

Владимирский государственный университет

Г. В. ПРОВАТОРОВА А. В. ВИХРЕВ

**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Учебное пособие

Владимир 2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Г. В. ПРОВАТОРОВА А. В. ВИХРЕВ

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Электронное издание



Владимир 2025

ISBN 978-5-9984-2030-6

© ВлГУ, 2025

УДК 625.7/.8
ББК 39.311

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор
зав. кафедрой строительных конструкций
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
С. И. Рощина

Начальник отдела лабораторного контроля
и внедрения новых технологий
филиала ГУП «ДСУ-3» «Владимирское ДСУ»
К. М. Рябинина

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Проваторова, Г. В. Методы определения качества дорожно-строительных материалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. В. Проваторова, А. В. Вихрев ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2025. – 96 с. – ISBN 978-5-9984-2030-6. – Электрон. дан. (1,95 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц ; Windows XP/7/8/10 ; Adobe Reader ; дисковод CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Содержит общие положения, основные методы лабораторных испытаний дорожно-строительных материалов, требования к свойствам материалов, приборам и оборудованию для их определения, нормативную базу дорожно-строительных материалов. Приводятся примеры расчета и оформления лабораторных работ, справочные приложения, необходимые для курсового и дипломного проектирования.

Предназначено для студентов вузов и колледжей, обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01 – Строительство, профиль «Автомобильные дороги», может быть полезно студентам специальности 08.05.02 – Строительство, эксплуатация и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей, а также обучающимся других строительных направлений подготовки.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 36. Ил. 17. Библиогр.: 16 назв.

ISBN 978-5-9984-2030-6

© ВлГУ, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Раздел I. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	5
1.1. Грунты, укрепленные вяжущими	5
1.2. Щебеночные и гравийные основания	7
1.3. Асфальтобетонные покрытия.....	11
1.4. Монолитные цементобетонные покрытия.....	13
1.5. Сборные железобетонные покрытия	16
Раздел II. ТРЕБОВАНИЯ К АСФАЛЬТОБЕТОНУ	
И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИМ.....	17
2.1. Общие требования к асфальтобетону	17
2.2. Требования к исходным материалам для асфальтобетона	24
2.2.1. Щебень для асфальтобетона.....	24
2.2.2. Песок для асфальтобетона.....	27
2.2.3. Минеральный порошок для асфальтобетона.....	28
2.2.4. Добавки и модификаторы для асфальтобетона и битумных вяжущих	30
2.2.5 Требования к вяжущим.....	30
Раздел III. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ	
АСФАЛЬТОБЕТОНА И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИХ.....	33
3.1. Определение свойств щебня и гравия	33
3.2. Определение свойств песка	36
3.3. Определение свойств минерального порошка	39
3.4. Определение свойств вязких нефтяных дорожных битумов.....	48
3.5. Жидкие нефтяные дорожные битумы	63
3.6. Изготовление образцов из асфальтобетонной смеси	67
3.7. Определение физико-механических свойств асфальтобетона	70
3.8. Альтернативные требования к органическим вяжущим материалам.....	83
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	88
ПРИЛОЖЕНИЕ	90

ВВЕДЕНИЕ

Дорожное строительство – это одна из наиболее материалоемких строительных отраслей. Для производства строительных материалов и изделий ежегодно перерабатывается миллион тонн сырья. Затраты на строительные материалы составляют практически половину общей стоимости строительно-монтажных работ, поэтому повышение качества материалов для дорожного строительства становится в настоящее время важнейшей задачей. Именно качество дорожно-строительных материалов обуславливает работоспособность, долговечность и сроки службы дорожной конструкции, а также ее потребительские свойства.

Проблема обеспечения качества дорожных материалов требует решения целого комплекса научно-технических задач: повышение качества исходного сырья, совершенствование технологий получения материалов для дорожного строительства, увеличение экономической эффективности и дорожного строительства от применения инновационных материалов.

Все вышеуказанные аспекты обуславливают постановку целей лабораторных исследований: определение качества исходного сырья, подбор составов и технологический процесс приготовления дорожно-строительных конгломератов, лабораторные испытания и определение свойств дорожно-строительных материалов.

В пособии приведены требования к материалам для дорожного строительства, методики лабораторных испытаний для определения их свойств и качества, а также сведения по применению и классификации органических вяжущих и материалов на их основе (асфальтобетонов, укрепленных грунтов, органоминеральных смесей).

Пособие может использоваться студентами при выполнении лабораторных и практических заданий, в курсовом и дипломном проектировании, для этого в работе приводятся примеры расчета и оформления лабораторных работ, перечень действующей нормативной литературы.

Изучение вопросов, связанных с качеством дорожно-строительных материалов, базируется на ранее изученных дисциплинах общетехнического цикла и является необходимым требованием освоения специальных дисциплин Государственного образовательного стандарта.

Раздел I. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1.1. Грунты, укрепленные вяжущими

Под укреплением грунтов понимают совокупность действий, обеспечивающих коренное изменение свойств укрепляемых материалов с приданием им требуемых характеристик.

В зависимости от метода укрепления грунтов, типа образовавшейся структуры устанавливают область их применения в дорожных конструкциях согласно приложению справочника [6].

Грунты, укрепленные вяжущими, применяют для устройства дорожных оснований под усовершенствованные капитальные и облегченные покрытия, а также для устройства покрытий переходных и низших типов дорожных одежд.

В качестве неорганического вяжущего используют: портландцемент, шлаковый, пуццолановый и магнезиальный портландцемент, комовую, молотую и гидрофобную негашеную и гашеную известь, металлургический и топливный шлаки, золу уноса ТЭЦ.

Органические вяжущие, применяемые для укрепления грунтов, – нефтяные и сланцевые жидкие битумы, анионная прямого типа медленно распадающаяся битумная эмульсия, каменноугольные жидкие дегти, высокосмолистая нефть.

Комплексное вяжущее состоит из основного вещества и добавки в количестве 0,1 – 3 %, вводимой с целью удлинить строительный сезон, повысить прочность и морозоустойчивость материала, производство работ в переувлажненных грунтах, уменьшить расход основного вяжущего и т. д. Основным вяжущим может быть неорганическое или органическое, а в качестве добавки используют: поверхностно-активные и кремнийорганические вещества, соли, неорганическое или органическое вяжущее.

Приготовление смеси грунта с вяжущим проводят способами смешения на дороге дорожной фрезой или однопроходной грунтосмесительной машиной, а также в карьерной грунтосмесительной установке. Свойства грунтов, укрепленных вяжущими, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основания из укрепленных грунтов

Категория дороги	Вид вяжущего	Предел прочности, МПа				Набуха- ние, % объема	Коэф. морозо- стойкости
		на сжатие			на растя- жение при из- гибе		
		при 20 °С	при 50 °С	водона- сыщ.			
1	Неорганич.	6,0	2,0		1,0		0,75
	Комплексн.	4,0			1,0		0,85
2	Неорганич.	4,0	1,6		0,8		0,75
	Комплексн.	2,5			0,8		0,85
3	Неорганич.	2,0	1,2		0,6		0,70
	Комплексн.	1,5			0,6		0,80
4	Неорганич.	1,2	1,0	0,7	0,2	4	0,65
	Комплексн.	1,2	0,9	0,6	0,4	5	0,70
	Органическ.	1,2					0,60

Примечание. Показатели относятся к образцам, укрепленным цементом в возрасте 28 сут, известью, шлаками – в возрасте 90 сут.

По физико-механическим свойствам грунты, укрепленные неорганическим вяжущим, подразделяются на три класса прочности, а укрепленные комплексным вяжущим – на два класса прочности. Расход вяжущего в процентах от массы грунта приведен в табл. 2.

Рекомендуемые для использования укрепленные грунты в основаниях и покрытиях дорожных одежд применяют при новом строительстве, а также реконструкции и ремонте существующих автомобильных дорог общего пользования, подъездных и внутренних дорог сельскохозяйственных и промышленных предприятий, городских улиц, площадей, аэродромов в I – V дорожно-климатических зонах.

Таблица 2

Вязущие материалы

Наименование вяжущего	Вид укрепляемого материала	Наименование технологии	Количество вяжущего, % массы	ДКЗ
Цемент М500 – 200, известь Шлак, зола уноса	Щебень Щебень Пески Супеси Суглинки Глины	Смешение	3 – 15 8 – 30 4 – 8 6 – 12 8 – 14 10 – 15	
Битум СГ 40/70 Битум СГ 70/130 Эмульсия СК, МК, СА, МА	Щебень Щебень Щебень Пески Супеси Суглинки	Смешение	7 – 9 3 – 7 10 – 20 3 – 5 5 – 9 8 – 13	II, III, IV
Битум БНД 130/200 Битум БНД 100/130 Эмульсия СК, СА, МА	Щебень	Пропитка		II, III, IV
Битум БНД 130/200 Битум БНД 100/130 Эмульсия БК, СК, БА, СА	Щебень	Поверхностная обработка		II, III, IV
Битум БНД 100/130 Битум СГ 70/130 Эмульсия БК, СК, БА, СА		Подгрунтовка		

Примечание. Марка битумной эмульсии согласно ВСН 115 – 75.

1.2. Щебеночные и гравийные основания

Основания из щебня и гравия применяют при наличии щебня и гравия как местных материалов для устройства дорожных оснований под усовершенствованные капитальные и облегченные покрытия, а также при стадийном строительстве для устройства покрытий переходных типов дорожных одежд.

Работы по устройству щебеночных слоев производят методом оптимальных смесей или методом заклинки.

Для нижних слоев применяют соответственно щебень фракций 0 – 70, 0 – 120 мм или 40 – 70, 70 – 120 мм; для верхних слоев: 0 – 70, 0 – 40 мм или 40 – 70, 20 – 40 мм; для расклинивания: 5 – 10, 10 – 20 и 20 – 40 мм. Количество расклинивающих фракций при использовании щебня в основании допускаются две (5 – 20, 20 – 40 мм) и при использовании щебня осадочных пород марки по прочности менее 600 – одна (5 – 40 мм). Прочность расклинивающего материала может быть на марку ниже основного. Гравийные слои устраивают только методом оптимальных смесей. Область применения щебня и гравия приведена в табл. 3.

Таблица 3

Щебеночные и гравийные основания

Категория дороги	Дорожно- климатическая зона	Марка		
		по прочности на раздавлива- ние в цилиндре	по истираемо- сти в полочном барабане	по морозостой- кости, Мрз
1	IV	800 (Др 12)	И-II	15
	III			25
	II			50
	I			75
2	III	600 (Др 16)	И-III	15
	II			25
	I			50
3	III	600 (Др 16)	И-III	15
	II			25
	I			50
4	II	400 (Др 24)	И-IV	15
	I			25

Примечание. В скобках указана марка по прочности для гравия и щебня из гравия.

Минимальная толщина слоя щебня, устраиваемого на каменном основании, назначается 8 см, на песчаном основании – 15 см. Назначение максимальной толщины слоя щебня $H_{\max}$ зависит от выбранного типа катка:

- гладковальцовые катки: $H_{\max} = 15 - 20$ см;
- пневмокотки: $H_{\max} = 25$ см;
- виброкатки: $H_{\max} = 30$ см.

Соотношение толщины слоя $H_{\text{щ}}$ и максимального размера щебня

$$D_{\max}: H_{\text{щ}} = (1,5 - 3) D_{\max},$$

где 1,5 – для малопрочного щебня, 3 – для высокопрочного щебня.

Щебень, обработанный вяжущим

Каменные материалы (щебень, гравий), обработанные вяжущим, применяют в качестве оснований и покрытий дорожных одежд.

В зависимости от вида применяемого вяжущего материалы подразделяют на обработанные неорганическим вяжущим, органическим вяжущим и комплексным вяжущим. Щебень и гравий (природные, искусственные и из отходов промышленности) по зерновому составу и физико-механическим свойствам должны соответствовать требованиям действующих стандартов и технических условий.

Обработка щебня **неорганическим вяжущим** производится путем смешения щебня с вяжущим на дороге автогрейдером, а также в мешалке принудительного действия. В качестве неорганического вяжущего используют: портландцемент, шлаковый, пуццолановый и магнезиальный портландцемент, комовую, молотую и гидрофобную негашеную и гашеную известь, металлургический и топливный шлаки, золу уноса ТЭЦ. Для нижних слоев применяют щебень фракций 0 – 70, 0 – 120 мм, для верхних слоев 0 – 40, 0 – 70 мм. Область применения щебня, обработанного неорганическим вяжущим, приведена в табл. 4. Расход вяжущего в процентах от массы щебня приведен в табл. 2.

Покрытия из каменных материалов, обработанных неорганическими вяжущими, применяют при стадийном строительстве дорог местного, областного и республиканского значения.

Обработка щебня **органическим вяжущим** производится путем смешения щебня с вяжущим на дороге автогрейдером, методом пропитки щебня путем розлива в два-три приема органического вяжущего (на 8 – 10 см глубокая пропитка, на 4 – 6 см полупропитка), а также в мешалке принудительного действия (черный щебень).

Таблица 4

Щебень, обработанный неорганическим вяжущим

Категория дороги	Дорожно- климатическая зона	Предел прочности, МПа,		Марка по морозо- стойкости, Мрз
		на сжатие	на растяжение при изгибе	
1	IV	7,5	1,5	15
	II – III			25
	I			50
2	IV	6,0	1,2	15
	II – III			25
	I			50
3	IV	4,0	0,8	10
	III			15
	II			25
	I			50
4	III	2,0	0,4	10
	II			15
	I			25

Примечание. Показатели относятся к образцам, укрепленным цементом в возрасте 28 сут, известью, шлаками – в возрасте 90 сут.

Органические вяжущие, применяемые для обработки щебня методом смешения на дороге, – нефтяные и сланцевые **жидкие** битумы, анионная или катионная прямого типа средне и медленно распадающаяся битумная эмульсия, каменноугольные жидкие дегти, высокосмолистая нефть. Для нижних слоев применяют щебень фракций 0 – 70, 0 – 120 мм, для верхних слоев 0 – 40, 0 – 70 мм.

Органические вяжущие, применяемые для укрепления щебня методом пропитки, – нефтяные и сланцевые **вязкие** битумы, анионная или катионная прямого типа средне и медленно распадающаяся битумная

эмульсия, каменноугольные вязкие дегти. Для глубокой пропитки применяют щебень фракций 40 – 70 или 20 – 40 мм, для полупропитки 20 – 40 или 10 – 20 мм, для расклинивания – 5 – 10, 10 – 20 и 20 – 40 мм. Количество расклинивающих фракций при устройстве основания допускается две (10 – 20, 20 – 40 мм) и при устройстве методом полупропитки – одна (10 – 20 или 5 – 10 мм).

Черный щебень укладывается в горячем, теплом или холодном состоянии методом оптимальных смесей или методом заклинки.

Область применения щебня, обработанного органическим вяжущим методом смешения на дороге или в установке, приведена в табл. 5. Расход вяжущего в процентах от массы щебня и вид вяжущего принимать по табл. 2. Для щебня, обработанного органическим вяжущим методом пропитки, физико-механические показатели не установлены.

Таблица 5

Щебень, обработанный органическим вяжущим

Категория дороги	Предел прочности на сжатие, МПа		Коэффициент водоустойчивости	Набухание, % объема
	при 20 °С	при 50 °С		
2	1,6	0,80	0,75	1,8
3	1,3	0,65	0,65	2,0
4	0,8	0,50	0,50	3,0

1.3. Асфальтобетонные покрытия

Тип асфальтобетона назначается в зависимости от характера (условий) движения автомобилей, конструкции дорожной одежды, наличия строительных материалов, климатический условий района строительства и условий производства работ.

Покрывтия из асфальтобетона устраивают однослойными или двухслойными. При устройстве двухслойных покрытий в верхний слой укладывают мелкозернистую плотную асфальтобетонную смесь, а в нижний – крупнозернистую пористую асфальтобетонную смесь. Область применения асфальтобетонной смеси приведена в табл. 6.

Горячий асфальтобетон применяют для устройства верхних и нижних слоев покрытия практически во всех дорожно-климатических

зонах. Он наиболее устойчив к воздействию транспортных нагрузок и атмосферных факторов.

Холодный асфальтобетон применяют для покрытий на дорогах с малой интенсивностью движения и особенно широко для ремонта асфальтобетонных покрытий. Отличительная особенность холодных асфальтобетонных смесей – способность длительное время (до 8 месяцев) оставаться рыхлыми, не слеживаться.

Таблица 6

Асфальтобетонные смеси

Категория дороги	Дорожно- климатическая зона	Асфальтобетонная смесь	
		Конструктивный слой	Тип
1, 2	I, II, III,	Основание	A-32O _т , A22O _т , A32O _н , A22O _н , A16O _л , A32O _л , A22O _л , A16O _л
		Нижний слой покрытия	A32H _т , A22H _т , A16H _т , A32H _н , A22H _н , A16H _н , A11H _н , A22H _л , A16H _л , A11H _л , A8H _л , A5H _л
		Верхний слой покрытия	A22B _т , A16B _т , A11B _т , A22B _н , A16B _н , A11B _н , A8B _л , A16B _л , A11B _л , A8B _л , A5B _л
3	I, II, III, IV	Основание	A-32O _т , A22O _т , A32O _н , A22O _н , A16O _л , A32O _л , A22O _л , A16O _л
		Нижний слой покрытия	A32H _т , A22H _т , A16H _т , A32H _н , A22H _н , A16H _н , A11H _н , A22H _л , A16H _л , A11H _л , A8H _л , A5H _л
		Верхний слой покрытия	A22B _т , A16B _т , A11B _т , A22B _н , A16B _н , A11B _н , A8B _л , A16B _л , A11B _л , A8B _л , A5B _л
4	I, II, III, IV	Основание	A-32O _т , A22O _т , A32O _н , A22O _н , A16O _л , A32O _л , A22O _л , A16O _л
		Нижний слой покрытия	A32H _т , A22H _т , A16H _т , A32H _н , A22H _н , A16H _н , A11H _н , A22H _л , A16H _л , A11H _л , A8H _л , A5H _л
		Верхний слой покрытия	A11B _т , A22B _н , A16B _н , A11B _н , A8B _л , A16B _л , A11B _л , A8B _л , A5B _л

Перед укладкой смеси за 1 – 6 ч необходимо произвести подгрунтовку основания в виде розлива органического вяжущего. Норму расхода вяжущего принимают $0,6 \text{ л/м}^2$, а при подгрунтовке нижнего слоя двухслойного асфальтобетона – $0,2 \text{ л/м}^2$. Подгрунтовку можно не производить в случае, если интервал времени между устройством верхнего и нижнего слоев асфальтобетона составляет не более 2 сут, и если основание дорожной одежды устраивается с применением органического вяжущего. Вид вяжущего принимать по табл. 2.

Поверхностная обработка покрытия устраивается с целью повышения шероховатости и обеспечения требуемого коэффициента сцепления колеса автомобиля с покрытием для безопасности движения по дороге. Данный слой может выполнять защитную функцию, т. е. предохранять покрытие от повреждения, и служить как слой износа, который восстанавливают через каждые 3 – 8 лет.

Поверхностная обработка выполняется путем розлива органического вяжущего и россыпи щебня или черного щебня. При одиночной поверхностной обработке операции выполняются в один прием по слою из асфальтобетона или щебня, обработанного органическим вяжущим. Двойная поверхностная обработка выполняется в два приема по слою грунта, укрепленному вяжущим. Тройная поверхностная обработка выполняется в три приема по слою щебня или цементобетона.

Качественно выполнить поверхностную обработку можно только при использовании щебня узких фракций: 5 – 10, 10 – 15, 15 – 20 мм, рассыпаемых в одну щебенку, погруженных в органическое вяжущее на $\frac{3}{4} d_{\text{щ}}$. Вид вяжущего принимать по табл. 2. Щебень использовать только из изверженных горных пород 1 – 2-го класса по прочности (М 1000 – 1200).

1.4. Монолитные цементобетонные покрытия

Цементобетоном называют искусственный камневидный материал, представляющий собой затвердевшую смесь из рационально подобранных заполнителей, воды, добавок и вяжущего (цемента).

В соответствии с нормативными документами дорожный бетон, т. е. цементный бетон для дорожного и аэродромного строительства, относится к конструкционным бетонам плотной структуры на плотных заполнителях или к тяжелым бетонам.

Классификация бетонов

По назначению дорожные бетоны могут быть:

- для однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий;
- для нижнего слоя двухслойных покрытий;
- для дорожных и аэродромных оснований.

По разновидностям дорожные бетоны различают:

- мелкозернистые, приготовленные без использования крупного заполнителя;
- карбонатные, мелкий и крупный заполнитель для которых изготавливают из карбонатных осадочных горных пород (известняков и доломитов);
- «тощий» дорожный бетон низких марок, для монолитных оснований автомобильных дорог, укладываемых методом прессования;
- высокопрочный дорожный бетон с маркой на растяжение при изгибе $R_{и}$ 60 и выше, тогда как максимальная марка, предусмотренная ГОСТ $R_{и}$, 55;
- бетон из литых смесей, характеризующийся высокой подвижностью, применяют который по литевой технологии, уплотняющийся при укладке под собственным весом.

По условиям твердения дорожные бетоны делятся:

- на твердеющие в естественных условиях, используются при бетонировании покрытий и оснований, устраиваемых на месте (монолитные бетоны);
- бетоны ускоренного твердения, применяемые на заводах ЖБК для изготовления пропариваемых изделий.

Широкое применение бетона обусловлено тем, что бетонным изделиям можно придавать любые формы и размеры, свойства и вид поверхности. Кроме того, бетонирование можно выполнять в любое время года и в короткие сроки, возможна полная механизация и автоматизация технологических процессов.

Монолитные цементобетонные покрытия устраивают армированными при высоких насыпях и на болотах, где может ожидается неравномерная осадка земляного полотна. В остальных случаях применяют монолитные цементобетонные покрытия без армирования.

При устройстве покрытия в скользящих формах (передвижной опалубке) высокопроизводительным комплектом машин ДС – 100 (ДС – 110) со следящей системой применяют малоподвижную, мало-щебеночную цементобетонную смесь (табл. 7). Так как смесь находится в опалубке не более 1,5 – 3 мин и необходимо избежать оплывания боковых кромок покрытия, водоцементное отношение цементобетонной смеси должно быть 0,4 – 0,5, а показатель подвижности 1 – 4 см, жесткости – до 10 с.

Таблица 7

Цементобетонные смеси

Категория дороги	Дорожно- климатическая зона	Марка		
		по прочности		по морозостойкости, Мрз
		на сжатие	на растяжение при изгибе	
1	II	B30	B4,0 (Rи50)	200
	III			150
	IV			100
2	II	B27,5	B3,6 (Rи45)	200
	III			150
	IV			100
3	II	B25	B3,2 (Rи40)	200
		B22,5	B3,2 (Rи40)	200
	III			150
	IV			100
4	II	B20	B2,8 (Rи35)	100
	III			50
	IV			50
В основании	II	B15	B2,4 (Rи30)	100
		B5	B1,2 (Rи15)	100
	III			50
	IV			25

1.5. Сборные железобетонные покрытия

Железобетоном называется строительный материал, в котором рационально сочетается совместная работа бетона и стальной арматуры. Совместная работа бетона и стальной арматуры обусловлена хорошим сцеплением между ними, а также близостью коэффициентов температурного расширения.

Сборные железобетонные покрытия устраивают из предварительно-напряженных плит типа ПАГ-14, ПАГ-18 (плита аэродромная гладкая), ПДН (плита дорожная напряженная), а также из плит без напряжения типа ПДО (плита дорожная обыкновенная).

Все плиты имеют геометрические размеры в плане 6×2 м и толщину 14 и 18 см (ПАГ-18). Технические показатели плит приведены в табл. 8.

Таблица 8

Сборные железобетонные плиты

Тип плиты	Количество и диаметр арматуры, мм	Объем бетона на одну плиту, м ³	Расход арматуры на одну плиту, кг	Масса плиты, т
ПАГ-14	10 · 14	1,68	141	4,2
ПАГ-18	12 · 14	2,16	189	5,4
ПДН	10 · 12	1,68	119	3,8
ПДО	8 ... 20	1,68	169	4,8

Плиты для покрытий и аэродромов, автомобильных дорог и городских проездов как правило изготавливают из железобетона. Так как условия эксплуатации этих плит практически одинаковы (нагрузки, замораживание и оттаивание, нагревание и охлаждение), требования к бетону плит практически идентичны монолитным бетонам. Совокупность требований должна обеспечивать высокую долговечность и срок службы изделий.

Раздел II. ТРЕБОВАНИЯ К АСФАЛЬТОБЕТОНУ И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИМ

2.1. Общие требования к асфальтобетону

Асфальтобетоном называют материал, полученный после уплотнения асфальтобетонной смеси, приготовленной в смесителе при определенном температурном режиме из щебня (дробленого гравия), песка, минерального порошка и битума, взятых в определенных соотношениях.

В зависимости от особенностей состава, структуры бетона, технологических свойств смесей и свойств исходных материалов выделяют следующие разновидности асфальтобетонов.

По техническим особенностям и марке применяемого вяжущего смеси разделяют на горячие и холодные. Горячие смеси готовят на вязких битумах марок БНД 130/200; БНД 100/130; БНД 70/100. Горячие асфальтобетонные смеси приготавливают при температуре 120 – 160 °С, а уплотняют при температуре 90 – 160 °С.

Асфальтобетон – это уплотненная асфальтобетонная смесь в лаборатории или на месте производства работ.

Асфальтобетон из горячих смесей в зависимости от величины остаточной пористости подразделяется на виды (табл. 9).

Таблица 9

Остаточная пористость

Вид асфальтобетона	Остаточная пористость, %
Высокоплотные	1,0 – 2,5
Плотные	2,5 – 5,0
Пористые	5,0 – 10,0
Высокопористые	10,0 – 18,0

В зависимости от назначения и плотности горячие асфальтобетонные смеси подразделяют на плотные (остаточная пористость 2,5 – 5,0 %) и пористые (остаточная пористость 5 – 10 %). Холодные асфальтобетонные смеси характеризуются остаточной пористостью 6 – 10 %.

В зависимости от номинально максимального размера применяемого минерального заполнителя асфальтобетонные смеси подразделяют на типы:

- А32 – смеси с номинально максимальным размером применяемого минерального заполнителя 31,5 мм;
- А22 – смеси с номинально максимальным размером применяемого минерального заполнителя 22,4 мм;
- А16 – смеси с номинально максимальным размером применяемого минерального заполнителя 16,0 мм;
- А11 – смеси с номинально максимальным размером применяемого минерального заполнителя 11,2 мм;
- А8 – смеси с номинально максимальным размером применяемого минерального заполнителя 8,0 мм;
- А5 – смеси с номинально максимальным размером применяемого минерального заполнителя 5,6 мм.

В зависимости от конструктивного слоя дорожной одежды асфальтобетонные смеси (смеси) подразделяют на виды:

- О – смеси для слоя основания;
- Н – смеси для нижнего слоя покрытия;
- В – смеси для верхнего слоя покрытия.

В зависимости от условий дорожного движения смеси подразделяют:

- Л – смеси для дорог с легкими условиями движения (до 0,5 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11,5 за расчетный срок службы конструктивного слоя);
- Н – смеси для дорог с нормальными условиями движения (от 0,5 до 1,8 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11,5 за расчетный срок службы конструктивного слоя);
- Т – смеси для дорог с тяжелыми условиями движения (более 1,8 млн приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11,5 за расчетный срок службы конструктивного слоя).

Перечень нормативных документов, определяющих методики проведения испытаний, приведены в приложении.

Согласно ГОСТ Р 58406.2-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия» качество асфальтобетонов оценивается по показателям, приведенным ниже.

Показатели асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов подразделяют на основные и дополнительные. Основные подразделяют на физические и эксплуатационные показатели.

К физическим показателям относятся:

- зерновой состав и количество вяжущего;
- максимальная плотность;
- объемная плотность;
- содержание воздушных пустот;
- пустоты в минеральном заполнителе (ПМЗ);
- пустоты, наполненные битумным вяжущим (ПНБ).

Требования к физическим показателям асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов для слоя основания представлены в табл. 10, для нижнего слоя покрытия – в табл. 11, для верхнего слоя покрытия – в табл. 12.

К эксплуатационным показателям относятся:

- средняя глубина колеи;
- коэффициент водостойкости;
- остаточная прочность после воздействия реагентов (для верхнего слоя покрытия);
- коэффициент длительной водостойкости.

Таблица 10

Требования к физическим показателям
асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов для слоя основания

Наименование показателя	Значение показателя для типа смеси								
	A32O _т	A22O _т	A16O _т	A32O _н	A22O _н	A16O _н	A32O _л	A22O _л	A16O _л
Содержание воздушных пустот, %	От 3,0 до 7,0								
– для образцов, изготовленных в лаборатории									
– для кернов (вырубки)	От 3,0 до 8,0								
Пустоты в минеральном заполнителе, % не менее	12,0	12,0	13,0	12,0	12,0	13,0	12,0	12,0	13,0

Окончание таблицы

Наименование показателя	Значение показателя для типа смеси								
	A32O _т	A22O _т	A16O _т	A32O _н	A22O _н	A16O _н	A32O _л	A22O _л	A16O _л
Пустоты, наполненные битумным вяжущим, %	66,0 – 76,0								

Таблица 11

Требования к физическим показателям асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов для нижнего слоя покрытия

Наименование показателя	Значение показателя для типа смеси											
	A32H _т	A22H _т	A16H _т	A32H _н	A22H _н	A16H _н	A11H _н	A22H _л	A16H _л	A11H _л	A8H _л	A5H _л
Содержание воздушных пустот, % – для образцов, изготовленных в лаборатории	от	от	от	от	от	от	от	от	от	от	от	от
	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,0	3,5	3,5	2,5	2,0	2,0
	до	до	до	до	до	до	до	до	до	до	до	до
	6,0	6,0	5,5	6,0	6,0	5,5	5,0	6,0	5,5	5,0	5,0	5,0
– для кернов (вырубки)	от	от	от	от	от	от	от	от	от	от	от	от
	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	до	до	до	до	до	до	до	до	до	до	до	до
	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Пустоты в минеральном заполнителе, % не менее	11,0	12,0	13,0	11,0	12,0	13,0	13,0	12,0	13,0	13,0	14,0	15,0
Пустоты, наполненные битумным вяжущим, %	65,0 – 75,0			65,0 – 78,0			67,0 – 80,0			70,0 – 90,0		

Таблица 12

**Требования к физическим показателям асфальтобетонных смесей
и асфальтобетонов для верхнего слоя покрытия**

Наименование показателя	Значение показателя для типа смеси											
	A22B _т	A16B _т	A32B _н	A22B _н	A16B _н	A11B _н	A8B _н	A16B _л	A11B _л	A8B _л	A5B _л	
Содержание воздушных пустот, % – для образцов, изготовленных в лаборатории	от 2,5 до 5,0	от 2,5 до 4,5	от 2,5 до 4,5	от 2,5 до 4,5	от 2,0 до 4,5	от 2,0 до 4,5	от 2,0 до 4,5	от 2,0 до 4,5	от 2,0 до 4,5	от 1,5 до 4,5	от 1,5 до 5,0	
– для кернов (вырубки)	от 2,0 до 6,0	от 2,0 до 6,0	от 2,0 до 6,0	от 2,0 до 6,0	от 2,0 до 6,0	от 2,0 до 6,0	от 2,0 до 6,0	от 2,0 до 6,0	от 1,5 до 6,0	от 1,5 до 6,0	от 1,5 до 6,0	
Пустоты в минеральном заполнителе, % не менее	11,0	12,0	13,0	11,0	12,0	13,0	14,0	12,0	13,0	13,0	14,0	15,0
Пустоты, наполненные битумным вяжущим, %	67,0 – 80,0			72,0 – 85,0				67,0 – 80,0			75,0 – 90,0	

Требования к эксплуатационным показателям асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов для слоя основания даны в табл. 13, для нижнего слоя покрытия – в табл. 14, для верхнего слоя покрытия – в табл. 15.

Таблица 13

**Требования к эксплуатационным показателям
асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов для слоя основания**

Наименование показателя	Значение показателя для типа смеси								
	A32O _т	A22O _т	A16O _т	A32O _н	A22O _н	A16O _н	A32O _л	A22O _л	A16O _л
Средняя глубина колеи, мм, не более	8,0			9,0				Не нормируется	
Коэффициент водостойкости, не менее	0,80								

Таблица 14

Требования к эксплуатационным показателям асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов для нижнего слоя покрытия

Наимено- вание показателя	Значение показателя для типа смеси									
	A32H _т	A22H _т	A16H _т	A32H _н	A22H _н	A16H _н	A11H _н	A32H _л	A22H _л	A16H _л
Средняя глубина колеи, мм, не более	5,5			6,0				Не нормируется		
Коэффи- циент водостой- кости, не менее	0,85									

К дополнительным показателям относятся:

- предел прочности на растяжение при изгибе;
- предельная относительная деформация растяжения;
- угол наклона кривой колееобразования;
- разрушающая нагрузка по Маршаллу;
- деформация по Маршаллу;
- истираемость (для верхнего слоя покрытия);
- остаточная прочность после воздействия реагентов (для верхнего слоя покрытия);
- коэффициент длительной водостойкости.

Таблица 15

Требования к эксплуатационным показателям асфальтобетонных смесей и асфальтобетонов для верхнего слоя покрытия

Наименование показателя	Значение показателя для типа смеси										
	A22B _т	A16B _т	A11B _т	A22O _н	A16H _н	A11H _н	A8H _н	A16H _н	A11H _н	A8H _н	A5H _н
Средняя глубина колеи, мм, не более	4,0			4,5				6,5		7,0	
Коэффициент водостойкости, не менее	0,85										

Дополнительные показатели асфальтобетонов и асфальтобетонных смесей – это показатели, указанные в проектной или договорной документации, определение которых обусловлено конкретными условиями эксплуатации.

Для элементов автомобильной дороги, не предназначенных для постоянного движения автомобильного транспорта, требования по дополнительным показателям не предъявляются.

Заказчик вправе повышать уровень требований дополнительных показателей с учетом конкретных условий эксплуатации на основе собственного опыта строительства и остаточного срока службы дорожной одежды с указанием их проектной или договорной документации.

Холодные асфальтобетонные смеси готовят на жидких битумах марок СГ 70/130; МГ 70/130 при температуре 80 – 100 °С и уплотняют при температуре не ниже 5 °С весной и не ниже 10 °С осенью.

Характерная черта холодного асфальтобетона – его способность оставаться длительное время после приготовления в рыхлом состоянии. Это объясняется наличием тонкой битумной пленки на минеральных материалах, вследствие чего микроструктурные связи в холодных смесях очень слабы и разрушаются даже при небольшом усилии. Поэтому приготовленные смеси при длительном хранении в штабеле под действием собственного веса не слеживаются. Требования к холодным смесям приведены в табл. 16.

Таблица 16

Требования к холодным асфальтобетонам

Наименование показателей	Значение для марки	
	I	II
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа, не менее	0,7	0,5
Водостойкость, не менее	0,7	0,6
Водостойкость при длительном водонасыщении, не менее	0,6	0,5
Водонасыщение, % по объему, не более:		
– для пористых асфальтобетонов	св. 5,0 до 10,0	св. 5,0 до 10,0
– высокопористых асфальтобетонов	св. 10,0 до 18,0	св. 10,0 до 18,0

Примечание. Для крупнозернистых асфальтобетонов предел прочности при сжатии при температуре 50 °С и водостойкость не нормируются.

2.2. Требования к исходным материалам для асфальтобетона

2.2.1. Щебень для асфальтобетона

В асфальтобетоне щебень играет роль активной структурообразующей составляющей. Его зерна образуют каркас, воспринимающий сдвигающие усилия и обеспечивающий высокие механические свойства асфальтобетона. При высоком содержании щебня (более 50 %) в асфальтобетоне образуется шероховатая поверхность покрытия, что повышает безопасность движения по нему транспорта.

Для приготовления асфальтобетонных смесей применяют щебень, получаемый дроблением скальных горных пород или валунов (ГОСТ 32703), или металлургического шлака (ГОСТ 32826). Не допускается применение щебня из мергелистых (глинистых) горных пород.

Щебень из горных пород – неорганический сыпучий материал в виде зерен крупностью более 4 мм, получаемый дроблением и рассеивом продуктов дробления горных пород, гравия и валунов, а также попутно добываемых пород или некондиционных отходов предприятий горной промышленности.

Щебень и гравий из горных пород выпускают в виде следующих основных (стандартных) фракций от 4 до 5,6 мм; св. 5,6 до 8 мм; св. 8 до 11,2 мм; св. 11,2 до 16 мм; св. 16 до 22,4 мм; св. 22,4 до 31,5 мм; св. 31,5 до 45 мм; св. 45 до 63 мм. По требованию заказчика возможен выпуск более крупной фракции от 63 до 90 мм.

Требования к показателям щебня для асфальтобетонных смесей слоя основания представлены в табл. 17, для нижнего слоя покрытия – в табл. 18, для верхнего слоя покрытия – в табл. 19.

Таблица 17

Требования к показателям щебня для асфальтобетонных смесей
для слоя основания

Наименование показателя		Вид щебня	Значение показателя для типа смеси		
			АО _т	АО _н	АО _л
Дробимость, марка, не ниже		Щебень из изверженных горных и метаморфических горных пород, щебень из гравия и валунов	М800	М600	М400
		Щебень из осадочных горных пород	М800	М600	М400
		Щебень шлаковый	М800	М600	М400
Морозостойкость, марка, не ниже	I, II, III ДКЗ	Для всех видов щебня	F 25	F 25	F 15
	IV, V ДКЗ			F 15	
Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, %		Для всех видов щебня	До 30 включ.	До 35 включ.	
Содержание дробленых зерен должно соответствовать группам		Щебень из гравия и валунов	От 1 до 4 включ.	От 1 до 5 включ.	От 1 до 6 включ.

Таблица 18

**Требования к показателям щебня для асфальтобетонных смесей
для нижнего слоя покрытия**

Наименование показателя		Вид щебня	Значение показателя для типа смеси		
			АН _т	АН _н	АН _л
Дробимость, марка, не ниже		Щебень из изверженных горных и метаморфических горных пород, щебень из гравия и валунов	M800	M800	M600
		Щебень из осадочных горных пород	M1000	M800	M600
		Щебень шлаковый	M1000	M800	M600
Морозостойкость, марка, не ниже	I, II, III ДКЗ	Для всех видов щебня	F 50	F 50	F 25
	IV, V ДКЗ			F 25	F 15
Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, %		Для всех видов щебня	До 20 включ.	До 25 включ.	До 30 включ.
Содержание дробленых зерен должно соответствовать группам		Щебень из гравия и валунов	От 1 до 2 включ.	От 1 до 3 включ.	От 1 до 4 включ.

Таблица 19

**Требования к показателям щебня для асфальтобетонных смесей
для верхнего слоя покрытия**

Наименование показателя		Вид щебня	Значение показателя для типа смеси		
			AB _т	AB _н	AB _л
Дробимость, марка, не ниже		Щебень из изверженных горных и метаморфических горных пород, щебень из гравия и валунов	M1000	M800	M600
		Щебень из гравия и валунов	M1000	M1000	M800
		Щебень из осадочных горных пород	M1000	M1000	M800
		Щебень шлаковый	Не применяется	M1000	M800

Наименование показателя	Вид щебня	Значение показателя для типа смеси		
		АВ _т	АВ _н	АВ _л
Морозостойкость, марка, не ниже	Для всех видов щебня	F 50		
Сопротивление дроблению и износу, марка	Для всех видов щебня	От И1 до И2 включ.	От И1 до И3 включ.	От И1 до И4 включ.
Содержание зерен пла- стинчатой (лещадной) и игловатой формы, %	Для всех видов щебня	До 15 включ.	До 20 включ.	До 25 включ.
Содержание дробленых зерен должно соответствовать группам	Щебень из гравия и валунов	1	От 1 до 2 включ.	От 1 до 3 включ.
Содержание пылевидных и глинистых частиц, % от массы, не более	Для всех видов щебня	1,0	1,0	1,0
Марка по сопротивлению истираемости по показа- телю микро-Деваль	Для всех видов щебня	МД1	От МД1 до МД2 включ.	От МД1 до МД4 включ.

2.2.2. Песок для асфальтобетона

Песок является обязательной составляющей асфальтобетона, повышающей удобоукладываемость смеси и плотность бетона. Для приготовления асфальтобетона применяют природные и дробленые пески, отвечающие требованиям ГОСТ 32730, а также отсеvy продуктов дробления горных пород или гравия – ГОСТ 32824.

Допустимое количество природного песка от общей массы песка в асфальтобетонных смесях приведено в табл. 20, а рекомендуемые марки по дробимости дробленого песка – в табл. 21.

Таблица 20

Допустимое максимальное количество природного песка

AB _т	AB _н	AB _л	АН _т	АН _н	АН _л	АО _т	АО _н	АО _л
Не допускается	20	50	Не допускается	20	50	50	70	80

Таблица 21

Рекомендуемые марки по дробимости дробленого песка

AB _т	AB _н	AB _л	АН _т	АН _н	АН _л	АО _т	АО _н	АО _л
800	600	400	600	600	400	600	400	400

Содержание глинистых частиц у дробленого и природного песков должно быть не более 0,5 % по массе асфальтобетонных смесей, используемых в верхних слоях покрытия с тяжелыми и нормальными условиями движения. Для остальных – не более 1 %.

2.2.3. Минеральный порошок для асфальтобетона

Минеральный порошок для асфальтобетонов представляет собой продукт измельчения известняков, доломитов и других карбонатных пород с ограниченным содержанием глинистых примесей.

Минеральный порошок, входящий в состав асфальтобетонных смесей, должен соответствовать требованиям ГОСТ 32761.

Допускается применять в качестве минерального порошка техногенные отходы промышленности (измельченные основные металлургические шлаки, золы уноса, золошлаковые смеси, пыль цементных заводов), показатели свойств которых отвечают требованиям ГОСТ 32708.

Для повышения водостойкости и прочности асфальтобетона при повышенных температурах применяют активированные минеральные порошки. Их получают путем помола горных пород совместно с активирующими добавками. Такими добавки могут быть анионоактивные поверхностно-активные вещества типа высших карбоновых кислот или железистых солей высших карбоновых кислот в смеси с вязким битумом.

Минеральный порошок играет роль добавки, структурирующей битум. При смешении битума с минеральным порошком образуется асфальтовое вяжущее вещество, сообщающее асфальтобетону повышенную плотность, прочность, теплоустойчивость.

Качество минерального порошка характеризуется следующими свойствами: зерновым составом, удельной поверхностью, плотностью, пористостью в уплотненном состоянии, степенью набухания образцов из смеси минерального порошка с битумом, битумоемкостью (табл. 22).

Для активированного минерального порошка дополнительно проверяется его гидрофобность.

Минеральный порошок в зависимости от показателей свойств, а также применяемых исходных материалов подразделяют на следующие марки.

- МП-1 – минеральный порошок активированный, из карбонатных горных пород;
- МП-2 – минеральный порошок неактивированный, из карбонатных горных пород;
- МП-3 – минеральный порошок неактивированный, из некарбонатных горных пород, твердых и порошкообразных отходов промышленного производства.

Таблица 22

Показатели и характеристики минерального порошка

Наименование показателя	Норма для марки порошка		
	МП-1	МП-2	МП-3
Основные требования к минеральному порошку			
Зерновой состав, % по массе, не менее:			
– мельче 2 мм;	100	100	100
– мельче 0,125 мм;	85	85	75
– мельче 0,063 мм	70	70	60
Пористость, %, не более	30	35	40
Битумоемкость, г, не более	50	65	80
Требования, дополнительно применяемых к минеральному порошку			
Влажность, % по массе, не более	0,5	1,0	2,5
Водостойкость образцов из смеси минерального порошка с битума, не менее	Не нормируется	Не нормируется	6
Набухание образцов из смеси минерального порошка с битумом, %, не более	1,8	2,5	3,0
Содержание водорастворимых соединений, % по массе, не более	Не нормируется	Не нормируется	6
Содержание полуторных окислов, % по массе, не более	7	1,7	1,7

Примечание. В минеральном порошке, получаемом из горных пород, прочность на сжатие которых выше 40 МПа, содержание зерен мельче 0,063 мм допускается на 5 % меньше указанного в таблице.

2.2.4. Добавки и модификаторы для асфальтобетона и битумных вяжущих

Для достижения требуемых показателей асфальтобетонных смесей допускается вводить добавки и модификаторы асфальтобетона и битумных вяжущих при условии соответствия показателей асфальтобетонов требованиям ГОСТ Р 58406.2-2020.

Допускается применение в асфальтобетонных смесях модификаторов асфальтобетона и битумного вяжущего, соответствующих требованиям нормативной и технической документации, согласованной и утвержденной заказчиком в установленном порядке, в том числе ГОСТ Р 55419-2013.

2.2.5. Требования к вяжущим

Для приготовления асфальтобетонных смесей с учетом климатических и транспортных условий эксплуатации автомобильных дорог применяют битумы по ГОСТ 33133, битумные вяжущие по ГОСТ Р 52056, ГОСТ Р 58400.1 или по ГОСТ Р 58400.2, а также жидкие битумы по ГОСТ 11955-82.

Вязкие нефтяные битумы получают следующим образом:

- окислением продуктов прямой перегонки нефти и селективного разделения нефтепродуктов;
- компаундированием окисленных и неокисленных продуктов;
- в виде остатка прямой перегонки нефти.

Вязкие нефтяные битумы являются основным вяжущим, на основе которого приготавливают асфальтобетон.

Качество битума оценивают по следующим свойствам:

- условной вязкости, характеризуемой глубиной проникания стандартной иглы при 25 °С и 0 °С;
- деформативной способности, характеризуемой растяжимостью стандартного образца битума при 25 °С и 0 °С;
- интервалу пластичности, характеризуемому температурой размягчения и температурой хрупкости;
- адгезии битума по отношению к каменным материалам, определяемой по степени сцепления его с мрамором и песком;

- индексу пенетрации, характеризующему температурную чувствительность битума в области эксплуатационных температур;
- способность битума не возгораться при технологических температурах, характеризуемой температурой вспышки;
- изменением массы образца после старения.

Марку вязкого битума в производственных условиях определяют по глубине проникания, температуре размягчения, температуре хрупкости и индексу пенетрации.

Марку вязкого битума обозначают БНД с числовым индексом, соответствующим интервалу изменения глубины проникания иглы. Например, БНД 70/100 – битум нефтяной дорожный с интервалом глубины проникания иглы $(70 \div 100)10^{-1}$ мм.

Согласно ГОСТ 33133 – 2014 битумы в зависимости от значения показателя «глубина проникания иглы», подразделяют на следующие марки: БНД 130/200, БНД 100/130, БНД 70/100, БНД 50/70, БНД 35/50, БНД 20/35.

Жидкие нефтяные дорожные битумы применяются в качестве вяжущего материала при строительстве покрытий и оснований дорожных одежд. Их используют при приготовлении холодных асфальтобетонных смесей, а также для предварительной обработки дорожных покрытий и обеспыливания дорог.

По скорости формирования структуры жидкие битумы подразделяют на классы:

- СГ – среднегустеющие;
- МГ – медленногустеющие;
- МГО – медленногустеющие остаточные.

Жидкие битумы класса СГ применяют при строительстве усовершенствованных дорожных покрытий во всех дорожно-климатических зонах страны. Битумы класса МГ используют при строительстве дорожных покрытий облегченного типа и оснований в III – V дорожно-климатических зонах. Они могут применяться и во II ДКЗ при летнем строительстве.

По вязкости в каждом классе выделяют несколько марок жидких битумов:

для класса СГ – СГ 40/70, СГ 70/130, СГ 130/200;

для класса МГ – МГ 40/70, МГ 70/130, МГ 130/200;

для класса МГО – МГО 40/70, МГО 70/130, МГО 130/200.

Качество жидких битумов оценивают по показателям следующих свойств:

- условной вязкости;
- скорости формирования структуры;
- активного сцепления с мрамором или песком;
- истинной вязкости, определенной в ротационном или капиллярном вискозиметре.

Жидкие дорожные битумы готовят на нефтеперерабатывающих заводах разжижением вязких битумов жидкими нефтяными продуктами установленного фракционного состава с введением добавок поверхностно-активных веществ.

При работе с жидкими нефтяными битумами установлены следующие температуры их нагревания:

СГ 40/70, МГ 40/70 – 70 – 80 °С

СГ 70/130, МГ 70/130 – 80 – 90 °С

СГ 130/200, МГ 130/200 – 90 – 100 °С.

Раздел III. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНА И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИХ

3.1. Определение свойств щебня и гравия

Определение гранулометрического состава

Определение гранулометрического состава щебня и гравия осуществляется на ситах с квадратными ячейками (рис. 1).



Рис. 1. Набор сит для определения гранулометрического состава щебня

Аппаратура и материалы

Стандартный набор сит, весы лабораторные, шкаф сушильный

Подготовка к испытанию

Отбирают частичные пробы щебня из разных мест и объединяют в среднюю пробу, которую тщательно перемешивают и сокращают методом квартования или при помощи желобчатого делителя. Масса щебня зависит от крупности зерен щебня и вида испытаний.

Проведение испытания

Щебень (гравий) высушивают. Пробу просеивают через стандартный набор сит и определяют частные и полные остатки на каждом сите в процентах от общей массы пробы. Полные остатки подсчитывают как сумму частных остатков на всех ситах плюс остаток на данном сите.

Обработка результатов

Зерновой состав при рассеве щебня (гравия) основных и широких фракций, а также смесей фракций должен соответствовать требованиям, представленным в табл. 23.

Таблица 23

Требования к гранулометрическому составу щебня (гравия)

Размеры ячеек контрольных сит, мм	2D	1,4D	D	d	d/2	Марка
Проходы через сито, % по массе	100	100	От 90 до 100	От 0 до 10	От 0 До 2	90/10
	100	От 98 до 100	От 90 до 100	От 0 до 15	От 0 До 5	90/15
	100	От 98 до 100	От 90 до 100	От 0 до 20	От 0 До 5	90/20
	100	От 98 до 100	От 85 до 100	От 0 до 15	От 0 До 5	85/15
	100	От 98 до 100	От 85 до 100	От 0 до 20	От 0 До 5	85/20
	100	От 98 до 100	От 85 до 100	От 0 до 35	От 0 До 5	85/35

Определение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы

Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в щебне (гравии) определяют отдельно для каждой фракции. Пластинчатыми (лещадными) и игловатыми называют зерна, толщина или ширина которых менее длины в три и более раза.

Аппаратура и материалы

Штангенциркуль или передвижной шаблон, весы лабораторные.

Проведение испытания

Из подготовленной пробы отбирают зерна пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, пользуясь штангенциркулем, передвижным шаблоном или методом с применением щелевидных сит.

Взвешивают все отобранные пластинчатые (лещадные) и игловатые частицы (m), затем все остальные зерна (m_1).

Обработка результатов

Расчет выполняют для каждой фракции по формуле

$$П = \frac{m}{m+m_1}. \quad (1)$$

Содержание этих зерен в целом вычисляют как среднеарифметическое результатов испытаний каждой фракции.

Щебень в зависимости от содержания зерен пластинчатой и игловатой формы подразделяют на 7 марок в соответствии с требованиями, представленными в табл. 24.

Таблица 24

Марки щебня в зависимости от содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы

Марка щебня	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, %
Л 10	До 10 включительно
Л15	Свыше 10 до 15 включительно
Л 20	Свыше 15 до 20 включительно
Л 25	Свыше 20 до 25 включительно
Л 30	Свыше 25 до 30 включительно
Л 35	Свыше 30 до 35 включительно
Л 50	Свыше 35 до 50 включительно

Определение содержания пылевидных, илистых и глинистых частиц

Определение содержания пылевидных, илистых и глинистых частиц выполняют методом отмучивания.

Аппаратура и материалы

Сосуд для отмучивания или цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном, весы лабораторные, шкаф сушильный.

Подготовка к испытанию

Для проведения испытаний берут высушенную до постоянной массы пробу каменного материала. Пробы материала с размером более 40 мм испытывают частями массой не более 5 кг.

Проведение испытания

Щебень (гравий) помещают в сосуд для отмучивания и оставляют до полного размокания комков или пленки на зернах. После этого уровень воды доводят до величины на 200 мм над материалом. Содержимое перешивают деревянной мешалкой, оставляют в покое на 2 мин затем сливают суспензию. Процесс отмучивания продолжается до получения прозрачной воды.

Обработка результатов

Оставшуюся после отмучивания часть пробы высушивают, взвешивают и рассчитывают количество отмучиваемых частиц в процентах к первоначальной массе пробы.

Содержание пылевидных и глинистых частиц должно соответствовать значениям, представленным в табл. 25.

Таблица 25

Содержание пылевидных и глинистых частиц

Вид пород и марка по дробимости щебня и гравия	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе, не более
Щебень из изверженных и метаморфических горных пород, щебень из гравия и валунов, гравий:	
800 и выше	1
600	2
Ниже 600	3
Щебень из осадочных горных пород:	
600 и выше	2
ниже 600	3

Примечание. Содержание глины в комках не должно превышать 0,25 % по массе.

Методика испытаний для определения механических и физических свойств подробно изложена в [9].

3.2. Определение свойств песка

Качество песка оценивают зерновым и минералогическим составом, содержанием пылевидных, глинистых, илистых частиц и органических примесей.

В отдельных случаях возникает вопрос об определении дополнительных свойств: износо- и морозостойкости, фильтрационной и потенциально реакционной способности и др.

Песок в соответствии с ГОСТ 32824-2014 подразделяют на два класса: I класс; II класс.

В зависимости от зернового состава природный песок I и II классов подразделяют на группы, указанные в табл. 26.

Таблица 26

Группы песка по зерновому составу

Группа природного песка I класса	Группа природного песка II класса
Повышенной крупности	Повышенной крупности
Крупный	Крупный
Средний	Средний
Мелкий	Мелкий
	Очень мелкий
	Тонкий
	Очень тонкий

Определение зернового состава песка

Зерновой состав песка является основным классификационным признаком, по которому устанавливают его пригодность для строительства. Зерновой состав определяют путем отсева на ситах размерами 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 и 0,14 мм

Аппаратура и материалы

Набор сит, весы лабораторные

Подготовка к испытанию

Для испытаний песка производится отбор частных проб, из которых путем смешивания получают среднюю пробу.

Проведение испытания

1. Отбирают пробу песка массой 2 кг, высушивают и просеивают сквозь сита с отверстиями 5, 10 мм: для определения засоренности песка щебнем или гравием.

$$\Gamma_{p10} = (m_{10} / m) \cdot 100; \quad \Gamma_{p5} = (m_5 / m) \cdot 100, \quad (2)$$

где m_{10} , m_5 – частные остатки на ситах 10 и 5 соответственно, г; m – масса пробы, г.

2. Из пробы, прошедшей через сито № 5 отвешивают 1 кг и просеивают через набор сит № 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 и 0,14 мм.

3. Если песок содержит глинистые частицы, навеску предварительно промывают с отмучиванием полученной суспензии. Содержание отмученных частиц суммируют с проходящими через сито № 0,14 мм.

4. По результатам просеивания определяют частный остаток на каждом сите:

$$d_i = (m_i / m) \cdot 100, \quad (3)$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г; m – масса всей навески, г.

5. Затем вычисляют полный остаток на каждом сите:

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (4)$$

где $a_{2,5} + a_{1,25}$ – сумма частных остатков на всех предыдущих ситах (менее № 5); a_i – частный остаток на данном сите, %.

6. Зерновой состав песка характеризуют модулем крупности:

$$M_K = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}) / 100, \quad (5)$$

где $A_{2,5}$ и др. – полные остатки на ситах, %.

Соответствие песка определенной группе устанавливают по значениям модуля крупности и полному остатку на контрольном сите, указанным в табл. 27.

Таблица 27

Классификация песка по крупности

Группа песка	Модуль крупности M_k	Полный остаток на сите 0,5, % по массе
Повышенной крупности	Св. 3,3	Св. 75
Крупный	Св. 2,8 до 3,3 включ.	От 55 до 75 включ.
Средний	Св. 2,3 до 2,8 включ.	От 40 до 55 включ.
Мелкий	Св. 1,8 до 2,3 включ.	От 20 до 40 включ.
Очень мелкий	Св. 1,3 до 1,8 включ.	До 20 включ.
Тонкий	Св. 0,9 до 1,3 включ.	Не нормируется
Очень тонкий	До 0,9 включ.	Не нормируется

Для устройства дорожных одежд и в качестве заполнителя для бетона используют крупный, средний и мелкий песок. Если пески не удовлетворяют по зерновому составу указанным требованиям, то применяют обогащенный или фракционированный песок. В качестве укрупняющей добавки к мелким пескам используют крупную фракцию дробленых песков из отсевов или природного песка.

Определение содержания пылевидных, глинистых и илистых частиц

Вторым показателем качества песка является содержание в нем пылевидных, глинистых и илистых частиц, определяемых отмучиванием.

Аппаратура и материалы

Сосуд для отмучивания или цилиндрическое ведро высотой не менее 300 мм с сифоном, весы лабораторные, шкаф сушильный.

Подготовка к испытанию

Для проведения испытаний берут высушенную до постоянной массы пробу песка. Из средней пробы материала берут навеску массой 1 кг.

Проведение испытания

Навеску песка помещают в сосуд для отмучивания. После этого уровень воды доводят до величины на 200 мм над материалом. Содержимое перешивают деревянной мешалкой, оставляют в покое на 2 ч,

затем сливают суспензию. Процесс отмучивания продолжается до получения прозрачной воды.

Обработка результатов

По окончании отмучивания промытую навеску высушивают, взвешивают и рассчитывают количество отмучиваемых частиц в процентах к первоначальной массе пробы.

$$P_{\text{отм}} = \frac{m}{m+m_1}, \quad (6)$$

где m – масса сухой навески песка, г; m_1 – масса высушенной навески песка после отмучивания, г.

Содержание пылевидных и глинистых частиц должно соответствовать значениям, представленным в табл. 28.

Таблица 28

Нормирование содержания примесей в песке

Песок	Содержание примесей, определяемых отмучиванием, % по массе	В том числе содержание глины в комках, % по массе
I класс		
Повышенной крупности, крупный и средний	2	0,25
Мелкий	3	0,35
II класс		
Повышенной крупности, крупный и средний	3	0,25
Мелкий и очень мелкий	5	0,35
Тонкий и очень тонкий	10	1

3.3. Определение свойств минерального порошка

Определение зернового состава

Зерновой состав минерального порошка характеризуется содержанием в нем зерен мельче 0,071 мм.

Аппаратура и материалы

Набор сит № 1,25; 0,63; 0,315; 0,14; 0,071; весы лабораторные, шкаф сушильный, эксикатор, чашка фарфоровая диаметром 10 – 20 мм,

пестик с резиновым наконечником, сосуд объёмом 6 – 10 л, вода дистиллированная со смачивателем.

Подготовка к испытанию

Из средней пробы отбирают 100 г минерального порошка. При испытании активированного минерального порошка в дистиллированную воду, предназначенную для его промывки, добавляют смачиватель – моющее средство из расчета 3 г сухого вещества на 1 л воды.

Проведение испытания

Пробу минерального порошка помещают в фарфоровую чашку, носик которой снизу смазан вазелином, заливают небольшим количеством воды и растирают в течение 2 – 3 мин пестиком с резиновым наконечником. Воду со взвешенными в ней частицами порошка сливают на сито с сеткой № 0,071, установленное над сосудом вместимостью 6 – 10 л.

Последовательное растирание частиц и сливание мутной воды повторяют до тех пор, пока вода в чашке не станет прозрачной. После промывки попавшие на сито частицы минерального порошка крупнее 0,071 мм переносят в фарфоровую чашку. Оставшуюся в чашке воду осторожно сливают, а затем чашку ставят в сушильный шкаф для высушивания остатка пробы порошка при температуре 105 – 110 °С постоянной массы.

По разности массы взятой пробы и массы остатка устанавливают массу частиц мельче 0,071 мм. Затем остаток пробы порошка – 7 мин. Перед окончанием просеивания каждое сито вручную интенсивно встряхивают, рассеивают через набор сит с размерами отверстий 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 и 0,071 на встряхивающем столике над листом бумаги в течение 1 мин. Просеивание считают законченным, если количество частиц, прошедших через сита № 1,25; 0,63, не превышает 0,05 г, а прошедших через сита № 0,315; 0,14; 0,071 – 0,02 г.

Остаток на каждом сите взвешивают и определяют частные остатки в процентах по отношению к массе просеиваемой пробы с точностью до 0,1 %.

Общую массу частиц размером мельче 0,071 мм определяют сложением масс частиц, прошедших через данное сито в процессе промывки порошка и сухом расसेве пробы, оставшейся после промывки, и выражают в процентах.

Обработка результатов

За результат испытания принимают среднее арифметическое двух определений. Расхождение между результатами параллельных определений на каждом сите не должно быть более 2 % от взятой пробы.

*Определение истинной плотности минерального порошка
объемомером Ле-Шателье*

Аппаратура и материалы

Весы лабораторные, термометр химический ртутный стеклянный с ценой деления 1 °С, шкаф сушильный, эксикатор, чашка фарфоровая диаметром 8 – 12 см, бумага фильтровальная, сосуд емкостью 5 – 7 л, керосин очищенный, вода дистиллированная со смачивателем, хлористый кальций безводный.

Подготовка к испытанию

Среднюю пробу минерального порошка массой 200 г просеивают через сито № 1,25. Неактивированный минеральный порошок высушивают при температуре 105 – 110 °С до постоянной массы и охлаждают в эксикаторе над безводным хлористым кальцием до комнатной температуры. Активированный минеральный порошок испытывают в воздушно-сухом состоянии.

Для определения истинной плотности неактивированного минерального порошка применяют очищенный керосин, а для активированного – дистиллированную воду со смачивателем.

Проведение испытаний

Объемомер заполняют очищенным керосином или дистиллированной водой со смачивателем до черты неградуированной части колбы (по нижнему мениску), выдерживают 30 мин при температуре (20 ± 2) °С. Если уровень жидкости изменился, снова доводят его до черты нижней градуированной части колбы.

Свободную от керосина или воды часть прибора тщательно осушают фильтровальной бумагой. Из средней пробы минерального порошка взвешивают 50 г и ложечкой небольшими порциями всыпают его через воронку в колбу до тех пор, пока уровень керосина или воды не поднимется до черты с любым делением в пределах градуированной части прибора. Остаток пробы порошка взвешивают.

Прибор помещают на 30 мин в сосуд с водой так, чтобы вся его градуированная часть была погружена в воду. Температура воды поддерживается $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Перед отсчетом рекомендуется несколько раз энергично повернуть колбу вокруг вертикальной оси до прекращения выделения пузырьков воздуха.

Обработка результатов

Истинную плотность минерального порошка $\rho_{\text{мп ист}}$ в г/см^3 вычисляют с точностью до $0,01 \text{ г/см}^3$ по формуле

$$\rho = (m_1 + m)/V, \quad (7)$$

где m_1 – первоначальная масса пробы сухого минерального порошка, г (50); m – масса остатка порошка, г; V – объем керосина или воды с добавкой смачивателя, вытесненный пробой минерального порошка, см^3 .

За величину истинной плотности минерального порошка принимают среднее арифметическое двух операций. Расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать $0,02 \text{ г/см}^3$.

Определение плотности минерального порошка в уплотненном состоянии (под нагрузкой 40 МПа)

Испытания производятся в специальной разъемной форме, состоящей из полого разъемного цилиндра 1, вкладыша 2 и металлического поддона 3. Объем нижней части формы $(100 \pm 5) \text{ см}^3$.

Аппаратура и принадлежности

Форма разъемная, шкаф сушильный, весы лабораторные, пресс гидравлический мощностью не менее 10^5 Н (10 тс.), кисть мягкая, сито с сеткой № 1,25, ступка фарфоровая.

Подготовка к испытанию

Среднюю пробу неактивированного порошка в количестве 1 кг высушивают при температуре $105 - 110^\circ\text{C}$ до постоянной массы, охлаждают, слегка растирают в фарфоровой ступке до измельчения комочков и просеивают через сито с сеткой № 1,25.

Активированный порошок испытывается в воздушно-сухом состоянии.

Проведение испытаний

Нижнюю часть формы с поддоном взвешивают с точностью до $\pm 0,5 \text{ г}$. Затем на нижнюю часть формы устанавливают верхнюю.

Подготовленную к испытанию пробу порошка частями переносят в собранную форму, заполняя ее на 15 – 20 мм ниже верхнего края. Порошок в форме послойно распределяют и штыкуют ножом, затем прижимают вкладышем. Форму с минеральным порошком устанавливают на нижнюю плиту прессы. Уплотняющее давление доводят до 40 МПа и выдерживают форму при этом давлении в течение трех минут. Затем нагрузку снимают, форму вместе с вкладышем и поддоном переносят на лист бумаги или поддон. Вкладыш и верхнюю часть формы снимают, излишек минерального порошка над нижней рабочей частью формы срезают ножом, наружные стенки формы и поддона очищают мягкой кистью. Нижнюю часть формы с поддоном и уплотненным порошком взвешивают с точностью до $\pm 0,5$ г.

Обработка результатов

Плотность минерального порошка в уплотненном состоянии вычисляют с точностью до $0,1 \text{ г/см}^3$ по формуле

$$\rho_{\text{мп упл}} = (m_1 + m)/V, \quad (8)$$

где m – масса нижней части формы с поддоном и уплотненным минеральным порошком, г; m_1 – масса нижней части формы с поддоном, г; V – объем порошка, равный 100 см^3 .

За величину плотности минерального порошка принимают среднее арифметическое результатов трех определений, расхождение между которыми не превышает $0,02 \text{ г/см}^3$.

Определение пористости

Пористость минерального порошка в уплотненном состоянии определяют с точностью до $0,1 \%$ по формуле

$$V_{\text{пор}} = (1 - \rho_{\text{мп упл}}/\rho_{\text{мп ист}})100, \quad (9)$$

где $\rho_{\text{мп ист}}$ – истинная плотность минерального порошка, г/см^3 ; $\rho_{\text{мп упл}}$ – плотность минерального порошка в уплотненном состоянии, г/см^3 .

Определение набухания образцов из смеси минерального порошка с битумом

Степень набухания смеси минерального порошка с битумом косвенно характеризует содержание в порошке глинистых частиц и устойчивость асфальтобетона при переменном увлажнении и высыхании.

За величину набухания образцов из смеси минерального порошка с битумом принимают приращение их объема после насыщения водой в вакуум-приборе и последующего выдерживания в горячей воде. Набухание выражают в процентах от первоначального объема образца-цилиндра диаметром и высотой 25 мм.

Аппаратура и материалы

Весы лабораторные рычажные с приспособлением для гидростатического взвешивания, пресс гидравлический с усилием не менее $7 \cdot 10^3$ н (0,7 тс), шкаф сушильный, термометр ртутный, вакуум-прибор, сито с сеткой № 1,25, ступка фарфоровая, сосуд емкостью 0,5 – 1,5 л и 2 – 3 л, чашка металлическая, битум нефтяной марок БНД 70/100 или БНД 100/130, пресс-форма.

Подготовка к испытанию

Из подготовленной пробы минерального порошка берут 100 г, помещают в металлическую чашку и нагревают активированный порошок до температуры 135 – 140 °С, неактивированный – до температуры 150 – 160 °С.

Предварительно обезвоженный и нагретый до температуры 140 – 150 °С битум вводят в неактивированный минеральный порошок в количестве 15 г (рекомендуемые пределы 13 °С – 18 % от массы порошка), в активированный – в количестве 10 г (рекомендуемые пределы 8 °С – 14 % от массы порошка). Смесь интенсивно перемешивают в течение 5 – 6 мин до однородного состояния.

Образцы изготавливают в пресс-формах. Форму и вкладыш нагревают в термостате до температуры 80 – 90 °С, протирают тканью, слегка смоченной в керосине. Форму с вставленным нижним вкладышем заполняют 30 г смеси. Смесь штыкуют ножом, вставляют верхний вкладыш. Вкладыши должны выступать из формы на 1,0 – 1,5 см. Собранную форму устанавливают на плиту пресса и уплотняют смесь под давлением 10 МПа в течение 3 мин. Затем образец выжимают из формы. Испытание образцов производится на следующий день после изготовления.

Остаточную пористость образцов из смеси минерального порошка и битума рассчитывают по формуле

$$V_{\text{пор}} = (1 - \rho_{\text{см. ср}} / \rho_{\text{см. ист}}) 100, \quad (10)$$

где $\rho_{\text{см. ср}}$ – средняя плотность смеси, г/см³; $\rho_{\text{см. ист}}$ – истинная плотность смеси, г/см³.

Среднюю плотность смеси определяют следующим образом. Три образца очищают от прилипших частиц смеси и взвешивают с точностью до 0,01 г на воздухе и в воде, температура которой (20 ± 2) °С.

Среднюю плотность $\rho_{\text{см. ср}}$ в г/см³ вычисляют с точностью 0,01 г/см³ по формуле

$$\rho_{\text{см. ср}} = (m_0 - \rho_{\text{в}})/(m_0 - m_1), \quad (11)$$

где m_0 – масса образца в воздухе, г; m_1 – масса образца в воде, г; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, принимаемая равной 1 г/см³.

Расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 0,02 г/см³.

Истинную плотность смеси определяют на основании предварительно определенных с точностью до 0,01 г/см³ значений истинной плотности минерального порошка и битума с учетом их количественного соотношения в смеси по формуле

$$\rho_{\text{см. ист}} = (g_{\text{мп}} - g_{\text{б}})/(g_{\text{мп}}/\rho_{\text{мп}} + g_{\text{б}}/\rho_{\text{б}}), \quad (12)$$

где $\rho_{\text{мп}}$ – истинная плотность минерального порошка, г/см³; $\rho_{\text{б}}$ – истинная плотность битума, г/см³; $g_{\text{мп}}$ – содержание минерального порошка в смеси, % по массе (принимается за 100 %); $g_{\text{б}}$ – содержание битума в смеси, % к массе порошка (сверх 100 %).

Набухание образцов из смеси минерального порошка с битумом определяют следующим образом. Три образца помещают в сосуд емкостью 1,0 – 1,5 л с водой, температура которой (20 ± 2) °С. Уровень воды над образцами должен быть не менее 30 мм. Сосуд с образцами устанавливают на 1,5 ч в вакуум-прибор, где поддерживают остаточное давление $(13,3 \div 20,1) \cdot 10^2$ Па. Затем давление доводят до нормального, образцы выдерживают еще 1 ч, после чего переносят в другой сосуд (емкостью 2 – 3 л) с водой, в котором в течение 4 ч поддерживают температуру воды (60 ± 2) °С и оставляют в ней 15 – 20 ч. После чего образцы извлекают из воды, обтирают мягкой тканью и взвешивают с точностью до 0,01 г на воздухе и в воде.

Обработка результатов

Набухание образцов H в процентах от объема вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле

$$H = (m_2 - m_1) - (m - m_1)/(m - m_1), \quad (13)$$

где m – масса образца на воздухе, г; m_1 – масса образца в воде, г; m_2 – масса образца на воздухе после насыщения водой, г; m_3 – масса образца в воде после насыщения водой, г.

За величину набухания принимают среднее арифметическое результатов трех определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,2 %.

Набухание качественного неактивированного минерального порошка не должно превышать 2,5 %, а активированного – 1,5 %.

Определение битумоемкости минерального порошка

Битумоемкость характеризует адгезионную способность минерального порошка. За показатель битумоемкости принимают количество минерального масла, при котором смесь его со 100 см³ порошка имеет консистенцию, измеряемую глубиной погружения пестика прибора Вика, равной 8 мм.

Аппаратура и материалы

Весы лабораторные рычажные; шкаф сушильный; прибор Вика для определения нормальной густоты цементного теста. На верхней площадке стержня дополнительно укрепляют груз массой 170 г; чашка металлическая диаметром 50 и высотой 20 мм; чашка фарфоровая диаметром 8 – 12 мм; масло индустриальное по ГОСТ 20799 -75.

Подготовка к испытанию

Пробу минерального порошка массой 200 – 250 г высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 – 110 °С до постоянной массы и охлаждают в эксикаторе. Активированный минеральный порошок испытывают в воздушно-сухом состоянии.

Проведение испытания.

В фарфоровую чашку отвешивают $(15 \pm 0,1)$ г минерального масла, температура которого (20 ± 2) °С. К маслу постепенно небольшими порциями добавляют минеральный порошок и тщательно перемешивают. Когда смесь приобретает пастообразную консистенцию и перестает прилипать к стенкам, ее перекладывают в металлическую чашку, выглаживают ножом или шпателем вровень с краями чашки. Чашку со смесью устанавливают на подставку прибора Вика. Пестик прибора подводят к поверхности смеси и отмечают положение указателя на шкале. После этого поднимают над поверхностью смеси на

20 мм и дают возможность свободно упасть. Глубина погружения пестика в смесь должна составлять 8 мм. Если фактическая глубина погружения больше или меньше 8 мм, то готовят новую смесь порошка с маслом, принимая количество порошка на 2 – 3 г больше или меньше первоначального, и повторяют измерение. Количество порошка, израсходованное на приготовление смеси требуемой консистенции, определяют по разности масс первоначально взятой пробы и остатка пробы.

Обработка результатов

Показатель битумоемкости ПБ в граммах (количество масла на 100 см³ порошка) вычисляют по формуле

$$\text{ПБ} = [15 \cdot \rho_{\text{мп}} / Q] 100, \quad (14)$$

где $\rho_{\text{мп}}$ – истинная плотность минерального порошка, г/см³; Q – масса порошка в смеси с 15 г масла, при которой глубина погружения пестика в смесь равна 8 мм, г.

Определение гидрофобности активированного минерального порошка

Гидрофобность активированного минерального порошка характеризуется его способностью не смачиваться водой.

Аппаратура и материалы

Весы лабораторные рычажные, стакан химический емкостью 500 – 800 мл, вода дистиллированная, шпатель фарфоровый.

Проведение испытаний

Химический стакан заполняют дистиллированной водой на 50 мм ниже края. Из средней пробы активированного минерального порошка берут 2 г и ссыпают его на поверхность воды со шпателя легким постукиванием о край стакана. Стакан оставляют в покое на 24 ч. Порошок считают гидрофобным, если через 24 ч проба не осядет на дно стакана и не будет наблюдаться видимого на глаз смачивания порошка водой.

Гидрофобность минерального порошка можно определять ускоренным методом, разработанным в Харьковском автодорожном институте. По этой методике химический стакан емкостью 500 – 800 мл, заполненный дистиллированной водой на 50 мм ниже края, нагревают на песчаной бане до кипения средней интенсивности. Пробу порошка массой 0,4 г в естественно-сухом состоянии постепенно ссыпают со шпателя на поверхность кипящей воды.

Одновременно с началом ссыпания пробы порошка включают секундомер. Отсчет времени оседания порошка ведут до тех пор, пока поверхность воды не окажется свободной от частиц порошка и последние не осядут на дно стакана. Степень гидрофобности измеряется в секундах и должна быть не менее 240 с.

3.4. Определение свойств вязких нефтяных дорожных битумов

*Определение характеристики условной вязкости битума –
глубины проникания иглы*

Глубина проникания иглы определяется путем измерения глубины погружения иглы пенетromетра в образец битума под нагрузкой $(100 \pm 0,25)$ г в течение 5 с при температуре 25 °С и под нагрузкой 200 г в течение 60 с при температуре 0 °С. Показатель глубины проникания является ведущим при разделении битумов на марки.

Для определения глубины проникания иглы применяют ручной или полуавтоматический пенетрометр (рис. 2).

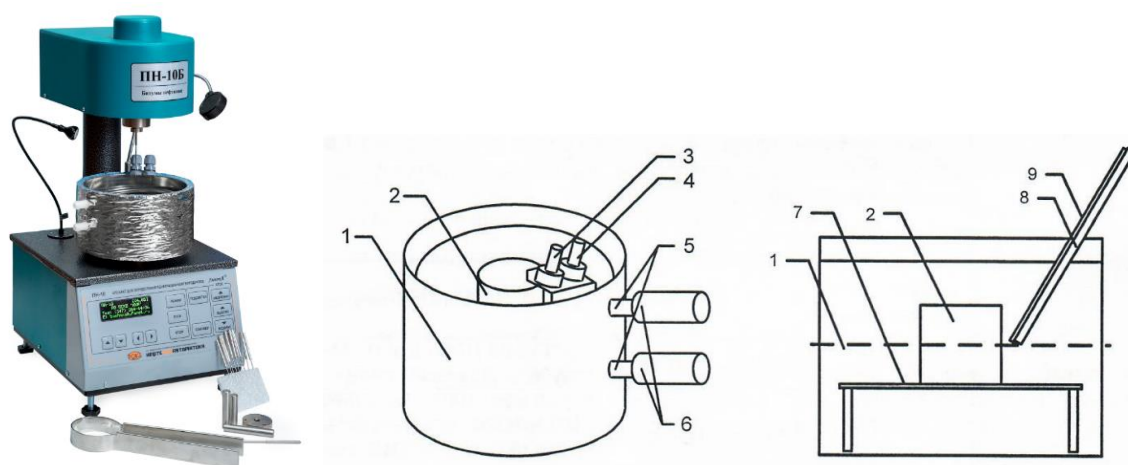


Рис. 2. Пенетрометр полуавтоматический «Линтел ПН-10Б»

Опорная площадка пенетromетра 1 снабжена тремя установочными винтами для приведения ее в горизонтальное положение.

К опорной площадке прикреплена стойка 7 с кронштейнами и вращающийся предметный столик для установки кристаллизатора 6 с пенетрационной чашкой, содержащей испытываемый битум.

На верхнем кронштейне укреплен лимб 2, разделенный на 360°, и кремальера 3.

Каждый градус лимба соответствует погружению иглы на 0,1 мм. На нижнем кронштейне закреплен свободно падающий стержень 4 с иглой и грузом. Стержень фиксируется стопорной кнопкой 5.

Аппаратура и материалы

Пенетрометр с иглой по ГОСТ 33136-2014 или полуавтоматический пенетрометр типа «Линтел ПН-10Б», пенетрационная чашка с внутренним диаметром (55 ± 1) мм, баня водяная объемом не менее 10 л, термометр ртутный с ценой деления 0,1 °С и шкалой измерения 0 – 55 °С, кристаллизатор объемом не менее 0,5 л, секундомер, бензин или другой растворитель.

Подготовку образцов битума к испытанию производят в соответствии с ГОСТ 33136-2014. Предварительно обезвоженный расплавленный битум заливают в пенетрационную чашку так, чтобы поверхность битума была не более, чем на 5 мм ниже верха края чашки. После тщательного перемешивания чашку с битумом охлаждают на воздухе при температуре (25 ± 5) °С в течение 60 – 90 мин. Затем образец битума помещают в водяную баню объемом не менее 10 л так, чтобы расстояние между дном чашки и дном бани было не менее 50 мм, а высота слоя воды над битумом была не менее 100 мм. Температура воды в бане поддерживается равной $(25 \pm 0,1)$ °С, продолжительность выдерживания образца перед испытанием не менее 60 мин.

В случае проведения испытаний с применением полуавтоматического пенетрометра, подготовка заключается в следующем. По уровню горизонтально устанавливаем пенетрометр и проверяем точность его показаний, вынимая иглу и опуская плунжер в произвольном порядке.

Между плунжером и нижним концом рейки вставляем тарировочный стержень $(40,00 \pm 0,05)$, $(50,00 \pm 0,05)$ и $(63,00 \pm 0,05)$ мм, устанавливаем стрелку на нуль, вынимаем и опускаем стержень. Опускаем рейку до касания с верхним концом плунжера. Показания должны соответствовать высоте тарировочного стержня.

Для пенетрометров, снабженных автоматическим реле времени, необходимо проверить выключение их через $(5,0 \pm 0,1)$ с и $(60,00 \pm 0,15)$ с.

Температура и условия испытания глубины проникания иглы приведены в табл. 29.

Таблица 29

Температура и условия испытания глубины проникания иглы

Температура испытаний, °С	Общая масса стержня, иглы и дополнительного груза, г	Время опускания иглы, с
$0,0 \pm 0,1$	$200,00 \pm 0,20$	60
$25,0 \pm 0,1$	$100,00 \pm 0,15$	5

По прошествии времени вынимаем чашку из бани и помещаем в плоскодонный сосуд с водой вместимостью $0,5 \text{ дм}^3$. Вода должна покрывать поверхность битум не менее чем на 10 мм. Температура воды должна соответствовать температуре испытания.

Проведение испытания

Подготовленный к испытанию образец битума помещают в кристаллизатор объемом не менее 0,5 л, наполненный водой так, чтобы она покрывала битум слоем не менее 10 мм. Температура воды в кристаллизаторе равна $(25 \pm 0,1) \text{ °С}$.

Кристаллизатор устанавливают на предметный столик. Пользуясь зеркалом, приводят иглу в соприкосновение с поверхностью битума в месте, отстоящем от стенок чашки не менее чем на 10 мм. Кремальеру 3 доводят до верхней площадки стержня 4 и устанавливают стрелку лимба 2 на ноль или берут первоначальный отсчет по шкале. (см. рис. 2). После этого одновременно включают секундомер и нажимают стопорную кнопку прибора 5, давая игле свободно входить в образец в течение 5 с. После этого кнопку 5 отпускают, кремальеру 3 доводят до верхней площадки стержня 4 и берут отсчет по лимбу. Разность второго и первого отсчетов дает глубину проникания. Определение повторяют не менее трех раз в различных точках на поверхности образца битума, отстоящих от краев чашки и друг от друга не менее чем на 10 мм.

После каждого погружения иглу промывают растворителем и вытирают насухо.

Обработка результатов

За глубину проникания иглы (пенетрацию), выраженную в десятых долях миллиметра, принимают среднее арифметическое не менее

трех параллельных определений, округленное до целого числа. Допустимые расхождения между отдельными измерениями не должны превышать значений, указанных в табл. 30.

Таблица 30

Допустимые значения результатов испытания
на механическом пенетрометре

Глубина проникания иглы, 0,1 мм	Допустимые расхождения, 0,1 мм
От 0 до 40	2
От 40 до 130	4
От 130 до 250	6
От 250 и выше	3 % от среднего результата определения

При проведении испытаний на полуавтоматическом пенетрометре за результат испытания при 25 °С принимают среднее арифметическое результатов не менее трех определений. Расхождение между наибольшим и наименьшим определениями не должно превышать значений, указанных в табл. 31.

Таблица 31

Допустимые расхождения результатов испытаний
на полуавтоматическом пенетрометре

Глубина проникания иглы (пенетрация) при 25 °С, 0,1 мм	Максимально допустимая разница между наибольшим и наименьшим определением, 0,1 мм
До 70	3
Свыше 71 до 130	4
Свыше 131	5

Определение растяжимости битума

Растяжимость битума характеризуется способностью стандартного образца в форме восьмерки к увеличению длины без разрыва сплошности при постоянной скорости деформирования и заданной температуре. Метод заключается в растяжимости образца битума с постоянной скоростью при заданной температуре для определения максимального усилия при растяжении и растяжимости битума. Показателем растяжимости является абсолютное удлинение (в сантиметрах) образца в момент разрыва.

Растяжимость битума определяют на дуктилометре (рис. 3), состоящем из водонепроницаемого ящика 1, внутри которого расположены неподвижная опорная пластина 5 и подвижная пластина (салазки) 3 с прикрепленной к ней стрелкой. На обеих пластинах имеются штифты для установки форм-восьмерок с испытываемым битумом.

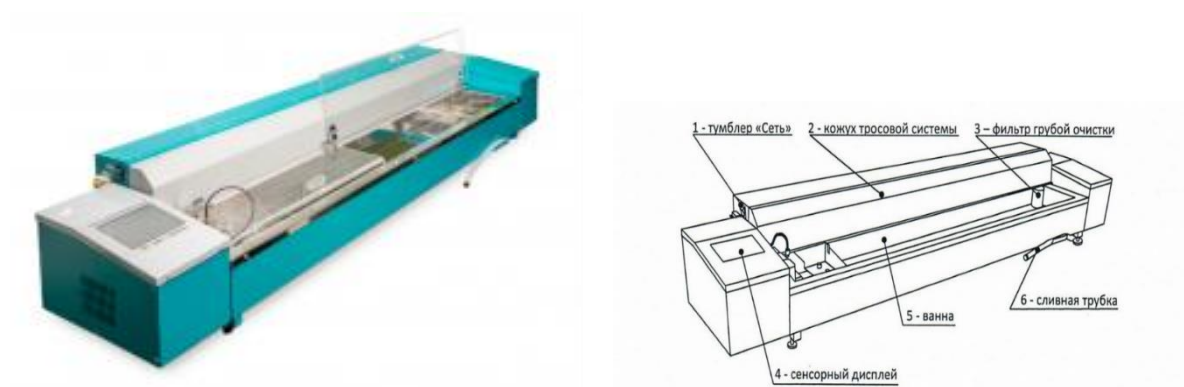


Рис. 3. Прибор для определения растяжимости – дуктилометр «Линтел ДБ-20-100»

К каждой из стенок ящика прикреплена линейка, вдоль которой перемещаются салазки при растяжении образца. Для изготовления образца-восьмерки используют латунную форму со съемными боковыми стенками.

Аппаратура и материалы

Дуктилометр, форма для изготовления образцов, водяная баня вместимостью не менее 10 л, пластинка металлическая полированная или стеклянная, термометры ртутные со шкалой измерения 0 – 200 °С с ценой деления 1 °С и 0 – 55 °С с ценой деления 0,1 °С, смесь талька с глицерином.

Подготовка образцов к испытанию

Внутреннюю поверхность латунной формы-восьмерки и поверхность пластины (стеклянной или металлической) покрывают смесью талька с глицерином в соотношении 1:3 (рис. 4).

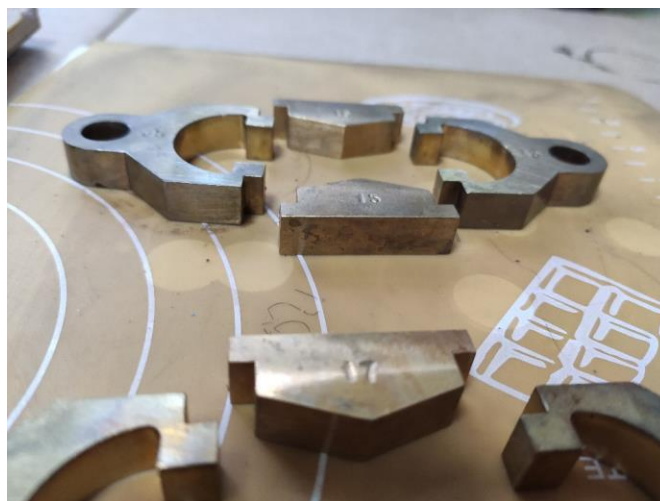


Рис. 4. Форма для определения растяжимости

Расплавленный и обезвоженный битум наливают в три формы тонкой струей. Уровень битума должен быть несколько выше краев формы. В течение 30 – 40 мин на пластине охлаждают при комнатной температуре, затем срезают избыток битума горячим ножом и помещают в водяную баню на 1 ч. Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм. В случае определения растяжимости при 25 °С температура воды поддерживается $(25 \pm 0,5)$ °С, при определении растяжимости при 0 – $(0 \pm 0,5)$ °С.

Проведение испытаний

Формы с битумом вынимают из водяной бани и устанавливают на штифты опорной пластины 5 и подвижной пластины (салазок) 3 дуктилометра (см. рис. 3). Снимают боковые части формы. Включают двигатель дуктилометра и наблюдают за растяжением битума. Скорость передвижения салазок равна 5 см/мин. Образец растягивают до наступления разрыва нити битума. В момент разрыва берут отсчет по линейке в сантиметрах.

Обработка результатов

Показатель растяжимости определяют как среднее арифметическое результатов трех испытаний. Допустимое расхождение между ними не должно быть более 10 % от среднего арифметического сравниваемых результатов.

Определение температуры размягчения

Температура размягчения битумов представляет собой условную характеристику перехода битума из вязкоупругого (полутвердого) в текучее состояние.

Температурой размягчения называют температуру, при которой битум, вытекающий из кольца определенных размеров, под действием собственной массы и массы действующего на него металлического шарика достигает нижнего диска прибора.

По многочисленным данным, битум при температуре размягчения характеризуется пенетрацией 800 мм^{-1} и абсолютной вязкостью, близкой $1500 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Таким образом, с известным приближением температура размягчения может рассматриваться как температура одинаковой вязкости для всех битумов.

Для определения температуры размягчения служит прибор «Кольцо и шар» (рис. 5).



Рис. 5. Прибор «Кольцо и шар» (КиШ)

Он состоит из металлического штатива 2, на котором закреплены термометр 1 и три диска. Расстояние между средним 5 и нижним контрольным 6 дисками равно $25^{+0,28} \text{ мм}$. В среднем диске имеются четыре отверстия диаметром около 19 мм для установки в них колец, залитых битумом. Штатив помещают в химический стакан, наполненный водой или глицерином.

Аппаратура и материалы

Прибор «Кольцо и шар», стеклянный стакан диаметром 90 мм и высотой 115 мм, латунные кольца с внутренними диаметрами 17,7 и 15,7 мм и стальные шарики диаметром $(9,5 \pm 0,05)$ мм, массой $(3,5 \pm 0,05)$ г, пластина металлическая полированная или стеклянная, термометр ртутный со шкалой измерения до 160 °С и ценой деления 0,5 °С, нагревательный прибор, глицерин, смесь глицерина с тальком в соотношении 3:1.

Подготовка образцов к испытанию

Предварительно обезвоженный и расплавленный битум заливают с некоторым избытком в латунные кольца, расположенные на пластине, покрытой смесью талька с глицерином (рис. 6). Образцы охлаждаются на воздухе в течение 20 мин при температуре (25 ± 10) °С, затем избыток битума срезают горячим ножом.

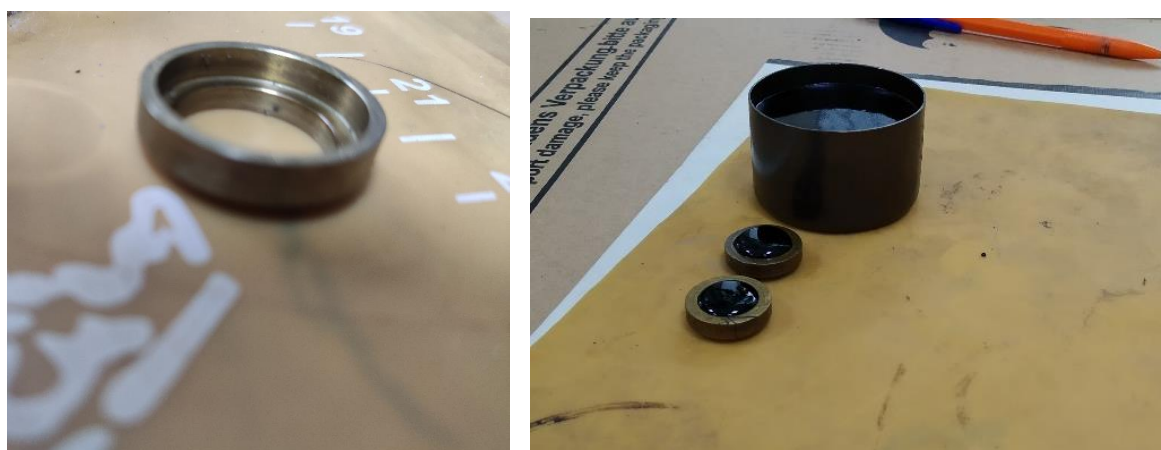


Рис. 6. Латунные кольца для прибора «Кольцо и шар»

Проведение испытаний

Кольца с битумом устанавливают в отверстия среднего диска прибора. Термометр вставляют в гнездо прибора таким образом, чтобы конец ртутного резервуара был на одном уровне с нижней поверхностью битума в кольце. Если ожидаемая температура размягчения ниже 80 °С, прибор с кольцами помещают в стакан, наполненный водой, температура которой (5 ± 1) °С, высота слоя воды над битумом – не менее 50 мм. Через 10 мин прибор извлекают из стакана и в центр каждого кольца пинцетом укладывают по стальному шарiku.

Для битумов с ожидаемой температурой размягчения 80 – 110 °С стакан заполняют смесью воды с глицерином в соотношении 1:2, а для битумов с температурой размягчения выше 110 °С в стакан заливают глицерин. Температура предварительного 10-минутного выдерживания образцов в этих случаях должна быть (34 ± 1) °С. До такой же температуры разогревают стальной шарик.

Стакан с прибором устанавливают на электрическую плитку, обеспечивая горизонтальное положение плоскостей колец. Жидкость в стакане подогревают со скоростью $(5 \pm 0,5)$ °С в минуту. Наблюдают размягчение битума и отмечают температуру, при которой выдавливаемый шариком битум коснется контрольного нижнего диска прибора.

Обработка результатов

В качестве показателя температуры размягчения принимают среднее арифметическое из результатов двух параллельных измерений.

При этом разница между ними не должна превышать 1 °С для битумов с температурой размягчения до 80 °С; 2 °С – для битумов с более высокой температурой размягчения.

Определение адгезии битума

Адгезией битума характеризуют прочность его сцепления с поверхностью каменных материалов основной или кислой породы. Различают «пассивное» и «активное» сцепление.

«Пассивное» сцепление характеризует способность битума противостоять отслоению его от минеральной поверхности под действием воды.

«Активное» сцепление свидетельствует о способности битума приклеиваться к поверхности минерального материала в присутствии воды.

В качестве минерального материала при определении «пассивного» и «активного» сцепления применяют белый мрамор Прохорово-Баландинского или Коелгинского месторождений или песок, отвечающий требованиям ГОСТ 6139.

Метод А – определение «пассивного» сцепления

Аппаратура и материалы

Сита металлические с отверстиями размером 2×2 и 5×5 мм, ложка металлическая, вода дистиллированная, бумага фильтровальная, песок, белый мрамор с содержанием кальция в пересчете на углекислый, кальций не менее 98 %, содержанием магния в пересчете на углекислый магний не более 1,5 %, чашки фарфоровые, стаканы лабораторные объемом 250 мл, сито с металлической сеткой № 0,7, сетка металлическая № 0,25 и № 0,5, термостат.

Подготовка к испытанию

Мрамор измельчают и отсеивают фракцию от 2 до 5 мм. Зерна с полированной поверхностью отбрасывают. Затем образцы мрамора или песка промывают дистиллированной водой и высушивают при 105 °С – 110 °С, песок – в течение 2 ч, мрамор – 5 ч.

Битум обезвоживают и процеживают через сито с сеткой № 0,7.

Для приготовления битумоминеральной смеси в две фарфоровые чашки взвешивают по $(30 \pm 0,1)$ г мрамора или песка и по $(1,20 \pm 0,01)$ г битума. Чашки выдерживают в течение 20 мин в термостате при 130 – 140 °С, затем перемешивают битум с минеральным материалом металлической ложкой до полного равномерного обволакивания битумом всех зерен. Полученную смесь охлаждают при комнатной температуре 20 мин.

Проведение испытаний

На металлическую сетку № 0,25 или № 0,5 с проволочными дужками выкладывают из одной чашки примерно половину приготовленной битумоминеральной смеси, расправляют ее равномерным слоем и опускают сетку в стакан с кипящей дистиллированной водой. Высота слоя воды над смесью должна быть 40 – 50 мм. Сетку с образцом выдерживают в кипящей воде в течение 30 мин. Битум, отделяющийся от смеси в процессе кипячения, осторожно снимают с поверхности фильтровальной бумагой.

По окончании кипячения сетку с образцом охлаждают 3 – 5 мин в стакане с холодной водой, после чего битумоминеральную смесь переносят на фильтровальную бумагу для оценки степени сцепления битума с поверхностью минерального материала.

Аналогичные испытания выполняют с содержимым второй фарфоровой чашки.

Обработка результатов

Для оценки сцепления битума с поверхностью минерального материала испытанную битумоминеральную смесь сравнивают с фотографиями контрольных образцов. Битум считают выдержавшим испытание на «пассивное» сцепление, если сцепляемость с минеральным материалом не менее двух параллельных образцов не хуже изображения соответствующего контрольного образца, номер которого указан в стандарте технических требований на дорожный битум.

Метод Б – определение активного сцепления

Аппаратура и материалы

Сита металлические с отверстиями 2×2 и 5×5 мм, ложка металлическая, вода дистиллированная, бумага фильтровальная, песок, мрамор белый, стаканы лабораторные стеклянные объемом 100 мл, пробирки стеклянные с притертыми пробками, баня водяная диаметром не менее 110 мм и высотой не менее 160 мм, чехол из кошмы или другого теплоизоляционного материала с внутренним диаметром 35 – 38 мм, длиной 180 – 190 мм.

Подготовка к испытанию

Для определения сцепления приготовление каменных материалов производят так же, как и в предыдущем случае.

В три стеклянные пробирки с притертой пробкой взвешивают по $(0,8 \pm 0,1)$ г мрамора или песка, наливают по 10 мл дистиллированной воды и на её поверхность добавляют по $(0,32 \pm 0,01)$ г битума.

Проведение испытаний

Каждую пробирку закрывают стеклянной пробкой и помещают на подставке в водяную баню. Выступающую из воды часть пробирки накрывают стаканом, который должен касаться воды. При испытании вязких битумов вода в бане должна кипеть, а при испытании жидких марок дорожных битумов температура в бане должна быть 55 – 60 °С.

По истечении 10 мин пробирку вынимают из бани, быстро помещают в предварительно нагретый чехол из кошмы и интенсивно (140 – 160 колебаний в минуту) встряхивают в направлении большой оси пробирки в течение 2 мин.

После этого битумоминеральную смесь переносят из пробирки на стеклянную пластинку.

Обработка результатов

Для оценки «активного» сцепления битума с поверхностью минерального материала битумоминеральную смесь сравнивают с фотографиями контрольных образцов. Битум считают выдержавшим испытание на «активное» сцепление с мрамором или песком, если сцепляемость с минеральным материалом не менее двух параллельных образцов не хуже изображения, соответствующего контрольному образцу, номер которого указан в нормативно-технической документации. При сравнении с контрольным образцом № 1 наличие белых пятен в смеси не допускается.

Определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)

Настоящий метод заключается в воздействии высокой температуры и воздуха на движущуюся тонкую пленку битума и определении влияния данного воздействия на битум путем сравнения физико-химических показателей битума, полученных до и после воздействия (рис. 7).

Аппаратура и материалы

Сушильный шкаф, печь, стеклянные контейнеры, сито с металлической сеткой № 0,7.



Рис. 7. Оборудование для определения старения битума при высокой температуре (метод RTFOT)

Подготовка к испытанию

Образец битума доводят до подвижного состояния и при наличии влаги обезвоживают, сначала нагревая в сушильном шкафу до температуры $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ затем, не допуская локальных перегревов, доводят температуру битума при постоянном перемешивании до температуры $(160 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Время нагревания битума при указанных условиях не должно превышать 50 мин. Обезвоженный битум процеживают через сито (с металлической сеткой № 0,7) и тщательно перемешивают.

На подготовительном этапе определяют все показатели битума:

- «температура размягчения» ГОСТ 133142;
- «температура хрупкости» ГОСТ 33143;
- «динамическая вязкость» ГОСТ 33137.

Перед испытанием необходимо в течение 2 ч выдержать печь при заданной температуре (163°), при этом вентилятор должен работать.

Проведение испытаний

Стеклянные пустые контейнеры необходимо промаркировать и взвесить с точностью до 1 мг.

В каждый контейнер наливают $(35 \pm 0,5)$ г образца. Сразу после заливки битума при помощи вращения необходимо распределить битум по внутренней боковой поверхности контейнера. Число стеклянных контейнеров определяется заранее исходя из объема состаренного битума, необходимого для последующего испытания.

Затем контейнеры необходимо охладить в течение 1 ч при температуре $(21 \pm 40)^{\circ}\text{C}$. После чего их взвешивают с точностью до 1 мг для определения M_1 и M°_1 .

Затем контейнеры помещают в барабан печи, если их количество меньше 8, то располагают их так, чтобы при вращении не допустить дисбаланса (через один).

Все пустые отверстия барабана должны быть заполнены пустыми контейнерами.

После установки контейнеров дверь печи должна быть плотно закрыта. При установке контейнеров температура в печи должна постоянно поддерживаться и обеспечивать постоянную циркуляцию воздуха.

После этого необходимо привести в действие барабан с частотой вращения $(15,0 \pm 0,2)$ мин⁻¹, через форсунку начать подавать воздух со скоростью $(4,0 \pm 0,2)$ л/мин и начать отсчет времени испытания. Стеклянные контейнеры с образцами необходимо выдержать при данных условиях в печи в течение времени испытания (85 ± 1) мин; в случае если температура испытания не будет достигнута в течение 15 мин с начала отсчета времени испытания, то испытание признается некорректным и его необходимо прекратить.

По истечении времени испытания необходимо извлечь из печи маркированные контейнеры и поместить их в место для охлаждения при температуре $(21 \pm 4) ^\circ\text{C}$.

Маркированные стеклянные контейнеры Д и Б должны остыть в течение не менее 1 ч при температуре $(21 \pm 4) ^\circ\text{C}$. После чего осуществляют взвешивание стеклянных контейнеров с точностью до 1 мг для определения масс M_2 и M'_2 .

Затем необходимо поочередно вынимая остальные контейнеры, собрать битум из контейнеров в одну емкость. Необходимо переместить в емкость не менее 90 % битума из каждого контейнера. Остатки битума извлекаются из контейнера с помощью лопатки или другого подходящего инструмента. Во время извлечения битума из каждого контейнера фасадная дверь печи должна быть плотно закрыта, а нагреватель (вентилятор) и подача воздуха включены, при этом барабан с остальными контейнерами должен вращаться.

Последний контейнер с образцом должен быть извлечен из печи не более чем через 6 мин после истечения времени испытания.

Извлеченный из контейнеров битум необходимо подогреть до температуры $(160 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и перемешать. Далее следует провести необходимые испытания, используя извлеченный из контейнеров битум.

Обработка результатов

Результатами испытаний являются значения показателей, определенные в соответствии с ГОСТ 33133-2014.

Изменение массы образца после старения определяется как процентное изменение масс для контейнеров А и Б соответственно.

Метод определения температуры хрупкости по Фраасу

Настоящий метод испытаний заключается в охлаждении с равномерной скоростью и периодическом изгибе образца битума и определении температуры, при которой появляются трещины или образец битума ломается. Испытание характеризует морозостойкость битума.

Аппаратура и материалы

Прибор Фрааса (рис. 8), термопара или термометр с длиной погружаемой в прибор части 250 – 260 мм с диапазоном измерения от $-35 ^\circ\text{C}$ до $+30 ^\circ\text{C}$ и ценой деления $1 ^\circ\text{C}$, металлическая сетка № 07, плитка электрическая, секундомер.

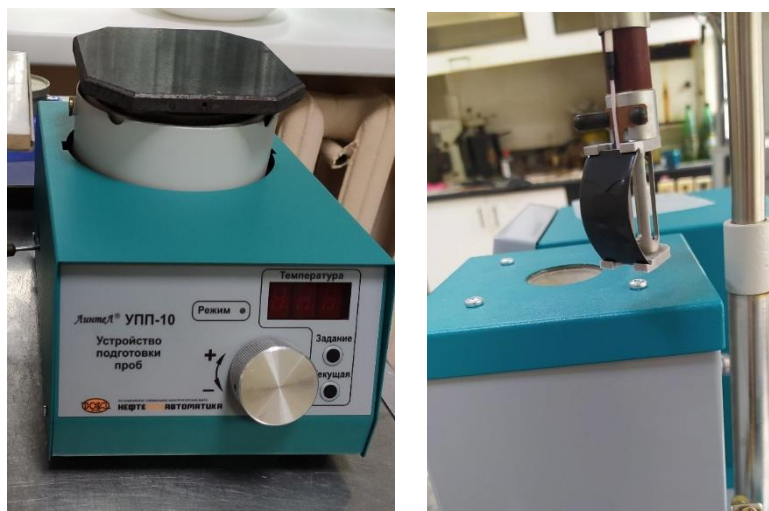


Рис. 8. Прибор Фрааса

Подготовка к испытанию

Пробу битума обезвоживают до подвижного состояния, процеживают через металлическое сито и перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха.

Три стальные пластинки промывают растворителем и на каждую наносят 0,4 г битума, взвешенного с погрешностью не более 0,01 г. Пластинки нагревают до полного растекания битума по их поверхности равномерным слоем.

Пластинки выдерживают при комнатной температуре не менее 20 минут, затем вставляют в захваты устройства для сгибания, собирают устройство для охлаждения и заполняют сосуд Дюара спиртом до половины высоты.

Проведение испытаний

Устройство для сгибания пластинки с битумом вставляют в пробирку с небольшим количеством хлористого кальция. Термометр или термопару устанавливают так, чтобы шарик термометра или конец термопары находились на уровне средин пластинки. Температура в пробирке к началу испытания должна быть не ниже 15 °С.

Охлаждающий реагент вводят порциями, обеспечивая понижение температуры в пробирке со скоростью 1 °С/мин.

Сгибать пластинку начинают при температуре приблизительно на 10 °С выше предполагаемой температуры хрупкости.

Сгибания повторяют в начале каждой минуты и отмечают температуру при появлении первой трещины.

Обработка результатов

Опыт повторяют со всеми тремя пластинками и за температуру хрупкости принимают среднее арифметическое трех определений. Допускаемые расхождения между ними не должны превышать 3 °С.

3.5. Жидкие нефтяные дорожные битумы

Жидкие нефтяные дорожные битумы применяются в качестве вяжущего материала при строительстве покрытий и оснований дорожных одежд. Их используют при приготовлении холодных асфальтобетонных смесей, а также для предварительной обработки дорожных покрытий и обеспыливания дорог.

По скорости формирования структуры жидкие битумы подразделяют на классы: СГ – среднегустеющие и МГ – медленногустеющие. Жидкие битумы класса СГ применяют при строительстве усовершенствованных дорожных покрытий во всех дорожно-климатических зонах страны. Битумы класса МГ используют при строительстве дорожных покрытий облегченного типа и оснований в III – V дорожно-климатических зонах. Они могут применяться и во II ДКЗ при летнем строительстве.

По вязкости в каждом классе выделяют несколько марок жидких битумов:

для класса СГ – СГ 40/70, СГ 70/130, СГ 130/200;

для класса МГ – МГ 40/70, МГ 70/130, МГ 130/200;

для класса МГО – МГО 40/70, МГО 70/130, МГО 130/200.

Качество жидких битумов оценивают по показателям следующих свойств:

- условной вязкости;
- скорости формирования структуры;
- активного сцепления с мрамором или песком;
- истинной вязкости, определенной в ротационном или капиллярном вискозиметре.

Жидкие дорожные битумы изготавливают на нефтеперерабатывающих заводах разжижением вязких битумов жидкими нефтяными продуктами установленного фракционного состава с введением добавок поверхностно-активных веществ.

При работе с жидкими нефтяными битумами установлены следующие температуры их нагревания:

СГ 40/70, МГ 40/70	– 70 – 80 °С
СГ 70/130, МГ 70/130	– 80 – 90 °С
СГ 130/200, МГ 130/200	– 90 – 100 °С.

Определение условной вязкости жидких битумов

Условная вязкость жидких нефтяных битумов определяется в стандартном вискозиметре с диаметром сточного отверстия 3 или 5 мм в зависимости от вида испытываемого материала.

Условная вязкость показывает время, в течение которого определенное количество материала протекает через отверстие определенного диаметра при заданной температуре. Показателем условной вязкости жидкого нефтяного дорожного битума является время истечения в секундах 50 мл материала сквозь калиброванное отверстие при температуре 60 °С. Условную вязкость обозначают символом С с индексами: верхний указывает диаметр сточного отверстия, нижний – температуру испытания, например С⁵₆₀.

Показатели условной вязкости с некоторым приближением могут быть увязаны со значением истинной плотности материала, определяемой методами ротационной или капиллярной вискозиметрии:

$$y = 0,14 + 0,03x, \quad (15)$$

где y – истинная плотность, Па·с; x – условная вязкость при 60 °С.

Аппаратура и материалы

Вискозиметр для нефтяных битумов, секундомер, сито с металлической сеткой № 0,7, измерительный стеклянный цилиндр объемом 100 мл, посуда лабораторная фарфоровая, бензин или другой растворитель.

Подготовка к испытанию

Обезвоженный и подогретый битум процеживают через сито и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха.

Вискозиметр устанавливают горизонтально. Внутреннюю поверхность цилиндра и шариковый клапан промывают растворителем и подсушивают на воздухе.

Сточное отверстие закрывают шариковым клапаном и подставляют под него фарфоровую чашку.

Баню вискозиметра заполняют водой на 1 – 2 °С выше температуры испытания.

Проведение испытания

Битум, нагретый на 2 – 3 °С выше температуры испытания, наливают в цилиндр и перемешивают термометром. При достижении битумом температуры $(60 \pm 0,5)$ °С из-под сточного отверстия вискозиметра убирают фарфоровую чашку и на ее место подставляют сухой мерный цилиндр так, чтобы при сливе продукт не разбрызгивался по его стенкам. Вынимают термометр и быстро приподнимают стержень шарикового клапана.

В момент, когда уровень битума достигнет в измерительном цилиндре отметки 25 мм, включают секундомер, а в момент достижения уровня, соответствующего 75 мм, секундомер останавливают и вычисляют время испытания.

Обработка результатов

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений, округленное до целого значения. Допустимые расхождения результатов измерения не должны превышать значений величин, указанных в табл. 32.

Таблица 32

Допустимые расхождения результатов измерений

Условная вязкость	Допустимые расхождения
До 40	2 с
Свыше 40	10 % от значения величины меньшего результата

Ориентировочный расчет состава разжиженных битумов

В производственных условиях часто возникает необходимость приготовления жидких битумов непосредственно на асфальтобетонном заводе путем смешения вязкого битума с разжижителем. Для ориентировочного определения концентрации разжижителя используют табл. 33.

Таблица 33

**Ориентировочные концентрации разжижителей для получения
разжиженных битумов**

Требуемая марка битума	Марка исходного битума	Количество разжижителя для получения битума заданной марки, % по массе	
		Дизельное топливо А и З, керосин для технических целей	Дизельное топливо Л, топливо ДЗ, ДА, ДС, зеленое масло
БНД 200/300	БНД 60/90	4 – 7	5 – 8
	БНД 90/130	3 – 5	4 – 7
БНД 130/200	БНД 60/90	4 – 6	4 – 6
	БНД 90/130	3 – 4	3 – 5
СГ 130/200	БНД 40/60	14 – 18	–
	БНД 60/90	12 – 16	–
СГ 70/130	БНД 40/60	16 – 20	–
	БНД 60/90	14 – 17	–
МГ 130/200	БНД 40/60	–	17 – 23

Перемешивание должно быть интенсивным до получения однородной смеси. Затем определяют условную вязкость полученных проб битума в стандартном вискозиметре и строят графическую зависимость условной вязкости от содержания разжижителя. Для этого по оси ординат откладываются в логарифмическом масштабе показатели условной вязкости, а по оси абсцисс в обычном масштабе – содержание разжижителя (рис. 9).

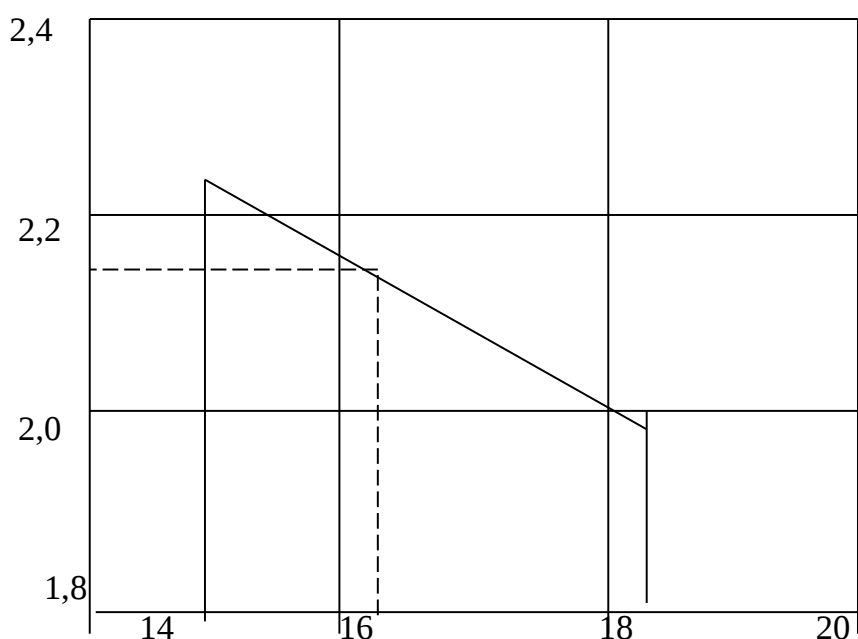


Рис. 9. График для экспериментального уточнения состава разжиженного битума

С оси ординат от точки, отвечающей заданной вязкости, проводят линию, параллельную оси абсцисс, до пересечения с прямой зависимости от содержания разжижителя. Опустив из точки пересечения перпендикуляр на ось абсцисс, определяют уточненное содержание разжижителя. Окончательно полученный битум испытывают для определения его свойств и установления их соответствия требованиям ГОСТ.

3.6. Изготовление образцов из асфальтобетонной смеси

Качество асфальтобетона устанавливают путем испытания его физико-механических свойств на цилиндрических образцах, изготовленных по специальной методике, а также на непереформованных образцах-вырубках или кернах и на цилиндрических образцах, переформованных из вырубков и кернов. Размеры образцов и технология их приготовления зависят от типа и вида асфальтобетонной смеси.

Асфальтобетонные смеси готовят в специальных лабораторных мешалках с подогревом. Стандартные образцы изготавливают в полых цилиндрических формах, снабженных вкладышами, способными под давлением перемещаться навстречу друг другу (рис. 10). Ориентировочное количество смеси на один образец приведено в табл. 34.



Рис. 10. Изготовление асфальтобетонных образцов
(уплотнитель Маршала)

Таблица 34

Количество смеси на один образец

Вид испытаний	Максимальный размер минеральных зерен	Размеры мм. образцов,		Примерная масса смеси, г
		диаметр	высота	
Определение физико-механических свойств на образцах цилиндрической формы	25, 20, 15, 10	50,5; 71,4	50,5 ± 1	230
			71,4 ± 1	630
Испытания на слеживаемость холодных смесей	10; 15,5	71,4	60,0 ± 1	450

Предварительно высушенные минеральные составляющие смеси в заданном соотношении помещают в металлическую емкость и нагревают до температуры, соответствующей типу смеси и марке применяемого битума (табл. 35).

Таблица 35

Рекомендуемые температуры нагрева асфальтобетонных смесей

Условия приготовления смесей	Виды смесей и марки применяемого битума	
	Горячие	Холодные
	БНД 50/70 БНД 70/100 БНД 100/130	СГ 70/130 МГ 70/130
Температура предварительного нагрева минеральных материалов, °С	150 – 170	100 – 120
Температура предварительного нагрева битума, °С	130 – 150	80 – 90
Температура смеси при изготовлении образцов, °С	140 – 150	18 – 22

К минеральным материалам добавляют требуемое количество предельно обезвоженного и нагретого битума. Смесь перемешивают сначала вручную, затем в лабораторной мешалке до полной однородности, характеризуемой равномерным покрытием минеральных зерен

вяжущим и отсутствием в смеси сгустков. Активированный минеральный порошок вводят в смесь в холодном виде.

В этом случае щебень и песок предварительно нагревают на 20 – 40 °С выше, чем указано в табл. 35. Формы для изготовления образцов предварительно нагревают в термостате до температуры 90 – 100 °С, протирают их внутренние стенки тканью, слегка смоченной маслом или керосином, и устанавливают на специальную подставку, обеспечивающую выход нижнего вкладыша из полого цилиндра на 15 – 20 мм.

Взвешивают необходимое количество подогретой смеси, равномерно распределяют ее в форме и штыкуют ножом или штыковкой. Верхним вкладышем прижимают смесь в форме вручную или на ручном прессе. Устанавливают форму со смесью на нижнюю плиту гидравлического пресса, постепенно доводят давление до 40 МПа и выдерживают под нагрузкой в течение 3 мин. После снятия нагрузки образцы выдавливают из формы с помощью специального приспособления.

Образцы-плиты для испытания на устойчивость к колееобразованию формуются на вальцовом (секторном) уплотнителе (рис.11).



Рис. 11. Изготовление образцов-плит вальцовым (секторным) уплотнителем

Образцы с дефектами кромок или непараллельностью нижнего и верхнего основания бракуют.

Керны (вырубки) отбирают из слоя асфальтобетона не менее чем в одном месте на площади до 3000 м².

Толщина керна (вырубки) при испытании в лаборатории должна быть ориентировочно равна толщине слоя, из которого проводился отбор.

Отбор кернов (вырубок) из слоев ездового полотна искусственных сооружений не допускается.

3.7. Определение физико-механических свойств асфальтобетона

Физико-механические свойства асфальтобетона определяют с целью прогнозирования таких важных эксплуатационных свойств, как водо- и морозостойкость покрытия, его долговечность под воздействием нагрузок от транспортных средств.

Для характеристики качества асфальтобетона определяют следующее: плотность и пористость асфальтобетона и его минеральной части, водонасыщение, набухание, предел прочности при сжатии, коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении.

Определение средней плотности асфальтобетона.

Сущность испытания заключается в определении плотности асфальтобетона с учетом имеющихся в нем пор на цилиндрических образцах, приготовленных в лаборатории, или на образцах – вырубках из покрытия (основания) дороги.

Аппаратура

Весы лабораторные с приспособлением для гидростатического взвешивания (рис. 12), сосуд емкостью 1 – 3 л.



Рис. 12. Приспособление для гидростатического взвешивания образцов

Подготовка к испытанию

Три образца тщательно обтирают тканью и очищают от налипших частиц смеси (рис. 13).



Рис. 13. Проведение испытаний

Проведение испытания

Образцы взвешивают с точностью до 0,01 г на воздухе. Затем погружают на 30 мин в сосуд с водой, имеющей температуру $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, вытирают и вторично взвешивают на воздухе.

Обработка результатов

Среднюю плотность $\rho_{\text{ср}}^a$ вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ по формуле

$$\rho_{\text{ср}}^2 = (m_0 \cdot \rho_{\text{в}}) / (m_1 - m_2), \quad (16)$$

где m_0 – масса образца, взвешенного на воздухе, г; m_1 – масса образца, выдержанного в воде 30 мин, а затем взвешенного на воздухе, г; m_2 – масса образца, взвешенного в воде, г; $\rho_{\text{в}}$ – истинная плотность воды, равная 1 г/см³.

За среднюю плотность принимают среднее арифметическое результатов определения плотности трех образцов. Расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 0,02 г/см³.

Определение средней плотности минеральной части (остова) асфальтобетона

Среднюю плотность минеральной части асфальтобетона определяют расчетом на основании предварительно установленной средней плотности образцов и соотношения минеральных материалов и вяжущего в смеси.

Среднюю плотность $\rho_{\text{ср}}^0$ вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ по формуле

$$\rho_{\text{ср}}^0 = (\rho_{\text{ср}}^a \cdot g_0) / (g_0 + g_{\text{в}}), \quad (17)$$

где $\rho_{\text{ср}}^a$ – средняя плотность образцов асфальтобетона, г/см³; g_0 – массовая доля материалов в асфальтобетоне, % (принимают за 100 %); $g_{\text{в}}$ – массовая доля вяжущего в асфальтобетоне, % (сверх 100 % минеральной части).

Определение истинной плотности минеральной части смеси и асфальтобетона расчетным методом

Истинную плотность минеральной части асфальтобетона определяют на основании предварительно установленных истинных плотностей отдельных минеральных составляющих (щебня, песка и минерального порошка). Истинную плотность ρ_0 вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ по формуле

$$\rho_0 = 100 / (g_1 / \rho_1 + g_2 / \rho_2 + g_3 / \rho_3 + \dots + g_n / \rho_n), \quad (18)$$

где g_1, g_2, g_3 – содержание отдельных минеральных материалов в смеси, % по массе; ρ_1, ρ_2, ρ_3 – истинная плотность отдельных минеральных материалов, г/см³.

Определение истинной плотности асфальтобетонной смеси

Истинную плотность смеси определяют расчетным или пикнометрическим методом.

Расчетный метод определения плотности используют только при проектировании составов смеси. Пикнометрический метод определения плотности применяют как при проектировании состава смеси, так и при испытании образцов-вырубок или проб смеси, отобранных из смесительной установки.

Определение истинной плотности расчетным методом

Истинную плотность вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ на основании ранее установленных значений истинной плотности минеральной части смеси, битума и их массового соотношения.

$$\rho^a = (g_m + g_b) / (g_m / \rho_{0\text{м ист}} + g_b / \rho_b), \quad (19)$$

где g_m – массовая доля минеральных материалов в смеси, % (принимают за 100%); g_b – массовая доля битума в смеси, % (сверх 100 %); $\rho_{0\text{м ист}}$ – истинная плотность минеральной части смеси, г/см³; ρ_b – истинная плотность битума, г/см³.

Определение истинной плотности пикнометрическим методом

Аппаратура и материалы

Мерная колба объемом 250 – 500 см³, весы лабораторные, вакуум-прибор, термометр ртутный с ценой деления шкалы 1 °С, колба, капельница, дистиллированная вода с добавкой смачивателя.

В качестве смачивателя применяют моющее средство. Смачиватель вводят в следующем количестве на 1 л воды: жидкий – 15 г; пастообразный (в виде раствора в воде 1:1) – 10 г или 120 капель; порошкообразный – 3 г.

Подготовка к испытанию

Из средней пробы смеси или вырубки, измельченной до размера максимального диаметра зерен, отвешивают две навески по 50 – 200 г

каждая с точностью до 0,01 г. Мерную колбу (высушенную) взвешивают без воды, затем заполняют дистиллированной водой со смачивателем до черты на шейке, выдерживают при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 30 мин и снова взвешивают. Перед повторным взвешиванием доводят уровень воды в колбе до черты. Вычисляют истинную плотность воды со смачивателем по формуле

$$\rho_v = (m - m_1)/V, \quad (20)$$

где m – масса колбы с водой при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, г; m_1 – масса сухой колбы, г; V – объем колбы до черты на шейке, см^3 .

Затем воду сливают и колбу снова высушивают.

Проведение испытания

Каждую навеску смеси высыпают в чистую сухую колбу. Затем колбу с навеской заполняют приблизительно на 1/3 объема дистиллированной водой со смачивателем, температура которой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Содержимое колбы взбалтывают. Колбу помещают на 1 ч в вакуум-прибор при остаточном давлении не более 2000 Па (15 мм рт. ст.), затем доливают в нее воды со смачивателем до черты на шейке, выдерживают при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 30 мин и взвешивают. Перед взвешиванием уровень воды в колбе доводят до черты на шейке.

Обработка результатов

Истинную плотность асфальтобетонной смеси вычисляют с точностью до 0,01 $\text{г}/\text{см}^3$ по формуле

$$\rho_a = (g_m - g_v)/(g_m/\rho + g_v/\rho_v), \quad (21)$$

где g_m – масса смеси г; g_v – истинная плотность воды со смачивателем $\text{г}/\text{см}^3$; ρ – масса колбы с водой (до черты на шейке), г; ρ_v – масса колбы с навеской смеси и водой, г.

За истинную плотность асфальтобетонной смеси принимают среднее арифметическое двух определений, расхождение между которыми не превышает 0,01 $\text{г}/\text{см}^3$.

Определение пористости минеральной части асфальтобетонной смеси

Пористость вычисляется с точностью до 0,1 % на основании определенных ранее значений истинной и средней плотности минеральной части смеси по формулам: (20), (21).

Определение остаточной пористости асфальтобетона

Остаточная пористость асфальтобетона определяется расчетом на основании значений истинной и средней плотности по формуле:

$$V_{\text{пор}}^0 = (1 - \rho_{\text{ср}}^0 / \rho^0) 100, \% . \quad (22)$$

Обработка результатов

Общее количество воздушных пустот в уплотненной асфальтобетонной смеси, выраженное в процентах от объема.

Количество воздушных пустот в асфальтобетоне, %, вычисляют по формуле

$$P_a = \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right) 100, \quad (23)$$

где G_{mb} – объемная плотность асфальтобетона, г/см³; G_{mm} – максимальная плотность асфальтобетонной смеси, г/см³.

Результат измерения указывают с точностью до первого знака после запятой.

Определение пустот в минеральном заполнителе (ГОСТ Р58406.10)

Общее количество пустот между зернами минерального заполнителя в уплотненной асфальтобетонной смеси, выраженное в процентах от объема, ПМЗ %, вычисляют по формуле

$$\text{ПМЗ} = 100 \left(1 - \frac{G_{mb} \cdot p_s}{G_{sb}} \right), \quad (24)$$

где G_{mb} – объемная плотность асфальтобетона, г/см³; p_s – количество минерального заполнителя в асфальтобетонной смеси с учетом содержания битумного вяжущего, включенного в 100 % состава смеси, доли единиц; G_{sb} – общая объемная плотность минерального заполнителя, входящего в состав смеси, г/см³.

Определение водонасыщения асфальтобетона

Водонасыщение косвенно характеризует остаточную пористость асфальтобетона и является одной из характеристик его плотности. За величину водонасыщения асфальтобетона принимают количество воды, поглощенное образцом при заданном режиме насыщения под вакуумом. Водонасыщение определяют на образцах, изготовленных в лаборатории из смеси, или на образцах-вырубках из покрытия (основания) дороги.

Аппаратура

Весы лабораторные, вакуум-прибор, термометр ртутный с ценой деления шкалы 1 °С, сосуд объемом 2,5 – 3,0 л.

Подготовка к испытанию

Водонасыщение определяют на образцах, ранее использованных для определения средней плотности.

Проведение испытаний

Образцы асфальтобетона помещают в ванну вакуум-прибора, заполненную водой температурой (20 ± 2) °С так, чтобы уровень воды над образцами был не менее 3 см. В вакуум-приборе создается и поддерживается в течение 1 ч 30 мин остаточное давление, равное 2000 Па (15 мм рт. ст.). Затем давление доводят до атмосферного и образцы выдерживают в том же сосуде с водой при температуре (20 ± 2) °С в течение часа. После этого образцы извлекают из воды, обтирают мягкой тканью и взвешивают с точностью до 0,01 г на воздухе и в воде. Приращение массы образца, отнесенное к первоначальному его объему, составляет водонасыщение по объему (истинная плотность принимается равной 1 г/см³).

Обработка результатов

Водонасыщение асфальтобетонных образцов, выраженное в процентах от первоначального объема, вычисляют по формуле

$$W = [(m_3 - m_0)/(m_1 - m_2)]100 \%, \quad (25)$$

где m_0 – масса сухого образца, взвешенного на воздухе, г; m_1 – масса образца, выдержанного 30 мин в воде и взвешенного на воздухе, г; m_2 – масса того же образца, взвешенного в воде, г; m_3 – масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г.

Определение набухания (приращения объема) асфальтобетона

Набухание определяют как приращение объема образцов из асфальтобетона после насыщения водой в процентах от первоначального объема. Показатель набухания косвенно характеризует степень гидрофильности минерального порошка и сцепления битума с поверхностью минеральных зерен.

Для определения набухания используют данные, полученные при испытании водонасыщения и средней плотности асфальтобетона. Набухание H в процентах объема вычисляют по формуле

$$H = [(m_3 - m_4) - (m_1 - m_2)/(m_1 - m_2)]100 \%, \quad (26)$$

где m_1 – масса образца, выдержанного 30 мин в воде и взвешенного на воздухе, г; m_2 – масса того же образца, взвешенного в воде, г; m_3 – масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г; m_4 – масса того же образца, взвешенного в воде, г.

Набухание вычисляют с точностью до 0,1 %. За результат набухания принимают среднее арифметическое значение между наибольшим и наименьшим результатами и не должно превышать 0,2 % (по абсолютной величине набухания).

Определение вододостойкости асфальтобетона

ГОСТ Р 58401.18-2019

Водостойкость асфальтобетона определяется на двух сериях образцов асфальтобетона.

Подготовка к испытанию

Уплотнение образцов диаметром 150 мм и высотой 95 мм с содержанием воздушных пустот 7 %.

Проведение испытания

1-я серия:

- определение содержания воздушных пустот;
- термостатирование в воде при 25 °С в течение 2 ч;
- определение прочности на не прямое растяжение (рис. 14).

2-я серия:

- определение содержания воздушных пустот;
- водонасыщение образцов на 80 % по объему;
- заморозка образцов при температуре –18 °С в течение 16 ч;
- оттаивание образцов в воде при температуре 60 °С в течение 24 ч;

- термостатирование в воде при 25 °С в течение 2 ч;
- определение прочности на не прямое растяжение.

Обработка результатов

Коэффициент водостойкости определяется как отношение предела прочности на не прямое растяжение образцов 2-й серии к пределу прочности на не прямое растяжение образцов 1-й серии (рис 14).

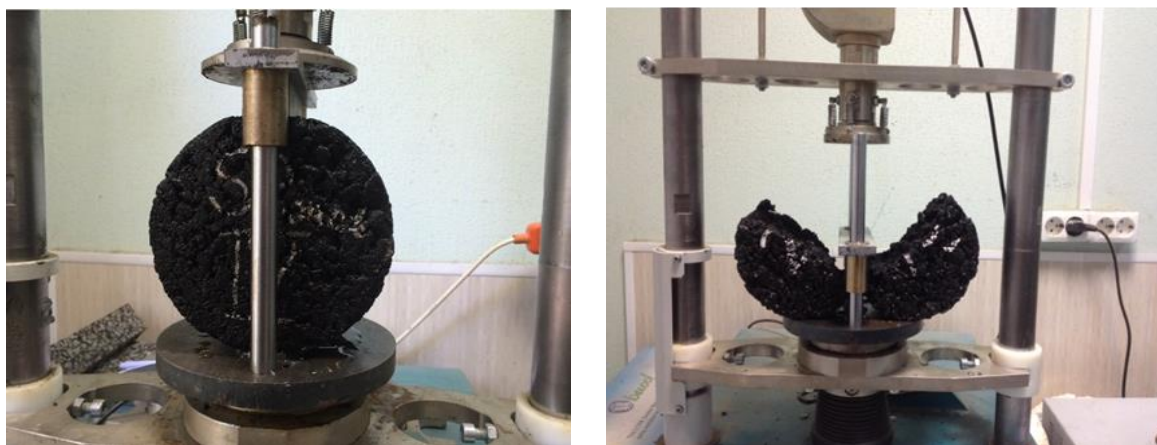


Рис. 14. Определение прочности на не прямое растяжение

Определение коэффициента водостойкости асфальтобетона

Коэффициент водостойкости характеризует степень падения прочности асфальтобетона после воздействия на него воды в условиях вакуума.

Коэффициент водостойкости асфальтобетона вычисляют с точностью до 0,01 по формуле

$$K_v = R_{20}^B / R_{20}, \quad (27)$$

где R_{20}^B – предел прочности при сжатии водонасыщенных в вакууме образцов при 20 °С, МПа; R_{20} – предел прочности при сжатии сухих образцов при температуре 20 °С, МПа.

Определение предела прочности при сжатии

Сущность метода заключается в определении нагрузки, необходимой для разрушения образца из асфальтобетона.

Аппаратура

Пресс с гидравлическим приводом с нагрузкой от 50 до 100 кН (5 – 10 тс), термометр химический ртутный с ценой деления шкалы 1 °С, сосуд для термостатирования образцов объемом 3 – 5 л.

Подготовка к испытанию

Показатели предела прочности при сжатии асфальтобетона определяют при температуре $(50 \pm 2) ^\circ\text{C}$; $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$; $(0 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Перед испытанием образцы выдерживают в течение 1 ч в водяной бане при заданной температуре. Температуру $(0 \pm 2) ^\circ\text{C}$ создают смешением воды со льдом.

Для определения предела прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии используют образцы, испытанные на водонасыщение и набухание.

Проведение испытания

Предел прочности при сжатии асфальтобетона определяют на прессе с гидравлическим приводом при скорости деформирования образцов 3 мм/мин.

Образец извлекают из водяной бани, обтирают мягкой сухой тканью, устанавливают ее выше уровня поверхности образца на 1,5 – 2 мм. После этого включают электродвигатель пресса и загружают образец до тех пор, пока показание силоизмерителя не достигнет максимального значения, которое принимают за разрушающую нагрузку.

Обработка результатов

Предел прочности при сжатии образца $R_{\text{сж}}$ вычисляют по формуле

$$R_{\text{сж}} = P/F, \quad (28)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н (кгс); F – площадь поперечного сечения образца, см².

За результат определения принимают среднее арифметическое значение испытаний трех образцов, расхождение между которыми не превышает 10 %.

Определение средней глубины колеи ГОСТ Р58406.3

Метод заключается в прокатывании нагруженного колеса по испытуемому образцу при требуемой температуре и определении глубины колеи после 10 000 циклов нагрузки (20 000 прокатываний) или до достижения предельного значения.

Аппаратура

Испытательная установка из металлического корпуса, нагруженного колеса с шиной с внешним диаметром от 200 до 205 мм и системой нагрева и конвекции воздуха с регистрацией температуры (рис. 15), штангенциркуль, линейка, термостат, дополнительно может использоваться установка для распила асфальтобетона.



Рис. 15. Испытательная установка

Подготовка к испытанию

При подготовке к выполнению испытания осуществляют следующие операции:

- отбор вырубков или приготовление образцов-плит (рис. 16);
- измерение толщины испытуемого образца;
- закрепление испытуемого образца;
- термостатирование.

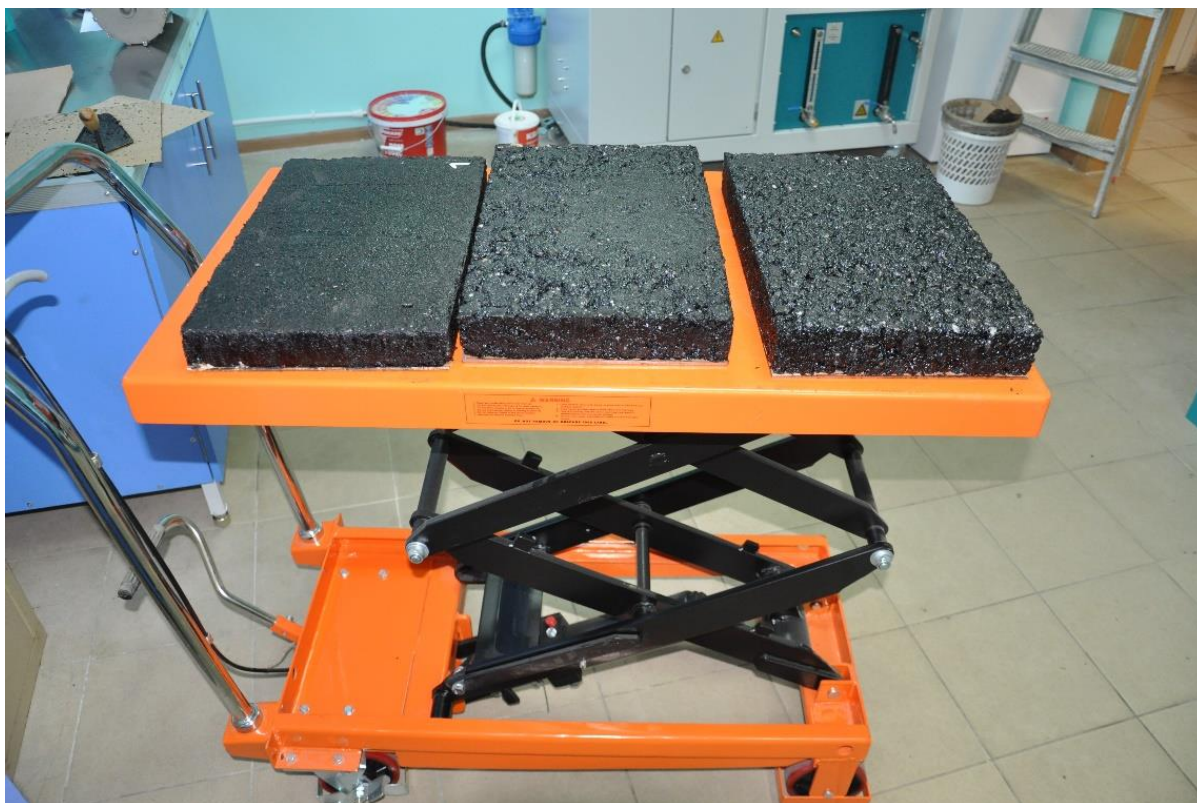


Рис. 16. Подготовка к испытанию образцов-плит

Проведение испытания

После 10 первых циклов нагрузки фиксируют первоначальное показание вертикального положения колеса. Показания фиксируют не менее 20 раз в течение первого часа испытания и не менее одного показания в 500 циклов нагрузки до конца всего испытания. Вертикальное положение колеса определяют как среднеарифметическое значение высот в 25 равномерно распределенных точках по оси движения колеса на расстоянии по (50 ± 2) мм в разные стороны от геометрического центра поверхности испытуемого образца. Вертикальное положение колеса измеряют без остановки (рис. 17).

Испытание продолжают в течение 10 000 циклов нагрузки (20 000 прокатываний колеса) или до образования глубины колеи на одном из испытуемых образцов более 15 мм.



Рис. 17. Вертикальное положение колеса при испытаниях

Температура испытания может быть $(55 \pm 1)^\circ\text{C}$, $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$ или $(65 \pm 1)^\circ\text{C}$. Температура испытания выбирается таким образом, чтобы она была не ниже максимальной расчетной температуры слоя, рассчитанной в соответствии с ГОСТ Р 58400.3 – 2019 (приложение), но не выше $(65 \pm 1)^\circ\text{C}$.

Определение средней глубины колеи

Средняя глубина колеи определяется как среднеарифметическое значение глубины колеи двух или более испытываемых образцов, измеренная с точностью до 0,1 мм. При значении средней глубины колеи не более 8,0 мм расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 1,0 мм. При значении средней глубины колеи более 8,0 мм расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 2,0 мм. В противном случае испытания необходимо повторить.

Определение пропорциональной глубины колеи

Пропорциональную глубину колеи PRD, %, вычисляют по формуле

$$PRD = (RD/h)100, \quad (29)$$

где RD – глубина колеи при определенном количестве прокатываний, мм; h – фактическая толщина испытуемого образца, мм.

Определение угла наклона кривой колееобразования

Угол наклона кривой колееобразования WTS, мм/1000 циклов, вычисляют по формуле

$$WTS = \frac{d_{10000} - d_{5000}}{s}, \quad (30)$$

где d_{10000} – глубина колеи после 10000 циклов нагружения, мм; d_{5000} – глубина колеи после 5000 циклов нагружения, мм.

Значение пропорциональной глубины колеи записывают с точностью до 0,1 %. За результат испытания принимают среднеарифметическое значение пропорциональной глубины колеи двух или более испытуемых образцов.

Значение угла наклона кривой колееобразованию записывают с точностью до 0,01 мм. За результат испытания принимают среднеарифметическое значение угла наклона кривой колееобразования двух или более испытуемых образцов. Если глубина колеи составила более 15 мм или количество циклов составило менее 10 000, то угол наклона кривой не определяют.

Анализ работы. Выводы

Полученные данные оформляют в виде таблицы, где также приводятся требования ГОСТ к испытываемому материалу. В отчете к лабораторной работе должен быть приведен полный анализ полученных результатов.

3.8. Альтернативные требования к органическим вяжущим материалам

Долговечность асфальтобетона зависит от качества используемых материалов и в первую очередь от качества битума. И если для большинства строительных материалов понятие «хороший, качественный материал» и «материал, соответствующий стандарту», как

правило, совпадают, то в отношении битума чаще можно сказать «стандарту соответствует, но материал не качественный». Это значит, что при обычном уровне построечного качества скорость разрушения асфальтобетона, изготовленного с применением такого битума, превышает обычную.

По мнению ряда ученых-практиков, одна из причин такого несоответствия вышеуказанных понятий – существующий стандарт на вязкие дорожные битумы, по которому оценка качества битума в принципе не позволяет с достаточной достоверностью прогнозировать работу битума в асфальтобетоне в тех или иных климатических условиях, т. е. существующие методы оценки качества битумов малоэффективны.

Прежде всего, практически все параметры оценки качества битума косвенны. Например, растяжимость битума нормируется в размере нескольких сантиметров или десятков сантиметров, хотя реальные деформации асфальтобетона в покрытии не превышают долей миллиметра, а деформации битумных пленок на минеральных материалах и вовсе на порядок меньше.

Кроме того, отсутствуют характеристики, позволяющие оценить взаимодействие с минеральными материалами. Далее, отсутствуют оценки качества, связанные с химическим составом битумов, а следовательно, с технологией его производства и качеством исходной нефти. На практике, как правило, потребитель приобретает битум марки, соответствующей климатическим условиям, не зная, как будет он вести себя в условиях взаимодействия с имеющимися минеральными материалами.

Испытания битумов должны быть направлены на обеспечение выпуска качественного, т. е. долговечного, асфальтобетона, и параметры оценки должны как можно более точно отражать все аспекты хранения, технологии приготовления асфальтобетона, работы битума в асфальтобетоне при эксплуатации покрытия.

В связи с этим предложен следующий метод оценки качества битумов с прогнозированием работы его в асфальтобетоне (табл. 36).

Таблица 36

Методы оценки качества битума

№ п/п	Предлагаемый параметр	Свойство битума
1.	Условная вязкость истечения, или истинная вязкость (определенная на реометре) при температуре 150 °С	Косвенная или прямая оценка вязкости битума при приготовлении асфальтобетона
2.	Истинная вязкость (определенная на реометре) при температурах 60, 40, 20 °С	Прямая оценка вязкости битума в температурном диапазоне, соответствующем работе битума в покрытии при положительных температурах
3.	Температура хрупкости по Фраасу, °С	Косвенная оценка вязкости битума в температурном диапазоне, соответствующем работе битума в асфальтобетоне при отрицательных температурах
4.	Площадь щебня, покрытого битумом после 30 с кипячения в воде, %.	Адгезия битума к щебню
5.	Коэффициент сцепления битума со щебнем при 20 °С.	Адгезия битума к щебню
6.	Содержание асфальтенов, смол, масел, % по массе	Групповой и химический состав битума
7.	Содержание парафина, % по массе	Групповой и химический состав битума
8.	Изменение температуры размягчения после прогрева, °С	Устойчивость свойств битума при хранении при температуре рабочего котла
9.	Скорость старения битума при 150 °С, определенная по изменению когезии битума	То же, что и предыдущий пункт
10.	Скорость старения битума при ультрафиолетовом облучении, определенная по изменению когезии битума	Устойчивость свойств битума в асфальтобетоне под действием солнечного света
11.	Количество циклов знакопеременной нагрузки до разрыва в битумной пленке при температурах 60, 40, 20 °С	Механические и усталостные свойства битумов в температурном диапазоне, соответствующем работе битума в асфальтобетоне при положительных температурах
12.	Температура вспышки	Предел безопасности при нагревании

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково значение щебня и песка в асфальтобетоне?
2. Асфальтовое вяжущее: определение и состав, назначение.
3. Назначение минерального порошка в асфальтобетоне.
4. Как влияет на эксплуатационные свойства асфальтобетона избыток и недостаток вяжущего?
5. Из каких составляющих формируется прочность асфальтобетона на сдвиг и каков вклад каждого из них?
6. Каково соотношение удельных поверхностей минеральных материалов в асфальтобетоне?
7. Почему асфальтобетон испытывают на прочность при различных температурах?
8. Какую роль играет в асфальтобетоне модифицированный битум?
9. Что собой представляет активированный минеральный порошок?
10. За счет чего достигается повышенная плотность в высокоплотном асфальтобетоне?
11. Какие методы подбора количества битума используются при проектировании состава асфальтобетона?
12. Что означают буквы и цифры в маркировке асфальтобетона?
13. Почему большинство показателей свойств асфальтобетона считаются косвенными?
14. Чем определяется марка асфальтобетона?
15. Что означают буквы и цифры в маркировке дорожных битумов?
16. Как определяется водостойкость асфальтобетона?
17. Чем диктуется выбор марки битума для асфальтобетона?
18. Косвенным признаком какого свойства служит прочность при 0 °С на сжатие?
19. Каким способом можно повысить адгезию битума к минеральным материалам?
20. Как осуществляется контроль качества производства асфальтобетона?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пособии были рассмотрены методики проведения испытаний, необходимое оборудование и материалы для выполнения лабораторных работ, свойства испытываемых материалов, требования ГОСТов для асфальтобетона и его составляющих, методы обработки полученных результатов. Определена область применения различных дорожно-строительных материалов и изделий с учетом дорожно-климатических условий работы в конструкции и расположения конструктивного элемента.

В издании приведен обширный список действующей нормативной литературы, что может быть полезным при выполнении лабораторных и дипломных работ, курсового проектирования.

Методы испытаний и определения качества дорожно-строительных материалов изложены в объеме, соответствующем требованиям и возможностям учебного плана подготовки бакалавров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. – М. : Стандартинформ, 2006. – 4 с.
2. ГОСТ Р 58406.2-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2020. – 28 с.
3. СП 131.13330.2012 «СНиП 23.01.99. Строительная климатология». – М. : Госстрой России, 2012. – 37 с.
4. СП 34.13330.2012 «СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги». – М. : Госстрой России, 2013. – 127 с.
5. Горчаков, Г. И. Строительные материалы : учеб. для строит. специальных вузов / Г. И. Горчаков, Ю. М. Баженов. – М. : Стройиздат, 1986. – 686 с.
6. Материалы и изделия для строительства дорог : справочник / Н. В. Горелышев, В. М. Юмашев, Э. Р. Пинус [и др.] ; под ред. Н. В. Горелышева. – М. : Транспорт, 1986. – 288 с.
7. Волков, М. И. Дорожно-строительные материалы : учеб. для автомобильно-дорож. вузов и фак. / М. И. Волков, И. М. Борщ, И. В. Королев. – М. : Транспорт, 1965. – 522 с.
8. История строительного материаловедения и развития технологий строительных материалов и изделий : учеб. пособие / И. А. Рыбьев [и др.] ; под общ. ред. И. А. Рыбьева ; М-во общ. и проф. образования РФ. ; Моск. ин-т коммун. хоз-ва и стр-ва. – М. : МИКХиС, 1998. – 127 с. – ISBN 5-230-02890-4.
9. Грушко, И. М. Испытания дорожно-строительных материалов : лаб. практикум / И. М. Грушко, В. А. Золотарев, Н. Ф. Глущенко. – М. : Транспорт, 1985. – 199 с.
10. Справочная энциклопедия дорожника. Т. 3. Дорожно-строительные материалы / под ред. Н. В. Быстрова. – М. : Информавтодор, 2004. – ISBN 5-900121-28-3.

Дополнительная литература

11. ГОСТ 22733-2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. – М. : Стандартинформ, 2002. – 12 с.
12. СНиП 11.02-96. Инженерные изыскания для строительства. – М., 1996. – 21 с.
13. СНиП 11.03-2001. Типовая проектная документация. – М., 2002. – 8 с.
14. СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. – М., 1997. – 57 с.
15. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. – М., 2001. – 82 с.
16. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. 1. Общие правила производства работ. – М., 1998. – 54 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Перечень действующей нормативной литературы

Индекс документа	Наименование документа
ГОСТ 23932	Посуда и оборудование лабораторные стеклянные
ГОСТ 30108	Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективности естественных радионуклидов
ГОСТ 32703	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Технические требования
ГОСТ 32708	Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Определение глинистых частиц методом набухания
ГОСТ 32730	Дороги автомобильные общего пользования. Песок дробленый. Технические требования
ГОСТ 32761	Дороги автомобильные общего пользования. Порошок минеральный. Технические требования
ГОСТ 32824	Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный. Технические требования
ГОСТ 32826	Дороги автомобильные общего пользования. Песок и щебень шлаковые. Технические требования
ГОСТ 33029-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение гранулометрического состава
ГОСТ 33133	Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования

ГОСТ 33137	Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения динамической вязкости ротационным вискозиметром
ГОСТ Р 51568 (ИСО 3310-1-90)	Сита лабораторные из металлической проволочной сетки. Технические условия
ГОСТ Р 52056	Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия
ГОСТ Р 55419-2013	Материал композиционный на основе активного резинового порошка, модифицирующий асфальтобетонные смеси. Технические требования и методы испытаний
ГОСТ 58144	Вода дистиллированная. Технические условия
ГОСТ Р 58400.1	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учетом температурного диапазона эксплуатации
ГОСТ Р 58400.2	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Технические условия с учетом уровней эксплуатационных транспортных нагрузок.
ГОСТ Р 58400.10	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения свойств с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)
ГОСТ Р 58401.8	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Методы определения содержания воздушных пустот
ГОСТ Р 58401.9	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Методы определения объемной плотности

ГОСТ Р 58401.15	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Определение содержания битумного вяжущего методом выжигания
ГОСТ Р 58401.16	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Методы определения максимальной плотности
ГОСТ Р 58401.18	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения водостойкости и адгезионных свойств
ГОСТ Р 58401.19	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Определение содержания битумного вяжущего методом экстрагирования
ГОСТ Р 58406.3	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения стойкости к колееобразованию прокатыванием нагруженного колеса
ГОСТ Р 58406.5	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения истираемости
ГОСТ Р 58406.6	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения предела прочности на растяжение при изгибе и предельной относительной деформации растяжения
ГОСТ Р 58406.7	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения влияния противогололедных реагентов

ГОСТ Р 58406.8	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Определение сопротивления пластическому течению по методу Маршалла
ГОСТ Р 58406.9	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод приготовления образцов уплотнителем Маршалла
ГОСТ Р 58406.10	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Правила проектирования
ГОСТ Р 58407.4	Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные. Методы отбора проб
ГОСТ Р 58407.5	Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный. Методы отбора проб из уплотненных слоев дорожной одежды
ГОСТ 11955-82	Битумы нефтяные дорожные жидкие. Технические условия
ГОСТ 33138-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения растяжимости
ГОСТ 33140-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения старения под действием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)
ГОСТ 33141-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры вспышки. Метод применения открытого тигля Кливленда

ГОСТ 33142-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар»
ГОСТ 33143-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу
ГОСТ 33024-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение истираемости по показателю микро-Деваль
ГОСТ 33026-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение содержание глины в комках
ГОСТ 33028-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение влажности
ГОСТ 33030-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение дробимости
ГОСТ 33047-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение насыпной плотности и пустотности
ГОСТ 33048-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Отбор проб
ГОСТ 33053-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы
ГОСТ 33054-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение содержания пылевидных и глинистых частиц

ГОСТ 33057-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение средней и истинной плотности, пористости и водопоглощения
ГОСТ 33109-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение морозостойкости
ГОСТ 32721	Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Определение насыпной плотности и пустотности
ГОСТ 32722	Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Определение истинной плотности
ГОСТ 32725	Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Определение содержания пылевидных и глинистых частиц
ГОСТ 32727	Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Определение гранулометрического (зернового) состава и модуля крупности
ГОСТ 32728	Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Отбор проб
ГОСТ 32768	Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Определение влажности
ГОСТ 12.1.007-76	Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
ГОСТ 17.2.3.02-2017	Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями

Учебное электронное издание

ПРОВАТОРОВА Галина Владимировна
ВИХРЕВ Александр Владимирович

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Редактор О. В. Балашова
Технический редактор Ш. Ш. Амирсейидов
Компьютерная верстка П. А. Некрасова
Корректор О. В. Балашова
Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Системные требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader;
дисковод CD-ROM.

Тираж 9 экз.

Издательство Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.