указанного времени давление доводят до атмосферного и в колбу добавляют 10 мл раствора смачивателя для удаления пузырьков воздуха с поверхности смеси. Когда все пузырьки воздуха всплывут, добавляют дистиллированную воду и доводят ее в колбе до температуры  $20 \pm 2$  °С. Уровень воды фиксируют в зависимости от вида колбы.

7. В мерную колбу воду доливают до метки. В коническую колбу воду доливают до самого края горлышка, на которое кладут покрывное часовое стекло так, чтобы излишки воды вытекли, а под стеклом не оставалось пузырьков воздуха. Колбу пикнометра, заполненную водой, закрывают пробкой, при этом излишек воды вытесняется через капиллярное отверстие. После заполнения водой колбу тщательно обтирают фильтровальной бумагой и взвешивают.

8. Затем колбу освобождают от воды и смеси, тщательно промывают, заполняют дистиллированной водой температурой  $20 \pm 2$  °С так, как указано выше, и взвешивают.

9. Истинную плотность смеси  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{(g - g_1)\rho^B}{g - g_1 + g_2 - g_3}, \quad (15)$$

где  $g$  – масса колбы со смесью, г;  $g_1$  – масса пустой колбы, г;  $g_2$  – масса колбы с водой, г;  $g_3$  – масса колбы со смесью и водой, г;  $\rho^B$  – плотность дистиллированной воды (принимается равной 1 г/см<sup>3</sup>).

Результаты заносят в табл. 39.

Таблица 39

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания	
	1	2
Масса колбы со смесью $g$ , г		
Масса пустой колбы $g_1$ , г		
Масса колбы с водой $g_2$ , г		
Масса колбы со смесью и водой $g_3$ , г		
Истинная плотность смеси $\rho$ , г/см <sup>3</sup>		

## 5. Определение пористости минеральной части (остова)

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

### *Порядок испытаний*

Пористость минеральной части определяют расчетом на основании предварительно установленных значений средней и истинной плотностей минеральной части смеси.

Пористость минеральной части  $V_{\text{пор}}^{\text{M}}$ , %, вычисляют с точностью до первого десятичного знака по формуле

$$V_{\text{пор}}^{\text{M}} = \left(1 - \frac{\rho_m^{\text{M}}}{\rho^{\text{M}}}\right)100, \quad (16)$$

где  $\rho_m^{\text{M}}$  – средняя плотность минеральной части уплотненной смеси или асфальтобетона по разделу 2, г/см<sup>3</sup>;  $\rho^{\text{M}}$  – истинная плотность минеральной части смеси по разделу 3, г/см<sup>3</sup>.

## 6. Определение остаточной пористости

Сущность метода заключается в определении объема пор, имеющих в уплотненной смеси или асфальтобетоне.

### *Порядок испытаний*

Остаточную пористость лабораторных образцов или образцов из покрытия  $V_{\text{пор}}^{\text{o}}$ , % определяют расчетом на основании предварительно установленных средней и истинной плотностей с точностью до первого десятичного знака по формуле:

$$V_{\text{пор}}^{\text{o}} = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho}\right)100, \quad (17)$$

где  $\rho_m$  – средняя плотность уплотненной смеси 1, г/см<sup>3</sup>;  $\rho$  – истинная плотность смеси, г/см<sup>3</sup>.

## 7. Определение водонасыщения

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

### *Порядок испытаний*

1. Водонасыщение определяют на образцах цилиндрической формы или на образцах-вырубках (кернах). Для смесей испытание проводят на образцах, использованных для определения средней плотности.

2. После взвешивания образцов на воздухе их выдерживают 30 мин в воде и взвешивают на воздухе, а затем взвешивают в воде.

3. После взвешивания образцы помещают в сосуд с водой температурой  $20 \pm 2$  °С. Уровень воды над образцами должен быть не менее 3 см. Сосуд с образцами устанавливают в вакуумную установку (рис. 12), где создают и поддерживают давление не более 2000 Па в течение 1 ч при испытании образцов из смесей с вязкими органическими вяжущими; 30 мин — при испытании образцов из смесей с жидкими и эмульгированными вяжущими.

4. Затем давление доводят до атмосферного и образцы выдерживают в том же сосуде с водой температурой  $20 \pm 2$  °С в течение 30 мин.

5. После этого образцы извлекают из сосуда, взвешивают в воде, обтирают мягкой тканью и взвешивают на воздухе.



Рис. 12. Вакуумный прибор

Водонасыщение образца  $W$ , %, вычисляют по формуле:

$$W = \frac{g_5 - g}{g_2 - g_1} 100, \quad (18)$$

где  $g$  – масса сухого образца, взвешенного на воздухе, г;  $g_1$  – масса образца, выдержанного в воде 30 мин и взвешенного в воде, г;  $g_2$  – масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и вторично взвешенного на воздухе, г;  $g_5$  – масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г.

Результаты заносят в табл. 40.

Таблица 40

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания		
	1	2	3
Масса сухого образца, взвешенного на воздухе $g_s$ , г			
Масса образца, выдержанного в воде 30 мин и взвешенного в воде $g_{1s}$ , г			
Масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и вторично взвешенного на воздухе $g_{2s}$ , г			
Масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе $g_{5s}$ , г			
Водонасыщение по объему $W_v$ , %			

## 8. Определение набухания

Набухание определяют как приращение объема образца после насыщения его водой.

### Порядок испытаний

Для определения набухания используют данные, полученные при определении средней плотности и водонасыщения.

Набухание образца  $H$ , % по объему, вычисляют по формуле для смесей:

$$H = \frac{(g_5 - g_6) - (g_2 - g_1)}{g_2 - g_1} 100, \quad (19)$$

где  $g_6$  – масса насыщенного водой образца, взвешенного в воде, г.

## 9. Определение предела прочности при сжатии

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



### ***Порядок испытаний***

1. Подготовленные для испытаний образцы-цилиндры термостатируют при заданной температуре:  $50 \pm 2$  °С,  $20 \pm 2$  °С или  $0 \pm 2$  °С (рис.13). Образцы из горячих смесей выдерживают при заданной температуре в течение 1 ч в воде.



Рис.13. Термостат

2. Для каждого температурного режима испытаний берут по три образца. Затем по одному образцу вынимают из сосуда, где они термостатировались, протирают тканью и устанавливают в центре нижней плиты пресса (рис.14), затем опускают верхнюю плиту и останавливают ее выше уровня поверхности образца на 1,5–2 мм.



Рис.14. Гидравлический пресс

3. После этого включают электродвигатель пресса и начинают нагружать образец до предельной нагрузки в кгс. Перед испытанием устанавливают скорость движения плиты пресса, которая должна быть  $3,0 \pm 0,3$  мм/мин.

4. Так испытывают все образцы, в том числе и насыщенные водой; по полученным результатам для каждого образца рассчитывают предел прочности при сжатии в кгс/см<sup>2</sup>. В завершение для каждой серии из трех образцов, испытанных при температурах 50, 20, 0 °С, и водонасыщенных образцов определяют среднеарифметическое значение предела прочности при сжатии в кгс/см<sup>2</sup> или в МПа ( $R_{20}$ ,  $R_{50}$ ,  $R_0$ ,  $R_{вд}$ ).

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

$$R_{сж} = \frac{P}{F} 10^{-2}, \quad (20)$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка, Н;  $F$  – первоначальная площадь поперечного сечения образца, см<sup>2</sup>;  $10^{-2}$  – коэффициент пересчета в МПа.

Результаты заносят в табл. 41.

Таблица 41

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания		
	1	2	3
Площадь сечения $F$ , см <sup>2</sup>			
Разрушающее усилие $P$ , кгс ( $10^{-1}$ Н): при 20 °С при 50 °С при 0 °С водонасыщенный образец			
Предел прочности при сжатии $R$ , кгс/см <sup>2</sup> ( $10^{-1}$ МПа) при 20 °С при 50 °С при 0 °С водонасыщенный образец			

### 10. Определение водостойкости

Сущность метода заключается в оценке степени падения прочности при сжатии образцов после воздействия на них воды в условиях вакуума. Прочность при сжатии образцов определяют по разделу 9.

### *Порядок испытаний*

Образцы насыщают в вакуумной установке.

Водостойкость  $K_v$  вычисляют с точностью до второго десятичного знака по формуле:

$$K_v = \frac{R_{сж}^B}{R_{сж}^{20}}, \quad (21)$$

где  $R_{сж}^B$  – предел прочности при сжатии при температуре  $20 \pm 2$  °С водонасыщенных в вакууме образцов, МПа;  $R_{сж}^{20}$  – предел прочности при сжатии при температуре  $20 \pm 2$  °С образцов до водонасыщения, МПа.

### **11. Определение водостойкости при длительном водонасыщении**

Сущность метода заключается в определении отношения прочности при сжатии образцов после воздействия на них воды в течение 15 сут к первоначальной прочности параллельных образцов.

#### *Порядок испытаний*

1. Образцы насыщают в вакуумной установке.
2. Образцы, насыщенные в вакуумной установке, переносят в другой сосуд с водой, в котором выдерживают в течение 15 сут, температуру воды поддерживают в пределах  $20 \pm 5$  °С.
3. По истечении 15 сут образцы извлекают из воды, обтирают мягкой тканью и определяют предел прочности при сжатии.

По результатам испытаний с точностью до второго десятичного знака вычисляют водостойкость  $K_{вд}$  после длительного водонасыщения по формуле:

$$K_{вд} = \frac{R_{сж}^{вд}}{R_{сж}^{20}}, \quad (22)$$

где  $R_{сж}^{вд}$  – предел прочности при сжатии при температуре  $20 \pm 2$  °С образцов после насыщения водой в течение 15 сут, МПа;  $R_{сж}^{20}$  – предел прочности при сжатии при температуре  $20 \pm 2$  °С образцов до насыщения водой, МПа.

## 12. Определение качества сцепления битумного вяжущего с поверхностью щебня

Качество сцепления оценивают визуально по степени сохранности пленки битумного вяжущего на зернах щебня после его кипячения в дистиллированной воде.

### *Порядок испытаний*

1. Из средней пробы применяемого щебня отбирают шесть зерен размером не менее 10 мм и высушивают их в сушильном шкафу при температуре 105–110 °С.

2. Каждое зерно щебня обвязывают ниткой или тонкой проволокой (диаметром не более 0,5 мм) и прогревают в сушильном шкафу. Температура прогрева щебня должна быть при применении вязких битумов 130–150 °С, жидких – 80–100 °С.

3. По истечении 1 ч прогретые зерна щебня поочередно погружают на 15 с в применяемое битумное вяжущее, нагретое до температуры, указанной в табл. 24, после чего вынимают и подвешивают на штативе для стекания лишнего битума. Испытание проводят не ранее чем через 1 ч после обработки зерен щебня битумом.

4. Химический стакан заполняют дистиллированной водой на  $\frac{2}{3}$  объема, устанавливают на электроплитку, песчаную баню или на асбестовую сетку над пламенем горелки и доводят воду до кипения.

5. Каждое зерно, подвешенное на штативе, поочередно опускают в середину стакана так, чтобы оно не касалось ни дна, ни стенок стакана и выдерживают в кипящей воде при применении вязких битумов 30 мин, жидких – 3 мин.

6. По истечении указанного времени фильтровальной бумагой удаляют битум, отделившийся от поверхности щебня в процессе кипячения и всплывший на поверхность.

7. Зерно щебня вынимают из стакана и погружают в стакан с холодной дистиллированной водой на 1–3 мин для охлаждения и закрепления оставшейся на поверхности щебня пленки битума.

8. Остывший щебень вынимают из воды и помещают на фильтровальную бумагу.

9. Поверхность зерен щебня осматривают и проводят оценку качества сцепления битумного вяжущего со щебнем по степени сохранности пленки вяжущего в соответствии с табл. 42.

Таблица 42

**Оценка качества сцепления битумного вяжущего со щебнем**

Характеристика пленки битума на поверхности щебня	Качество сцепления
Пленка вяжущего полностью сохраняется на поверхности, при этом толщина ее местами может быть уменьшена	Отличное (пять баллов)
Пленка вяжущего полностью сохраняется на поверхности, но частично отделилась с острых углов и ребер	Хорошее (четыре балла)
Пленка вяжущего свыше 50 % сохраняется на поверхности щебня	Удовлетворительное (три балла)
Пленка вяжущего менее 50 % сохраняется на поверхности щебня. На обнажившейся поверхности наблюдаются отдельные капельки битума	Плохое (два балла)

За результат испытания принимают максимальный балл, но не ниже трех баллов, полученный в результате испытания шести зерен щебня.

После проведения всех лабораторных испытаний и получения нужных результатов необходимо заполнить общую таблицу по всем физико-механическим показателям асфальтобетонных образцов с обязательным указанием требований ГОСТ 9128–2009 (табл.43). В конце надо сделать вывод о соответствии качества асфальтобетона нормативным требованиям.

Таблица 43

**Итоговая таблица результатов испытаний**

Показатель	Полученный результат	Требования по ГОСТ 9128–2009
1	2	3
Средняя плотность образца из смеси $\rho_m$ , г/см <sup>3</sup>		
Средняя плотность минеральной части смеси $\rho_m^M$ , г/см <sup>3</sup>		
Истинная плотность минеральной части $\rho^M$ , г/см <sup>3</sup>		
Истинная плотность смеси $\rho$ , г/см <sup>3</sup>		
Пористость минеральной части $V_{пор}^M$ , %		
Остаточная пористость образцов $V_{пор}^o$ , %		
Водонасыщение $W$ , %		
Набухание $N$ , %		

Окончание табл. 43

1	2	3
Прочность при сжатии $R_{сж}$ , МПа: при 50 °С при 20 °С при 0 °С		
Водостойкость $k_v$		
Водостойкость при длительном водонасыщении $k_{вд}$		
Сцепление вяжущего с поверхностью щебня		

### **Контрольные задания**

1. Определение средней плотности уплотненного материала.
2. Определение средней плотности минеральной части (остова).
3. Определение истинной плотности минеральной части (остова).
4. Определение истинной плотности смеси.
5. Определение пористости минеральной части (остова).
6. Определение остаточной пористости.
7. Определение водонасыщения.
8. Определение предела прочности при сжатии.
9. Определение водостойкости.
10. Определение водостойкости при длительном водонасыщении.
11. Определение сцепления вяжущего с минеральной частью смеси.
12. Определение качества сцепления битумного вяжущего с поверхностью щебня.
13. Что такое структура асфальтобетона? Назовите функцию каждой из структур.
14. Что такое адсорбция, хемосорбция? Как эти процессы влияют на качество асфальтобетона?
15. Каким показателем оценивается однородность асфальтобетонных смесей в соответствии с ГОСТ 9128–2009?
16. Что такое сегрегация и как она влияет на свойства образцов асфальтобетона и асфальтобетонного покрытия в целом?

## Лабораторная работа № 8

**Приготовление и испытание образцов щебеночно-мастичного асфальтобетона**

*Цель работы:* испытать образцы щебеночно-мастичного асфальтобетона в соответствии с ГОСТ 31015–2002 и ГОСТ 12801–98 и сделать вывод о его качестве.

*Оборудование и материалы:* весы, вакуумный прибор, пикнометр, термометр химический ртутный стеклянный, раствор смачивателя, термостат, прессы механические или гидравлические по ГОСТ 28840–90 с нагрузками от 50 до 100 кН.

**Основные понятия**

Перспективным материалом, применяемым в последние годы для устройства верхних слоев покрытий автомобильных дорог всех категорий, аэродромов, городских улиц и площадей в I-V дорожно-климатических зонах, является щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА). Получаемые покрытия отличаются повышенной шероховатостью слоев износа, отсутствием таких дефектов, как отслаивание, образование трещин и колея. Покрытия из ЩМА целесообразно применять для автомобильных дорог с тяжелым интенсивным движением, а также в местах, подверженных систематическим сдвиговым нагрузкам, на перекрестках, остановочных пунктах и т.д.

Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь (ЩМАС) – это рационально подобранная смесь, состоящая из взятых в определенных пропорциях смеси минеральных материалов, щебня, песка из отсевов дробления, минерального порошка, дорожного битума с полимерными и другими добавками или без них, стабилизирующих компонентов, перемешанных в нагретом состоянии до однородной массы.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон – каменный материал, полученный после уплотнения и охлаждения щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон и смеси подразделяют в зависимости от крупности применяемого щебня на виды:

Щебеночно-мастичный асфальтобетон–20 – наибольший размер зерен до 20 мм;

Щебеночно-мастичный асфальтобетон–15 – наибольший размер зерен до 15 мм;

Щебеночно-мастичный асфальтобетон–10 - наибольший размер зерен до 10 мм.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон должен изготавливаться в соответствии с требованиями стандарта (ГОСТ 31015–2002) и технологического регламента.

Содержание битума в таких смесях 6,5–7,5%. Песчаная составляющая (фракция 0,315–5мм) в составе ЩМА – всего 10%. Неотъемлемой частью щебеночно-мастичного асфальтобетона является присутствие *волоконистой (стабилизирующей) добавки*.

*Стабилизирующая добавка (компонент)* – это вещество, которое оказывает стабилизирующее влияние и обеспечивает устойчивость ЩМАС к расслоению. Присутствие стабилизирующей добавки необходимо в первую очередь для вовлечения большого объема битума и обеспечения его устойчивости к отслаиванию в горячей смеси.

При производстве щебеночно-мастичных смесей используются различные стабилизирующие добавки в виде целлюлозного волокна или гранул на его основе (Viator, Technocel, Torcel, Гасцел и др.). Обоснование пригодности стабилизирующих добавок и их оптимального содержания в смеси устанавливаются посредством проведения испытаний по ГОСТ 12801–98 и устойчивости к рассеиванию по ГОСТ 31015–2002. Совокупность требований, которым должны соответствовать стабилизирующие добавки по физико-механическим показателям, приведена в табл. 44.

Таблица 44

#### Основные физико-механические показатели целлюлозного волокна

Показатель	Нормативное значение
Влажность, % по массе, не более	8,0
Термостойкость при температуре 20 °С и по значению массы при прогреве, %, не более	7,0
Содержание волокон длиной от 0,1 до 2,0 мм, %, не менее	80

Щебеночно-мастичный асфальтобетон отличается от асфальтобетона прежде всего принципом проектирования состава смеси, позволяющим создавать совершенно иную структуру материала и механизм взаимодействия компонентов. В ЩМА основную структуру формирует крупный щебень, его содержание составляет от 70 до 80%. Заполнение пустот в щебеночном каркасе осуществляется асфальтовой мастикой, состоящей из битума и минерального порошка. Требования к тех-



ническим показателям ЩМА приведены в соответствии с ГОСТ 3101–2002 (табл. 45).

Таблица 45

**Физико-механические свойства щебеночно-мастичного  
асфальтобетона по ГОСТ 31015–2002**

Показатель	Значение показателя ЩМА для дорожно-климатической зоны		
	I	II–III	IV–V
Пористость минеральной части, %	От 15 до 19	От 15 до 19	От 15 до 19
Остаточная пористость, %	От 1,5 до 4,0	От 1,5 до 4,5	От 2 до 4,5
Водонасыщение по объему, %: для образцов, отформованных из смесей, %, в пределах для вырубков и кернов готового покрытия, %, не более	От 1,0 до 3,5  3,0	От 1,0 до 4,0  3,5	От 1,5 до 4,0  4,0
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее: при 20 °С при 50 °С	 2,0 0,60	 2,2 0,65	 2,5 0,70
Водостойкость при длительном водонасыщении, не менее	0,90	0,85	0,75
Сдвигоустойчивость: коэффициент внутреннего трения, не менее сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа, не менее	 0,92  0,16	 0,93  0,18	 0,94  0,20
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0° С, МПа: не менее не более	 2,0 5,5	 2,5 6,0	 3,0 6,5
<i>Примечание.</i> Для ЩМА–10 допускается снижать нормы коэффициента внутреннего трения на 0,01 по абсолютной величине; при использовании ПБВ допускается снижать нормы сцепления при сдвиге и пределе прочности на растяжение при расколе на 20%.			

Возможно применение в составе ЩМА других стабилизирующих добавок, например, в виде полимерного или других видов волокон с круглым или удлиненным поперечным сечением и длиной нитей от 0,1+10,0 мм, но они должны хорошо удерживать битум при технологических температурах и не ухудшать качества вяжущих и смесей.

Экономический эффект от применения ЩМА достигается прежде всего в сфере эксплуатации за счет увеличения срока службы покрытия и улучшения транспортно-эксплуатационных показателей. Единовременный экономический эффект при строительстве может быть по-

лучен за счет уменьшения толщины поверхностного слоя. Также долговечность дорожного покрытия из ЩМА превосходит срок службы покрытия из асфальтобетона в 2–3 раза, а стоимость обслуживания верхнего слоя дорожного покрытия, изготовленного из ЩМА, в 2 раза ниже стоимости обслуживания слоя, изготовленного из асфальтобетона, из-за большей стойкости против колееобразования, меньшей склонности к образованию трещин и большей деформативности.

Эксплуатационные свойства покрытий из ЩМА имеют также ряд преимуществ. Прежде всего, обеспечивается высокий коэффициент сцепления колес с покрытием, особенно в сырую погоду и при гололеде. Макрошероховатая фактура верхнего слоя предотвращает аквапланирование и возникновение водного аэрозоля, существенно снижающего видимость во время и после дождя. При воздействии повышенных транспортных нагрузок за счет высокого внутреннего трения в покрытиях из ЩМА меньше накапливаются пластические деформации, снижается истираемость покрытия колесами автомобилей и колееобразование.

В зимнее время покрытие хорошо деформируется, у него большая трещиностойкость. За счет мастичной составляющей возможно устройство поверхностного слоя покрытия непосредственно в процессе строительства методом втапливания (без дополнительного разлива битума).

## **1. Проектирование состава щебеночно-мастичного асфальтобетона**

Проектирование гранулометрического состава щебеночно-мастичных смесей, с учетом особенностей, можно осуществлять по методике, принятой для обычных асфальтобетонов (лабораторная работа № 4).

Расход материалов для приготовления ЩМА в зависимости от их вида ориентировочно может быть принят в соответствии с данными, приведенными в табл. 46.

Таблица 46

### Расход материалов для приготовления щебеночно-мастичного асфальтобетона

Материал	Расход материала в зависимости от вида ЩМА, %, по массе		
	ЩМА–10	ЩМА–15	ЩМА–20
Щебень фракции, мм:			
5–10	60–70	15–20	10–15
10–15	–	40–60	20–30
15–20	–	–	30–50
Песок из отсевов дробления	10–30	5–20	5–15
Минеральный порошок	10–20	10–20	10–20
Битум или ПБВ	6,5–7,5	6,0–7,0	5,5–6,0
Стабилизирующая добавка	0,2–0,5	0,2–0,5	0,2–0,5

### 2. Зерновой состав минеральной части щебеночно-мастичного асфальтобетона

Зерновые составы минеральной части в зависимости от вида ЩМАС подбирают в соответствии с требованиями табл. 47.

Таблица 47

### Зерновые составы минеральной части

Вид смеси	Размер зерен мельче, мм									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
ЩМА–20	<b>100–90</b>	<b>70–50</b>	42–25	<b>30–20</b>	25–15	24–13	<b>21–11</b>	19–9	15–9	<b>13–8</b>
ЩМА–15	–	<b>100–90</b>	<b>60–40</b>	<b>35–25</b>	28–18	25–15	<b>22–12</b>	20–10	16–9	14–9
ЩМА–10	–	–	<b>100–90</b>	<b>40–30</b>	29–19	26–16	<b>22–13</b>	20–11	7–10	<b>15–10</b>

*Примечание.* В таблице жирным шрифтом выделены контрольные сита, по которым допускается определять зерновые составы при приемосдаточных испытаниях.

### 3. Требования к материалам для производства щебеночно-мастичного асфальтобетона

Для щебеночно-мастичных асфальтобетонов применяют щебень из плотных горных пород и металлургических шлаков, которые должны соответствовать требованиям ГОСТ 8267–93 и ГОСТ 3344–83 и применяться только в виде фракций 5–10 мм, 10–15 мм, 15–20 мм или в виде смеси фракций 5–15 мм и 5–20 мм; с маркой по дробимости для

изверженных и метаморфических пород – не ниже 1200, а для металлургических шлаков и осадочных пород – не ниже 1000; с маркой по истираемости И-1 и маркой по морозостойкости – не ниже F-50. В щебне, полученном из гравия, дробленых зерен должно быть не менее 85% по массе. Содержание пластинчатых (лещадных) и игловатых частиц в щебне должно быть не больше 15% по массе.

В составе ЩМА применяют песок из отсевов дробления горных пород, отвечающий требованиям ГОСТ 8736–93; марка по прочности песка должна быть не ниже 1000; содержание глинистых частиц, определяемых по методу набухания, – не более 0,5%, при этом содержание зерен мельче 0,16 мм не нормируется.

Минеральный порошок должен соответствовать требованиям ГОСТ 52129–2003. В качестве вяжущих применяют битумы вязкие нефтяные дорожные, соответствующие ГОСТ 22245–90, а также модифицированные полимерно-битумные вяжущие или другие, отвечающие требованиям соответствующих нормативных документов. В зависимости от дорожно-климатической зоны для устройства покрытий автодорог рекомендуют применять битумы с техническими показателями, указанными в табл. 48.

Таблица 48

**Технические показатели битумов в зависимости от дорожно-климатической зоны**

Дорожно-климатическая зона применения ЩМА	I	II - III	IV - V
Глубина проникания иглы, при температуре 25 °С (0,1 мм)	90 + 200	60 – 130	40 + 90

На дорогах с более высокой интенсивностью рекомендуют применять более вязкие битумы и ПБВ. Важнейшим компонентом ЩМА является стабилизирующая добавка, в качестве которой используют целлюлозное волокно или же специальные гранулы на его основе, которые должны соответствовать требованиям табл. 45. Волокно должно быть однородным, не содержать пучков, скоплений нераздробленного материала и посторонних включений, иметь ленточную структуру нитей длиной 1–2 мм.

#### 4. Требования к щебеночно-мастичным асфальтобетонным смесям

К щебеночно-мастичным смесям предъявляют следующие требования: смеси должны выдерживать испытание на сцепление вяжущего с поверхностью минеральной части смеси. Смеси должны быть устойчивыми к расслаиванию в процессе транспортирования и загрузки-выгрузки.

Устойчивость к расслаиванию определяют по показателю стекания вяжущего, который должен составлять не более 0,20% по массе. Рекомендуется при подборе состава смеси обеспечивать этот показатель в пределах 0,07–0,15%.

Смеси должны быть однородными, при этом коэффициент вариации, оцениваемый по изменчивости показателя предела прочности при сжатии при температуре 50 °С, должен составлять не более 0,18.

Температура ЦМАС в зависимости от применяемого в их составе битумного вяжущего при отгрузке потребителю и при укладке должна соответствовать значениям, приведенным в табл. 49.

Таблица 49

#### Температура щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей в зависимости от применяемого в их составе битумного вяжущего

Характеристика битума, глубина проникания иглы при температуре 25 °С (0,1мм)	Температура смеси, °С	
	При отгрузке	При укладке, не менее
От 40 до 60 включительно	160–175	150
Св. 60 до 90 включительно	155–170	145
Св. 90 до 130 включительно	150–165	140
Св. 130 до 200 включительно	140–160	135

#### 5. Методы испытаний щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей

Щебеночно-мастичные смеси и асфальтобетоны испытывают по основным техническим показателям согласно ГОСТ 12801–98. Детально методы испытаний рассмотрены в лабораторной работе № 6.

Для проведения испытаний образцы асфальтобетона изготавливают в виде цилиндров высотой и диаметром, равными 71,4 мм. Температура смеси при изготовлении образцов должна приниматься согласно табл. 45. Уплотнение образцов производят также в соответствии с ГОСТ 12801–98, как для асфальтобетонных смесей типа А. Определе-

ние показателя стекания вяжущего для ЦМАС проводят согласно методике, изложенной в ГОСТ 31015–2002.

### **5.1 Определение устойчивости щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей к расслаиванию по показателю стекания вяжущего**

Суть метода заключается в оценке способности горячей ЦМАС удерживать содержащееся в ней вяжущее.

#### ***Порядок испытаний***

1. Щебеночно-мастичную асфальтобетонную смесь разогревают до максимальной температуры в соответствии с табл. 45 в термостате и тщательно перемешивают. Сушильный шкаф должен быть разогрет до указанной температуры, которую следует поддерживать в процессе испытаний с допускаемой погрешностью  $\pm 2$  °С.

2. Взвешивают пустой стакан ( $m_{1i}$ ), ставят его в сушильный шкаф и выдерживают при температуре, указанной в табл. 45 не менее 10 мин.

3. Затем стакан ставят на весы, быстро насыпают в него 0,9–1,2 кг разогретой смеси, взвешивают ( $m_{2i}$ ) и закрывают покровным стеклом.

4. Стакан со смесью ставят в сушильный шкаф, где снова выдерживают при максимальной температуре, указанной в табл. 45, в течение  $60 \pm 1$  мин.

5. Затем стакан вынимают, снимают с него покровное стекло, удаляют смесь, перевернув стакан вверх дном на  $10 \pm 1$  с, не встряхивая.

6. После этого стакан снова переворачивают и ставят на дно, охлаждают 10 мин и взвешивают ( $m_{3i}$ ) с остатком вяжущего и смеси, прилипшей к его внутренней поверхности.

Опыт повторяют 2 раза. На основе полученных данных для каждого испытания рассчитывают показатель стекания вяжущего  $B_i$ , %. По результатам определяют среднеарифметическое значение показателя стекания вяжущего  $B$ , %. Результаты заносят в табл. 50.

Сопоставляя полученное расчетное значение показателя с требованиями стандарта ГОСТ 31015–2002, делается заключение о соответствии показателя стекания вяжущего нормативным требованиям.

### Результаты испытаний

Показатель	№ испытания	
	1	2
Масса пустого стакана $m_{1i}$ , г		
Масса стакана со ЩМАС $m_{2i}$ , г		
Масса стакана после удаления из него ЩМАС $m_{3i}$ , г		
Показатель стекания $B_i$ , %		

#### 5.2. Определение сдвигоустойчивости образцов щебеночно-мастичного асфальтобетона

Суть метода заключается в определении максимальных нагрузок и соответствующих предельных деформаций стандартных цилиндрических образцов при двух напряженно-деформированных состояниях (рис. 15): при одноосном сжатии (*а*) и при сжатии специальным обжимным устройством по схеме Маршалла (*б*).

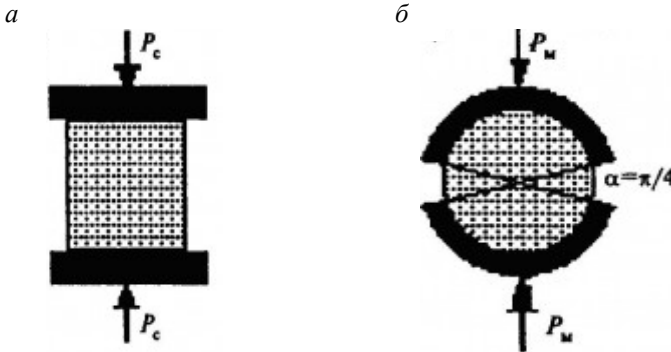


Рис. 15. Схема испытания образцов на сдвигоустойчивость: *а* – одноосное сжатие; *б* – сжатие по схеме Маршалла

#### Порядок испытаний

1. Для испытания щебеночно-мастичного асфальтобетона на сдвигоустойчивость готовят четное число образцов в количестве не менее 6 шт.

2. Перед испытанием образцы и обжимное устройство выдерживают в течение 1 ч при температуре  $50 \pm 2$  °С в воде (рис. 16). Обжимное устройство представляет собой две одинаковые части толстостенной цилиндрической обоймы с внутренним радиусом, равным половине

диаметра образца. Из подготовленной серии образцов половина предназначается для испытания по первой схеме нагружения, другая половина – по второй (см. рис. 15).

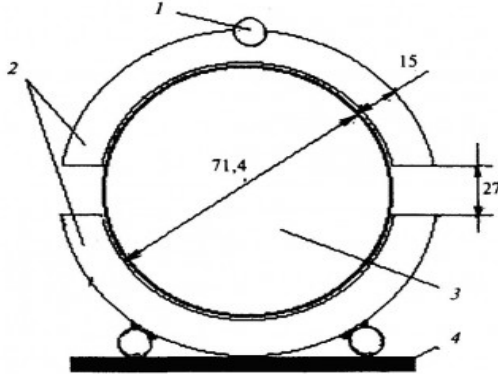


Рис. 16. - Обжимное устройство:

1 – шарнир; 2 – обоймы; 3 – образец; 4 – нижняя плита пресса

3. Максимальные разрушающие нагрузки и соответствующие предельные деформации образцов определяют при двух схемах сжатия: при одноосном сжатии и при сжатии по схеме Маршалла. Скорость нагружения образцов для обеих схем сжатия следует принимать одинаковой и равной  $50,0 \pm 1,0$  мм/мин.

4. Образец, извлеченный из термостатирующего устройства, устанавливают в центре нижней плиты пресса при первой схеме сжатия или в нижнюю часть обжимного устройства при второй схеме сжатия (см. рис. 15, 16). Верхняя плита пресса должна находиться на расстоянии 5–10 мм от верха образца или от верхней части обжимного устройства. После этого включают электродвигатель пресса и начинают нагружать образец.

5. В процессе испытания образца фиксируют максимальное показание силоизмерителя, которое принимают за разрушающую нагрузку. Одновременно с помощью индикатора перемещений замеряют предельную деформацию, соответствующую разрушающей нагрузке или началу стадии текучести, и время нагружения образца по секундомеру. Допускается определять предельную деформацию по произведению постоянной скорости деформирования на время нагружения образца.

6. Для каждого образца, испытанного на одноосное сжатие и на сжатие по схеме Маршалла, вычисляют работу  $A$ , Дж, затраченную на разрушение, по формуле:

$$A = \frac{Pl}{2}, \quad (23)$$



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

7. Среднюю работу деформирования образцов при одноосном сжатии и при сжатии по схеме Маршалла вычисляют с точностью до второго десятичного знака как среднеарифметическое значение результатов испытания не менее трех образцов.

Коэффициент внутреннего трения асфальтобетона  $\operatorname{tg} \varphi$  вычисляют по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{3(A_m - A_c)}{3A_m - 2A_c}, \quad (24)$$

где  $A_m, A_c$  – средняя работа деформирования образцов при испытании соответственно по схеме Маршалла и при одноосном сжатии, Дж.

Лабораторный показатель сцепления при сдвиге  $C_n$ , МПа, вычисляют по формуле:

$$C_n = \frac{1}{6}(3 - 2\operatorname{tg} \varphi)R_c, \quad (25)$$

где  $R_c$  – предел прочности при одноосном сжатии, МПа.

### **5.3. Определение трещиностойкости образцов щебеночно-мастичного асфальтобетона**

Суть метода заключается в определении нагрузки, необходимой для раскалывания образца ЩМА по образующей (предела прочности на растяжение при расколе), при температуре  $0^\circ\text{C}$ .

#### ***Порядок испытаний***

1. Перед испытанием образцы ЩМА термостатируют при температуре  $0 \pm 2^\circ\text{C}$  в течение 1 ч в воде. Температуру  $0 \pm 2^\circ\text{C}$  создают смешением воды со льдом.

2. Предел прочности на растяжение при расколе образцов определяют на прессах при заданной постоянной скорости движения плиты пресса  $3,0 \pm 0,3$  или  $50 \pm 1$  мм/мин. Образец, извлеченный из сосуда для термостатирования, обтирают мягкой тканью и устанавливают в центре нижней плиты пресса на боковую поверхность, затем опускают верхнюю плиту и останавливают ее выше уровня поверхности образца на 1,5–2 мм. Схема испытания представлена на (рис. 17.)

3. Затем включают электродвигатель пресса и начинают нагружать образец. Максимальное показание силоизмерителя принимают за разрушающую нагрузку.

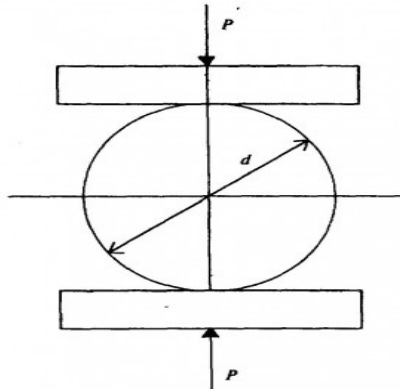


Рис. 17. Схема испытания образцов на растяжение при расколе

По результатам испытаний с точностью до первого десятичного знака вычисляют предел прочности на растяжение при расколе  $R_p$ , МПа, по формуле:

$$R_p = \frac{P}{hd} 10^{-2}, \quad (26)$$

где  $P$  – разрушающая нагрузка, Н;  $h$  – высота образца, см;  $d$  – диаметр образца, см;  $10^{-2}$  – коэффициент пересчета, МПа.

За результат определения принимают округленное до первого десятичного знака среднеарифметическое значение испытаний трех образцов.

После проведения всех лабораторных испытаний и получения необходимых результатов заполняют общую таблицу по всем физико-механическим показателям ЦМА с обязательным указанием требований ГОСТ 9128–2009 (табл. 51). В конце необходимо сделать вывод о соответствии качества ЦМА нормативным требованиям.

Таблица 51

### Итоговая таблица результатов испытаний

Показатель	Полученный результат	Требование по ГОСТ 22245–90
1	2	3
Средняя плотность образца из смеси $\rho_m$ , г/см <sup>3</sup>		
Средняя плотность минеральной части смеси $\rho_m^M$ , г/см <sup>3</sup>		
Истинная плотность минеральной части $\rho^M$ , г/см <sup>3</sup>		

Окончание табл. 51

1	2	3
Истинная плотность смеси $\rho$ , г/см <sup>3</sup>		
Пористость минеральной части $V_{\text{пор}}^{\text{м}}$ , %		
Остаточная пористость образцов $V_{\text{пор}}^{\text{о}}$ , %		
Водонасыщение $W$ , %		
Набухание $N$ , %		
Прочность при сжатии $R_{\text{сж}}$ , МПа: при 50 °С при 20 °С		
Водостойкость $k_{\text{в}}$		
Водостойкость при длительном водонасыщении $k_{\text{вд}}$		
Сцепление вяжущего с поверхностью щебня		
Показатель стекания вяжущего, %		
Сдвигоустойчивость: коэффициент внутреннего трения сцепление при сдвиге при температуре 50 °С, МПа		
Трещиностойкость, МПа		

## 6. Производство щебеночно-мастичного асфальтобетона

Производственный процесс по приготовлению щебеночно-мастичного асфальтобетона будет состоять из следующих технологических операций:

- щебень и песок подаются транспортером в сушильный барабан и нагреваются здесь до температуры 180–200 °С;
- затем эти минеральные материалы из сушильного барабана с помощью горячего элеватора подаются в сортировочно-дозировочное устройство, где горячий минеральный материал с помощью системы виброгрохотов разделяется по фракциям, которые размещаются в отдельных отсеках горячего бункера;
- из бункера для горячих материалов щебень и песок поступают в весовой бункер, а затем в смеситель;
- после поступления в смеситель нагретых минеральных материалов сразу подается стабилизирующая добавка одновременно с минеральным порошком и происходит “сухое” перемешивание смеси в течение 15–20 с при последующем “мокрое” перемешивании смеси с битумом в течение 10–20 с. Стабилизирующая добавка должна равномерно распределиться в асфальтовом вяжущем. Добавление стабилизатора в смесь может производиться вручную или с помощью специального дозирующего устройства;

– затем готовая смесь с помощью скипового подъемника попадает в накопительный бункер, а оттуда транспортируется автомобилями-самосвалами к месту укладки.

Горячая щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь укладывается и уплотняется как стандартная асфальтобетонная смесь с применением обычных асфальтоукладчиков и гладковальцовых катков. С целью повышения качества покрытия рекомендуется укладку смеси производить по возможности на полную ширину проезжей части с помощью асфальтоукладчиков на гусеничном ходу, оснащенных автоматическими системами обеспечения ровности и поперечного уклона. Число одновременно работающих укладчиков назначается в зависимости от общей ширины покрытия и ширины уплотняющих рабочих органов. Асфальтоукладчики во время укладки располагаются уступом с расстоянием между работающими укладчиками в пределах 10–30 м в зависимости от погодных условий и соблюдения мер безопасности.

Катки на пневматических шинах применять не рекомендуется, так как при высоких температурах возможно налипание объемного битума к резиновым шинам. В процессе уплотнения катки должны двигаться по укатываемой полосе челночно от ее краев к оси дороги, а затем от оси к краям, перекрывая каждый след на 20–30 см. Первый проход катка лучше начинать, отступив от края покрытия на 10 см. Края уплотняются после первого прохода катка по всей длине полосы. Уплотнять слой ЩМАС катком с включенной вибрацией не рекомендуется.

### ***Контрольные задания***

1. Что такое ЩМА? Из чего он состоит? Охарактеризуйте функцию каждого из компонентов.
2. По какому признаку классифицируются ЩМА?
3. В чем заключается основное отличие ЩМА от горячих асфальтобетонов?
4. Перечислите основные достоинства и недостатки ЩМА. За счет чего становится возможным достичь экономического эффекта при эксплуатации покрытий из ЩМА?
5. Какую функцию в ЩМА выполняет стабилизирующая добавка?
6. Перечислите существующие стабилизирующие добавки. Какие из них наиболее эффективны?
7. По какому показателю и как оценивается эффективность стабилизирующих добавок?

8. Какие требования предъявляются к сырьевым компонентам для приготовления ЩМА?
9. Что такое сдвигоустойчивость ЩМА и как она определяется?
10. Опишите технологию производства ЩМА.
11. По какому показателю и как оценивают поведение ЩМА при низких температурах?

## Подбор состава и испытание образцов литого асфальтобетона

*Цель работы:* подобрать составы литого асфальтобетона в соответствии с ГОСТ Р 54401–2011, приготовить и испытать образцы в соответствии с ГОСТ Р 54400–2011 и сделать вывод о его качестве.

*Оборудование и материалы:* весы, вакуумный прибор, пикнометр, термометр химический ртутный стеклянный с ценой деления 0,1 °С, раствор смачивателя, термостат, прессы механические или гидравлические по ГОСТ 28840 с нагрузками от 50 до 100 кН, прибор для определения глубины вдавливания штампа, формы-кубы.

### Основные понятия

Литые технологии устройства асфальтобетонных покрытий известны в России с XIX в. Впервые литые смеси применили в Санкт-Петербурге в 1865 г. при асфальтировании трасс Зимнего дворца, а затем в 1870–1874 гг. при устройстве проезжей части Садовой улицы и набережной реки Фонтанки у Инженерного замка. Позднее асфальтирование улиц началось в Одессе, Харькове, Киеве, Житомире, Тамбове, Саратове и других городах. Для изготовления литого асфальтобетона использовали природный битум, который закупали во Франции.

Асфальтобетон литой горячий дорожный – это застывшая в процессе охлаждения и сформировавшаяся в покрытии литая горячая смесь.

*Подбор состава* литой асфальтобетонной смеси предусматривает определение соотношения между компонентами, отвечающего требованиям ГОСТ Р 54401–2011.

Литые асфальтобетонные смеси отличаются от горячих смесей повышенным содержанием битума большей вязкости и минерального порошка, а также более высокой (210–230 °С) температурой при приготовлении и укладке.

**Подразделяются смеси литые** и асфальтобетоны на их основе на три типа, в зависимости от наибольшего размера зерен минеральной части, содержания в них щебня и назначения (табл. 52).

Отличительной особенностью литых асфальтобетонных смесей является то, что их укладывают в текучем состоянии, вследствие чего они легко заполняют выбоины и не требуют уплотнения.

Под действием гравитации щебень самостоятельно погружается на глубину примерно  $2/3$  диаметра зерна и прочно закрепляется на покрытии. Однако, когда в составе литой смеси собственного щебня мало или смесь слишком жидкая, щебень может полностью погрузиться в слой и поверхность останется скользкой. В таких случаях рекомендуется производить распределение щебня после снижения температуры слоя до 160–180 °С.

Таблица 52

### Классификация литых асфальтобетонных смесей

Основные классификационные особенности смесей литых				Назначение
Тип	Максимальный размер зерен минеральной части, мм	Содержание фракций более 5 мм, % по массе	Рекомендуемая толщина слоя покрытия, мм	
I	20	30 – 51	От 40 до 50	Новое строительство, капитальный и ямочный ремонт
II	15	30 – 45	От 40 до 50	Новое строительство, капитальный и ямочный ремонт, тротуары
III	10	20 – 35	От 40 до 50	Тротуары, велосипедные дорожки

Движение транспорта открывают после остывания слоя до 30–40°С, на что требуется летом не более 1–1,5 ч.

Важное преимущество литевой технологии ремонта – возможность ее эффективного применения зимой, особенно при аварийных работах и в ночное время суток.

Зимой низкая температура способствует быстрому охлаждению слоя смеси, что позволяет уже по истечении 20 мин открыть движение по отремонтированному участку.

При температуре ниже –10 °С карты стараются делать небольших размеров (площадью не более 3 м<sup>2</sup>).

Готовая продукция может использоваться сразу или заготавливаться впрок в виде брикетов (полуфабрикатов). Брикеты получают горячим формованием в специальных формах. Перед заполнением форм поверхности контакта обрабатываются антиадгезивом при расходе 0,5 кг/м<sup>2</sup>. После остывания брикеты извлекают из форм и упаковывают в полиэтиленовые мешки или пленку. Упакованные брикеты хранят в штабелях высотой не более 1 м на поддонах в прохладном месте.

Литой асфальтобетон – наиболее долговечный из всех асфальтобетонов, обладает высокой плотностью, наиболее коррозионно устойчив, водонепроницаем, меньше подвержен износу.

Специфической операцией, присущей рассматриваемому материалу, является необходимость непрерывного перемешивания асфальтобетонной смеси (с одновременным подогревом) во время транспортирования от завода к месту укладки. Стоимость литого асфальтобетона выше стоимости других видов асфальтобетона (примерно на 15–25%) за счет повышенного количества битума и минерального порошка, более высоких температур асфальтобетонной смеси. Однако с учетом длительных сроков службы дорожных покрытий из литого асфальтобетона его применение дает экономический эффект. Ремонтные работы с использованием литых смесей можно выполнить при температуре до  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Недостатком литого асфальтобетона является склонность к образованию трещин.

**Требования к материалам** для литых асфальтобетонов имеют следующие особенности.

Смесь производят из рядовых материалов: мелкого каменного наполнителя 5–15 (20) мм (щебня, гравия, отсева дробления), мелкозернистого или среднезернистого песка, минерального порошка и тугоплавких битумов. Допускается широкое применение местных материалов и отходов производства (шлаков, золошлаковых смесей и асфальтогранулята).

**Битумы** следует применять нефтяные дорожные вязкие или строительные, имеющие следующие технические показатели:

- глубина проникания иглы при  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (0,1 мм), не более 50–60
- температура размягчения по методу «Кольцо и шар»,  $^{\circ}\text{C}$ , не менее 52
- температура вспышки,  $^{\circ}\text{C}$ , не ниже 240
- температура хрупкости,  $^{\circ}\text{C}$ , не выше  $(-12)$

**Минеральные порошки** можно применять как активированные, так и неактивированные, отвечающие требованиям ГОСТ Р 52129–2003. К порошкам для литых асфальтобетонов предъявляются достаточно высокие требования, так как они должны эффективно структурировать большой объем битума для того, чтобы получившийся композит имел высокую теплостойкость и сдвигоустойчивость.

**Песок** необходимо использовать из отсевов дробления и обогащенный отсевами дробления, соответствующий требованиям ГОСТ 8736–93. Допускается смесь дробленого песка с природным в соотношении 1 : 1 или 1 : 2 для смесей типа I–II. Песок должен быть не ниже мелкой группы.



**Щебень**, щебень из гравия и гравий, применяемые для литых смесей, должны отвечать требованиям ГОСТ 8267–93, но к ним предъявляют повышенные требования: показатель дробимости должен быть не меньше 1000; морозостойкость – не меньше F50; содержание пылевидных и глинистых частиц должно быть не более 1%; содержание зерен слабых пород – не выше 5 %.

**Требования к физико-механическим свойствам** литого асфальтобетона в зависимости от типа (I– III) должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 53, 54.

Таблица 53

**Физико-механические свойства литого асфальтобетона**

Показатель	Норма для типов смесей		
	I	II	III
Пористость минерального остова, % по объему, не более	20	22	Не нормируется
Остаточная пористость, % по объему, не более	2	2	
Водонасыщение, % по объему, не более	0,5	0,5	0,5
Температура смеси при производстве, транспортировании, хранении и укладке, °С, не выше	215* 230**	215* 230**	215* 230**
Прочность на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа: не менее не более	2,5 6,5	2,0 6,0	Не нормируется
Значения соответствуют максимальной температуре смеси из условия использования: *полимерно-битумных вяжущих, ** битумов нефтяных дорожных вяжущих.			

Таблица 54

**Физико-механические свойства литого асфальтобетона**

Область применения	Вид работ	Диапазон показателя вдавливания штампа для типов смесей, мм		
		I	II	III
1	2	3	4	5
Дороги автомобильные общего пользования с интенсивностью движения $\geq 3000$ авт/сут; мостовые сооружения, тоннели	Устройство верхнего слоя покрытия	От 1,0 до 3,5 Увеличение через 30 мин не более 0,4 мм		Не применяется
	Устройство нижнего слоя покрытия	От 1,0 до 4,5 Увеличение через 30 мин не более 0,6 мм		

Окончание табл. 54

1	2	3	4	5
Дороги автомобильного общего пользования с интенсивностью <3000 авт/сут	Устройство верхнего слоя покрытия	От 1,0 до 4,0 Увеличение через 30 мин не более 0,5 мм	Не применяется	От 2,0 до 8,0*
	Устройство нижнего слоя покрытия	От 1,0 до 5,0 Увеличение через 30 мин не более 0,6 мм		
Пешеходные и велосипедные дорожки, переходы и тротуары	Устройство верхнего и нижнего слоев покрытия	Не применяется	От 2,0 до 8,0*	От 2,0 до 8,0*
Все типы дорог, а также мостовые сооружения и тоннели	Ямочный ремонт верхнего слоя покрытия; устройство выравнивающего слоя	От 1,0 до 6,0 Увеличение через 30 мин не более 0,8 мм	Не применяется	
* Увеличение показателя вдавливания штампа в течение последующих 30 мин не нормируется.				

### Порядок испытаний

Одним из важнейших факторов, обеспечивающих требуемые технические характеристики литого асфальтобетона, является асфальтовое вяжущее вещество (порошок + битум), содержание которого может составлять от 15 до 30%. Каменные материалы в литом асфальтобетоне не образуют каркаса из взаимно соприкасающихся зерен, поэтому данный ремонтный материал приобретает требуемую плотность без дополнительного уплотнения. Поэтому свойства таких асфальтобетонов в большой мере зависят от свойств асфальтового вяжущего, а свойства последнего определяются качеством минерального порошка и качеством битума, а также их рациональным соотношением в смеси.

Состав минеральной части литого асфальтобетона проектируют таким образом, чтобы кривые гранулометрических составов, нанесенные на соответствующие графики, укладывались в зону, ограниченную предельными кривыми, были плавными, без резких перегибов.

В ГОСТ Р 54401–2011 приведены рекомендуемые гранулометрические составы минеральной части литых асфальтобетонных смесей в зависимости от формы сит (табл. 55,56).

Выбрав соотношение между минеральными материалами, приступают к установлению оптимального количества вяжущего материала опытным путем. Более подробно методика подбора оптимального количества битума в смеси представлена в лабораторной работе № 6. За показатель оптимальности содержания в составе вяжущего принимается пористость минерального остова по объему и остаточная пори-

стость, которые не должны выходить за пределы норм для проектируемого типа смеси, регламентируемых требованиями ГОСТ Р 54401–2011 (табл.57).

Из приготовленных пробных смесей формируют образцы-кубы для испытаний.

Из нескольких вариантов выбирают ту смесь, которая дала лучшие результаты. Из выбранного состава готовят контрольные образцы и подвергают их испытаниям.

Таблица 55

**Зерновые составы минеральной части литых смесей  
при использовании круглых сит**

Тип смеси	Размер зерен, мм, мельче*									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
I	95–100	80–100	67–87	49–70	42–59	36–52	30–48	26–42	22–34	19–30
II	100	98–100	87–100	70–85	54–71	44–62	36–54	31–45	26–37	20–32
III	100	100	98–100	85–100	62–88	48–79	39–70	31–59	26–48	20–40

\* Полные проходы минерального материала, % по массе.

Таблица 56

**Зерновые составы минеральной части литых смесей  
при использовании квадратных сит**

Тип смеси	Размер зерен, мм, мельче*										
	16	11,2	8	5,6	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063 (0,075)
I	95–100	78–100	62–83	54–72	49–62	42–59	37–54	29–48	25–40	21–34	19–30
II	100	95–100	83–100	72–89	62–79	50–66	43–59	34–51	29–43	24–35	20–32
III	100	100	95–100	89–100	79–100	55–87	45–77	37–66	30–50	25–45	23–40

\* Полные проходы минерального материала, % по массе.

Таблица 57

**Рекомендуемое содержание битума в смесях**

Тип смеси	Содержание битума, мас. %
I	7,5–9,0
II	8,5–9,5
III	9,5–15,0

## Приготовление смеси и образцов литого асфальтобетона в лаборатории

При приготовлении литых смесей в лаборатории минеральную часть (щебень, песок, минеральный порошок) предварительно высушивают, а вяжущее разогревают до вязкотекучего состояния в соответствии с температурными режимами, приведенными в табл. 58.

Таблица 58

### Температурные режимы приготовления литой смеси

Температура, °С			Время перемешивания, с		
песка и щебня	минерального порошка	смеси на выходе	сухое	с битумом	общее
200–220	Холодный	200–230	45	45	90

Минеральные материалы в количестве, заданном по составу, отве­шивают в металлическую емкость, перемешивают, нагревают до температуры 200 °С и добавляют требуемое количество вяжущего, предварительно нагретого в отдельной емкости до температуры 160 °С. Полученную литую смесь в условиях постоянного перемешивания доводят до температуры не выше 215 °С (в случае применения в смеси полимерно-битумного вяжущего) и до температуры не выше 230 °С (в случае применения в смеси вязкого битума).

В процессе подготовки образцов литой смеси не допускают пере­грева материалов. Длительность осуществления лабораторного замеса литой смеси, определяемая с момента начала перемешивания компонентов с вяжущим до полной гомогенизации, не должна превышать 5–10 мин. Смесь должна быть однородной, с равномерным покрытием минеральной части вяжущим, без признаков слипания мелких частиц в комки и перегрева.

После этого подготовленная смесь переносится в формы для при­готовления образцов-кубов (рис. 18). Формы для изготовления образ­цов-кубов должны быть стальные и могут иметь любую конструкцию, обеспечивающую размер образца-куба 7,07 × 7,07 × 7,07 см.

Испытуемые образцы-кубы для определения физико-механических свойств литого асфальтобетона изготавливают путем по­слойного заполнения форм смесью. Из отобранной пробы готовят не менее двух образцов-кубов. Масса смеси, необходимой для изготовле­ния одного образца-куба, находится в пределах от 750 до 950 г.

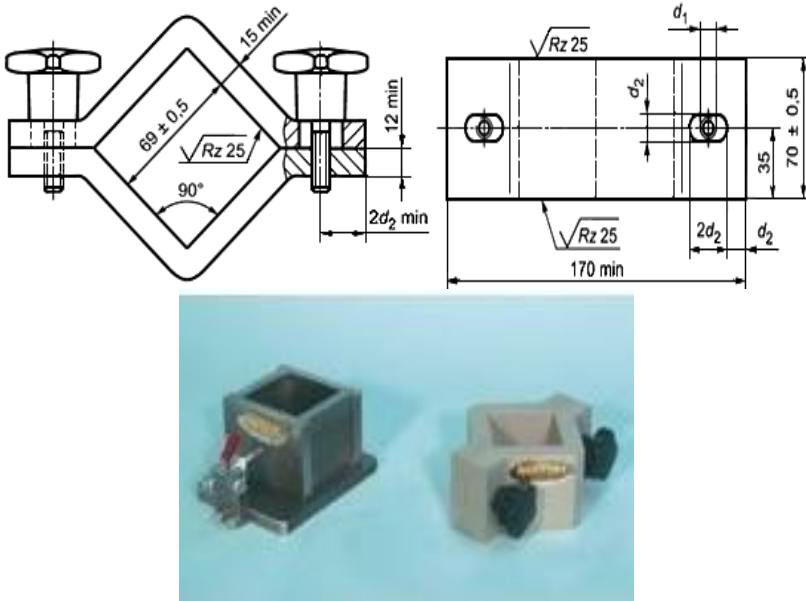


Рис. 18. Зажимная форма для установки кубической пробы:  
 $d_1$  – диаметр резьбы;  $d_2$  – диаметр направляющей прорези штампа цилиндрической формы круглого сечения площадью 500 мм

Внутреннюю очищенную поверхность формы рекомендуется обработать силиконовой смазкой, глицерином либо порошковой известью. Заполнение формы производят послойно в три приема. Каждый слой 10–15 раз равномерно штыкуют металлическим шпателем с шириной лезвия не более 70 мм или стальным штырем диаметром от 6 до 10 мм на глубину 10–20 мм по всей площади, а затем утрамбовывают 7–10 раз деревянной трамбовкой квадратного сечения с размером грани от 3 до 6 см. Трамбование осуществляют равномерно по всей плоскости с незначительным усилием, исключая выдавливание смеси из формы. Поверхность образца-куба выравнивают по верхнему краю формы и заглаживают горячим металлическим шпателем, имеющим температуру от 100 до 230 °С. Изготовленные образцы-кубы выдерживают в форме до достижения ими комнатной температуры в условиях их естественного охлаждения. К испытаниям приступают после достижения образцами-кубами комнатной температуры.

## **Испытание образцов литого асфальтобетона**

### **1. Определение пористости минерального остова**

Сущность метода заключается в определении объема пор, имеющих в минеральной части (остове) литой смеси или асфальтобетона на ее основе.

#### ***Порядок испытаний***

Определение пористости минерального остова выполняют в соответствии с ГОСТ 12801–98 (лабораторная работа № 7, раздел 2). Определение средней плотности литого асфальтобетона осуществляется на образцах-кубах.

### **2. Определение остаточной пористости**

Сущность метода заключается в определении объема пор, имеющих в литой смеси или асфальтобетоне на ее основе.

#### ***Порядок испытаний***

Определение остаточной пористости выполняют в соответствии с ГОСТ 12801–98 (лабораторная работа № 7, раздел 6).

### **3. Определение водонасыщения**

Сущность метода заключается в определении количества воды, поглощенной образцом-кубом или образцом вырубки (керном) при заданном режиме насыщения.

#### ***Порядок испытаний***

Определение водонасыщения осуществляется в соответствии с ГОСТ 12801–98 (лабораторная работа № 7, раздел 7) на образцах-кубах или образцах-вырубках (кернах).

Результаты заносят в табл. 59.

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания	
	1	2
Масса сухого образца, взвешенного на воздухе $g_s$ , г		
Масса образца, выдержанного в воде 30 мин и взвешенного в воде $g_{1i}$ , г		
Масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и вторично взвешенного на воздухе $g_{2i}$ , г		
Масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе $g_{5i}$ , г		
Водонасыщение по объему $W_i$ , %		

#### 4. Определение глубины вдавливания штампа

Сущность метода заключается в определении деформации образца под действием приложенной постоянной вертикальной нагрузки, передаваемой на образец через шток (штамп) с плоским основанием определенной площади, за фиксированное время.

##### *Порядок испытаний*

Образец-куб извлекают из формы для изготовления и вставляют в зажимную форму испытуемой плоскостью вверх. Плоскость, подвергаемая испытанию на вдавливание, должна быть одной из четырех граней пробы, сформированных боковыми стенками формы в процессе ее изготовления. Испытание проводят только на пробе, зафиксированной в зажимной форме. Усилие, прикладываемое при обжатии образца-куба в форме, должно обеспечивать его надежную фиксацию в зажимной форме, исключая смятие и иные деформации. При этом обязательного полного смыкания фланцев противоположных стяжных скоб не требуется. Опорная плоскость пробы, зафиксированной в зажимной форме, должна выступать на величину не более 1 мм от опорной плоскости формы или совпадать с ней для обеспечения полного соприкосновения кубической пробы с укрепленным основанием водяной бани в процессе испытания. Подготовленный указанным способом образец погружают вместе с зажимной формой в водяную баню прибора (рис. 19), где его выдерживают при заданной температуре  $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$  в течение не менее 60 мин.

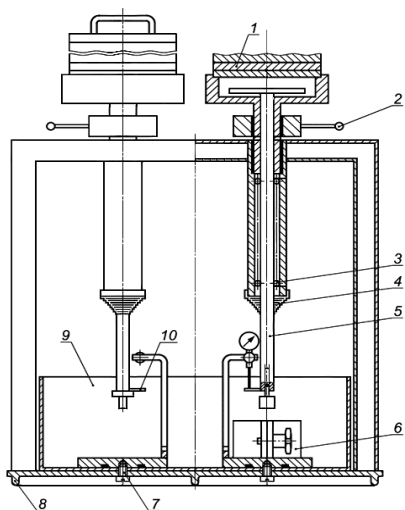


Рис. 19. Схема прибора для испытания глубины вдавливания штампа:

- 1 – гири-разновеска; 2 – подъемный механизм; 3 – шариковые втулки;  
4 – защитный кожух; 5 – шток; 6 – зажимная форма; 7 – крепежный винт; 8 – ребро жесткости; 9 – водная баня; 10 – контактная пластина индикатора часового типа

Штамп устанавливают на верхнюю плоскость пробы как можно ближе к ее середине так, чтобы расстояние от боковой поверхности штампа до любой из зажимаемых боковых граней пробы было не менее 10 мм (рис. 20). Пробу предварительно подвергают воздействию нагрузки массой  $2,5 \pm 0,1$  кг в течение  $10 \pm 1$  мин. Затем производят обнуление индикатора глубины вдавливания штампа и к пробе прикладывают рабочую нагрузку, равную  $52,5 \pm 0,1$  кг. Спустя следующие  $30 \pm 1$  мин и  $60 \pm 1$  мин с момента приложения этой нагрузки со шкалы индикатора снимаются показания глубины вдавливания штампа с точностью до 0,01 мм.

Каждый образец должен быть подвергнут не более чем одному испытанию. Испытывают не менее двух образцов-кубов. Допускают использовать для проведения данного теста образцы-кубы, испытанные ранее на водонасыщении.

За конечный результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов измерения глубины вдавливания штампа в течение первых 30 мин с момента приложения рабочей нагрузки, выраженное в миллиметрах и округленное до 0,01 мм. Подобным способом подсчитывают среднее арифметическое результатов измерения глубины вдавливания штампа за период последующих 30 мин приложения к нему рабочей нагрузки. Разница между числовыми значения-



ми средних арифметических глубины вдавливания штампа по окончании первых и последующих 30 мин определяет числовое значение увеличения показателя вдавливания штампа в течение последующих 30 мин (ГОСТ Р 54401–2011, табл. 4). Расхождение между результатами двух любых измерений не должно превышать 20% среднего арифметического значения, при определении которого использовались данные результаты измерения, или 0,2 мм, если среднее арифметическое значение оказывается менее 1 мм.

Результаты заносят в табл. 60.

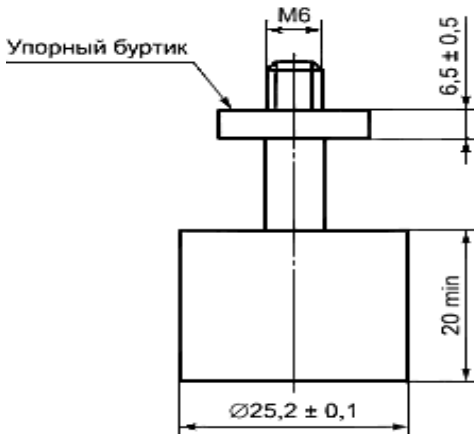


Рис. 20. Испытательный штамп площадью основания 500 мм

Таблица 60

### Результаты испытаний и расчетов

Показатель	№ испытания			
	Через 30 мин		Через 60 мин	
	1	2	1	2
Показатель вдавливания штампа, мм				
Среднее арифметическое, мм				

### 5. Определение результативного состава смеси литой

Сущность метода заключается в определении содержания вяжущего и зернового состава минеральной части литой смеси.

## **Порядок испытаний**

Определение результативного состава смеси литой выполняют в соответствии с ГОСТ 12801–98. При использовании метода экстрагирования вяжущего допускают использование приборов-экстракторов, работающих по принципу центрифужной экстракции и функционирующих в автоматическом режиме.

В случае необходимости использования при подборе зерновых составов квадратных сит для определения зернового состава смеси литой необходимо применять комплект таких базовых сит в соответствии с ГОСТ Р 54401–2011.

### **6. Определение однородности литых асфальтобетонов**

Сущность метода заключается в статистической обработке значений показателей свойств литых асфальтобетонов в выборке из лабораторного журнала и оценке их однородности по коэффициенту вариации показателя глубины вдавливания штампа при температуре 40 °С за 30 мин.

Определение значения показателя однородности осуществляют в соответствии с ГОСТ 12801–98.

### **7. Факультативные испытания**

При проектировании составов литых смесей проводят факультативные испытания:

- определение реологических характеристик и показателей деформативности;
- определение предела прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С.

Эти испытания проводят с целью определения соответствия получаемых результатов требованиям ГОСТ Р 54401–2011, а также дополнительным требованиям к физико-механическим свойствам литых асфальтобетонов, предъявляемых потребителем.

#### **7.1. Определение реологических характеристик и показателей деформативности**

Испытания выполняют в соответствии с ГОСТ 12801–98. Определяют следующие показатели: предел прочности на растяжение при изгибе, предельная относительная деформация растяжения при изгибе, модуль деформации. Испытания проводят в диапазоне температур об-

разцов от  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Рекомендуемые значения тестовых температур:  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 7.2. Определение предела прочности на растяжение при расколе при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Испытание выполняют в соответствии с ГОСТ 12801–98. Подготовку образцов осуществляют путем формования смеси литой в стандартные металлические цилиндрические формы диаметром 71,4 мм по ГОСТ 12801–98 с последующим испытанием по стандартной методике для асфальтобетонов, приготовленных из горячих смесей.

После проведения всех лабораторных испытаний и получения необходимых результатов необходимо заполнить общую таблицу по всем физико-механическим показателям литого асфальтобетона (табл.61). В конце необходимо сделать вывод о соответствии качества литого асфальтобетона нормативным требованиям.

Таблица 61

### Итоговая таблица результатов испытаний

Показатель	Полученный результат	Требования по ГОСТ 22245-90
Средняя плотность образца из смеси $\rho_m$ , г/см <sup>3</sup>		
Средняя плотность минеральной части смеси $\rho_m^m$ , г/см <sup>3</sup>		
Истинная плотность минеральной части $\rho^m$ , г/см <sup>3</sup>		
Истинная плотность смеси $\rho$ , г/см <sup>3</sup>		
Пористость минеральной части $V_{\text{пор}}^m$ , %		
Остаточная пористость образцов $V_{\text{пор}}^o$ , %		
Водонасыщение $W$ , %		
Набухание $H$ , %		
Прочность при сжатии $R_{\text{сж}}$ , МПа: при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$		
Водостойкость $k_v$		
Водостойкость при длительном водонасыщении $k_{\text{вд}}$		
Сцепление вяжущего с поверхностью щебня		

## Приготовление литых асфальтобетонных смесей

Влажные и холодные минеральные материалы в требуемых соотношениях подаются со склада к агрегату питания, из которого по наклонному транспортеру материал подается в сушильный агрегат, где его просушивают и нагревают до рабочей температуры. Горячие материалы загружаются элеватором в сортировочное устройство смесительного агрегата. Разделенные на фракции щебень и песок через бункеры горячего материала поступают в дозаторы и после взвешивания загружаются в смеситель. Холодный минеральный порошок подается элеватором в нагреватель, где материал высушивается и нагревается до рабочей температуры, а затем элеватором загружается в расходный бункер смесительного агрегата. После взвешивания нагретый минеральный порошок поступает в смеситель. Схема технологического процесса приготовления литой смеси показана на рис. 21.

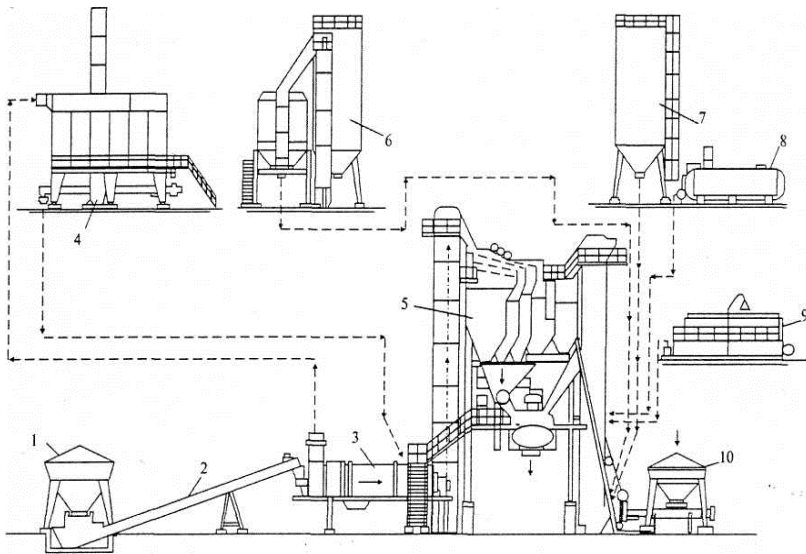


Рис. 21. Технологическая схема приготовления литого асфальтобетона:

1 – агрегат питания; 2 – транспортер; 3 – сушильный барабан; 4 – система пылеулавливающая; 5 – смесительный агрегат; 6 – нагреватель; 7 – силос минерального порошка; 8 – битумная цистерна; 9 – разогреватель; 10 – агрегат для дозирования добавок

При выпуске смеси на холодном минеральном порошке песок и щебень нагревают в сушильном барабане до температуры 300–320 °С. Взвешивание всех минеральных материалов производят с точностью  $\pm 5\%$ .

После взвешивания щебень, песок, минеральный порошок поступают в мешалку и перемешиваются. По истечении заданного времени сухого перемешивания минеральных материалов, в мешалку при помощи форсунок вводят битум с точностью  $\pm 1,5\%$ . Перемешивание продолжают до получения однородной смеси. При приготовлении литых смесей необходимо использовать вязкие битумы или добавки, повышающие их вязкость.

Приемку смеси производят партиями. Размер партии устанавливается в количестве двухсменной выработки одной смесительной установки при постоянном составе, изготавливаемого из одних и тех же материалов и по одной и той же технологии.

Важное преимущество литьевой технологии ремонта – возможность ее эффективного применения зимой, особенно при аварийных работах и в ночное время суток.

Высокое качество ремонта обеспечивается благодаря тому, что:

- смесь до выгрузки постоянно находится в отопляемой теплоизолированной емкости термоса-миксера и перемешивается;
- промежуток времени от начала выгрузки до укладки составляет несколько секунд;
- смесь может выдаваться как малыми, так и большими порциями;
- смесь обладает высокой подвижностью, а асфальтобетон формируется без укатки;
- смесь имеет высокую температуру, вследствие чего высушивает влажную поверхность карты и обеспечивает сцепление нового материала со старым покрытием;
- близкая к нулю пористость литого асфальтобетона обеспечивает большой срок службы отремонтированной карты.

Зимой низкая температура способствует быстрому охлаждению слоя смеси, что позволяет уже по истечении 20 мин открыть движение по отремонтированному участку.

При температуре ниже  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  карты стараются делать небольших размеров (площадью не более  $3\text{ м}^2$ ).

Готовая продукция может использоваться сразу или заготавливаться впрок в виде брикетов (полуфабрикатов). Брикеты получают горячим формованием в специальных формах. Перед заполнением форм поверхности контакта обрабатываются антиадгезивом при расходе  $0,5\text{ кг/м}^2$ . После остывания брикеты извлекают из форм и упаковывают

в полиэтиленовые мешки или пленку. Упакованные брикеты хранят в штабелях высотой не более 1 м на поддонах в прохладном месте.

Литой асфальтобетон – наиболее долговечный из всех асфальтобетонов, обладает высокой плотностью, наиболее коррозионноустойчив, водонепроницаем, меньше подвержен износу. Специфической операцией, присущей рассматриваемому материалу, является необходимость непрерывного перемешивания асфальтобетонной смеси (с одновременным подогревом) во время транспортирования от завода к месту укладки. Стоимость литого асфальтобетона выше стоимости других видов асфальтобетона (примерно на 15–25%) за счет повышенного количества битума и минерального порошка, более высоких температур асфальтобетонной смеси. Однако с учетом длительных сроков службы дорожных покрытий из литого асфальтобетона его применение дает экономический эффект.

Недостатком литого асфальтобетона является склонность к образованию трещин.

### ***Контрольные задания***

1. Что такое литая асфальтобетонная смесь?
2. Классифицируйте литые смеси.
3. В чем основное отличие литых и традиционных асфальтобетонных смесей?
4. Для чего и как проводится испытание глубины вдавливания штампа?
5. Перечислите основные достоинства и недостатки литых асфальтобетонов. С чем они связаны?
6. Опишите технологическую схему приготовления литого асфальтобетона.
7. К каким материалам в составе асфальтобетона предъявляются повышенные требования и почему?
8. Перечислите области применения литых асфальтобетонов. С чем это связано?
9. Какие показатели литого асфальтобетона относятся к факультативным?

## Заключение

В учебном пособии дана подробная техническая характеристика органических вяжущих материалов, необходимых для строительства дорог, мостов и аэродромов. Рассмотрены вопросы о нефтяных вязких и жидких битумах, дорожных эмульсиях, а также вопросы, касающиеся классификации и области применения органических вяжущих.

Большое внимание уделено основным показателям свойств органических вяжущих, которые влияют на эксплуатационные характеристики асфальтобетонов, на их поведение в дорожных покрытиях. Даны нормативные характеристики, приведены методы оценки свойств органических вяжущих и асфальтобетонов, а также представлены основные приборы, позволяющие контролировать качество материалов в лаборатории.

Изучение данного учебного пособия позволит студенту:

– иметь представление об основных свойствах дорожно-строительных материалов на основе органических вяжущих;

– знать и уметь использовать классификацию, состав, свойства и область применения дорожно-строительных материалов, подбирать состав, готовить и испытывать образцы асфальтобетона, применять методы и средства контроля качества дорожно-строительных материалов;

– иметь опыт работы с нормативными документами, государственными стандартами, справочными материалами и литературой; делать заключение о качестве и соответствии материалов требованиям стандарта.

## Библиографический список

### Основная литература:

1. Гохман, Л.М. Комплексные органические вяжущие материалы на основе блоксополимеров типа СБС: учебное пособие [Текст] / Л.М. Гохман. – М.: ЗАО «ЭНОН-ИНФОРМ», 2004. – 510 с.
2. Акимова, Т.Н. Минеральные вяжущие вещества: учебное пособие [Текст] / Т.Н. Акимова. – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2007. – 99 с.
3. Галдина, В.Д. Модифицированные битумы: учебное пособие [Текст] / В.Д. Галдина. – Омск: Изд. СибАДИ, 2009. – 228 с.
4. Надыкто, Г.И. Дорожный асфальтобетон: учебное пособие [Текст] / Г.И. Надыкто, В.С. Прокопец. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2009. – 154 с.
5. Салихов, М.Г. Физико-химические и технологические основы производства и применения дорожно-строительных материалов: учебное пособие [Текст] / М.Г. Салихов, С.В. Ежова. – Йошкар-Ола, 2009. – 128 с.
6. Котлярский Э.В. Органические вяжущие материалы: учебное пособие [Текст] / Э.В. Котлярский. – М.: Изд-во МАДИ, 2012. – 98 с.

### Нормативная литература:

1. ГОСТ 22245–90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.1990. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1990. – 21 с.
2. ГОСТ 12801–98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний [Текст]. – Введ. 01.01.1999. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1999. – 37 с.
3. ГОСТ 9128–2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.2013. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2013. – 39 с.
4. ГОСТ Р 52056–2003. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блок-сополимеров типа стирол – бутадиен – стирол. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.2004. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2004. – 8 с.
5. ГОСТ 31015–2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.05.2003. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.



6. ГОСТ Р 54401–2011. Асфальтобетон дорожный литой горячий. Технические требования [Текст]. – Введ. 01.05.2012. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2012. – 22 с.

7. ГОСТ Р 54400–2011. Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный литой горячий. Методы испытаний [Текст]. – Введ. 01.05.2012. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2012. – 14 с.

8. ГОСТ Р 52128–2003. Эмульсии битумные дорожные. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.10.2003. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2003. – 29 с.

9. ГОСТ Р 52129–2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.10.2003. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2003. – 34 с.

10. ГОСТ 8267–93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.1995. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1995. – 21 с.

11. ГОСТ 8269.0–97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-химических испытаний [Текст]. – Введ. 01.07.1998. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1998. – 38 с.

12. ГОСТ 8736–93. Песок для строительных работ. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.07.1995. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1995. – 31 с.

13. ГОСТ 3344–83. Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.1985. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1985. – 25 с.

14. ГОСТ 30108–94. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов [Текст]. – Введ. 01.01.1995. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1995. – 14 с.

### **Дополнительная литература:**

1. Илиополов, С.К. Органические вяжущие для дорожного строительства: учебное пособие [Текст] / С.К. Илиополов, И.В. Мардиросова, Е.В. Углова, О.К. Безродный. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2003. – 426 с.

2. Дорожно-строительные материалы [Текст] / Грушко И.М [и др.]. – М.: Транспорт, 1990. – 357 с.

3. Костин, В.И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий: учебное пособие [Текст] / В.И. Костин.– Н. Новгород: Изд-во ННГАСУ, 2009. – 65 с.

4. Тюрин, Н.А. Дорожно-строительные материалы и машины [Текст] / Н.А. Тюрин, Г.А. Бессараб, В.Н. Язов. – М.: Изд-во «Академия», 2009. – 304 с.

5. Рыбьев, И.А. Строительное материаловедение учебное пособие [Текст] / И.А. Рыбьев. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2004. – 701 с.

6. Строительные материалы (Материаловедение. Технология конструкционных материалов): учебное издание [Текст] / В.Г. Микульский [и др.]. - М.: Изд-во: «Ассоциация строительных вузов», 2007. – 520 с.

Учебное издание

**Ядыкина** Валентина Васильевна

**Высоцкая** Марина Алексеевна

**Траутвайн** Анна Ивановна

## ИСПЫТАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Лабораторный практикум

Редактор Афонина Г.Н.

Подписано в печать 30.01.15. Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 6,5. Уч.-изд. л. 6,9.

Тираж 100 экз. Заказ №      Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46