

ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Строительные материалы»

Методические указания
к лабораторной работе по учебным
дисциплинам «Строительные материалы»,
«Дорожное материаловедение и
технология дорожно-строительных
материалов», «Технология безобжиговых
строительных материалов и изделий»
для обучающихся по направлению
подготовки «Строительство»

**«Проектирование состава и оценка
качества дорожного горячего
асфальтобетона»**

Авторы
Каклюгин А.В., Трищенко И.В.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания регламентируют содержание лабораторной работы и правила оформления ее результатов. Содержат правила проектирования состава и методики оценки качества дорожного горячего асфальтобетона.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения по направлению «Строительство» (профили: «Автомобильные дороги», «Автодорожные мосты и туннели», «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»).

Авторы

к.т.н., доцент
кафедры «Строительные материалы»
Каклюгин А.В.

к.т.н., доцент
кафедры «Строительные материалы»
Трищенко И.В.



Оглавление

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ГОРЯЧЕГО АСФАЛЬТОБЕТОНА	4
1 Общие сведения	4
2 Форма задания на проектирование.....	5
3 Форма характеристики исходных материалов	5
4 Расчет зернового состава минеральной части асфальтобетонной смеси с непрерывной гранулометрией	6
5 Определение оптимального содержания битума в смеси	12
6 Форма заключения по работе	26
7 Контрольные вопросы.....	26
Библиографический список	28

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ГОРЯЧЕГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

1 Общие сведения

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

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

- испытания исходных материалов и установление их пригодности для применения в асфальтобетоне требуемого качества (выполнено в предшествующих лабораторных работах и отражено в соответствующих таблицах);

- расчет состава минеральной части асфальтобетонной смеси на основании данных о зерновых составах исходных материалов;

- определение оптимального количества битума в асфальтобетонной смеси.

Для выполнения лабораторной работы потребуются следующие **оборудование и инструменты**:

- весы циферблатные на 10 кг с комплектом гирь;
- сушильный шкаф;
- металлические противни и лопатки для приготовления асфальтобетонной смеси;
- электроплитка;
- стальные цилиндрические формы для изготовления асфальтобетонных образцов с верхними и нижними вкладышами;
- шпатели;
- штангенциркуль;
- емкости для термостатирования образцов в воде;
- вакуумустановка;
- гидравлический пресс;
- весы для гидростатического взвешивания.

2 Форма задания на проектирование

Требуется подобрать состав горячей плотной мелкозернистой асфальто-бетонной смеси типа _____ для асфальтобетона марки _____, применяемого в устройстве верхнего слоя двухслойного дорожного покрытия в _____ дорожно-климатической зоне.

3 Форма характеристики исходных материалов

3.1 Битум по ГОСТ 22245:

- марка _____ ;
- истинная плотность _____ .

3.2 Щебень по ГОСТ 8267:

- петрографическая характеристика _____ ;
- наибольшая крупность _____ ;
- марка по дробимости _____ ;
- марка по истираемости _____ ;
- плотность зерен _____ .

3.3 Песок природный по ГОСТ 8736:

- петрографическая характеристика _____ ;
- группа по крупности _____ ;
- истинная плотность _____ .

3.4 Песок из отсевов дробления по ГОСТ 31424:

- петрографическая характеристика _____ ;
- группа по крупности _____ ;
- истинная плотность _____ .

3.5 Минеральный порошок по ГОСТ Р 52129:

- марка _____ ;
- истинная плотность _____ ;
- пористость _____ .

3.6 Зерновые составы используемых минеральных составляющих асфальтобетонной смеси в виде полных проходов через стандартные сита приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Зерновые составы минеральных составляющих

Наименование	Количество зерен, %, мельче данного размера, мм								
	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Щебень									
Песок природный									
Песок из отсевов дробления									
Минеральный порошок									

4 Расчет зернового состава минеральной части асфальтобетонной смеси с непрерывной гранулометрией

4.1. Минеральная часть асфальтобетонной смеси (далее – смесь), состоит из щебня (гравия), песка и минерального порошка и должна иметь минимально возможный объем межзерновых пустот.

Щебень или **гравий** являются макроструктурными компонентами смеси (размер зерен свыше 5 мм), формирующими каркас крупно- и мелкозернистого асфальтобетона.

Песок (размер зерен от 0,16 до 5 мм) занимает значительную часть асфальтобетона, заполняя собой пространство между зернами щебня, а в песчаном асфальтобетоне образует его скелетную часть. Для приготовления смесей применяют природные и дробленые пески, а также пески из отсевов дробления горных пород.

Минеральный порошок (размер зерен в основном менее 0,071 мм) играет роль активного наполнителя, структурирующего битум и образующего с ним **асфальтовое вяжущее вещество**, которое во многом обуславливает плотность, прочность и теплоустойчивость асфальтобетона.

Соотношение между щебнем (гравием), песком и минеральным порошком в проектируемой смеси устанавливают на основании данных о зерновых составах этих материалов, определенных путем отсева на стандартных наборах сит в предшествующих лабораторных работах.

4.2 Зерновые составы минеральной части горячих асфальтобетонных смесей для верхних слоев дорожных покрытий, регламентируемые ГОСТ 9128, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Требования к зерновым составам минеральной части смесей

Вид и тип смесей и асфальтобетонов	Количество зерен, %, мельче данного размера, мм									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
	Горячие									
– высокоплотные	90-100	70-100 (90-100)	56-100 (90-100)	30-50	24-50	18-50	13-50	12-50	11-28	10-16
– плотные типов:	Непрерывные зерновые составы									
А	90-100	75-100 (90-100)	62-100 (90-100)	40-50	28-38	20-28	14-20	10-16	6-12	4-10
Б	90-100	80-100	70-100	50-60	38-48	28-37	20-28	14-22	10-16	6-12
В	90-100	85-100	75-100	60-70	48-60	37-50	28-40	20-30	13-20	8-14
Г	–	–	100	70-100	56-82	42-65	30-50	20-36	15-25	8-16
Д	–	–	100	70-100	60-93	42-85	30-75	20-55	15-33	10-16
	Прерывистые зерновые составы									
А	90-100	75-100	62-100	40-50	28-50	20-50	14-50	10-28	6-16	4-10
Б	90-100	80-100	70-100	50-60	38-60	28-60	20-60	14-34	10-20	6-12
Примечание – В скобках указаны требования к зерновым составам минеральной части асфальтобетонных смесей при ограничении проектной документацией крупности применяемого щебня										

Проектирование состава и оценка качества дорожного горячего асфальтобетона

4.3 Зерновой состав минеральной части горячей плотной асфальтобетонной смеси типа _____ (далее – смеси), указанной в задании на проектирование, следует выписать в таблицу 3.

Таблица 3 – Рекомендуемый непрерывный зерновой состав смеси

Тип смеси _____	Количество зерен, %, мельче данного размера, мм									
	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	20
Предельные значения										
Средние значения										

4.4 Количество **щебня** в смеси устанавливают исходя из того положения, что он является крупнозернистой составляющей асфальтобетонной смеси с размером зерен крупнее 5 мм.

Содержание щебня в смеси $Щ$, %, определяют по формуле

$$Щ = 100 - q_5, \quad (1)$$

где 100 – масса всей смеси, %;

q_5 – среднее значение количества зерен мельче 5 мм в смеси (принимают в соответствии с таблицей 3).

Если в зерновом составе используемого щебня имеются зерна мельче 5 мм, то его количество в смеси следует увеличить.

Уточнение содержания щебня в смеси $Щ'$, %, производят по формуле

$$Щ' = \frac{Щ}{100 - q_5^{\text{III}}} 100 \quad (2)$$

где q_5^{III} – фактическое содержание зерен мельче 5 мм в используемом щебне, % (принимают в соответствии с таблицей 1).

4.5 Содержание **минерального порошка** в смеси определяют исходя из того условия, что этот ее компонент в основном состоит из зерен мельче 0,071 мм. В соответствии с таблицей 3, содержание таких зерен в проектируемой смеси, должно быть $q_{0,071} = \text{_____} \%$.

В зерновом составе минерального порошка зерен мельче 0,071 мм всегда содержится не 100 %, а меньше. В нашем случае (см. таблицу 1) в используемом минеральном порошке наличие таких зерен составляет $q_{0,071}^{\text{M П}} = \text{_____} \%$.

Содержание в смеси минерального порошка $МП$, %,

определяют по формуле

$$МП = \frac{q_{0,071}}{q_{0,071}^{МП}} 100 \quad (3)$$

Если в зерновом составе природного песка и (или) песка из отсевов дробления также присутствуют зерна мельче 0,071 мм, то рассчитанное количество минерального порошка в смеси следует уменьшить на 1 %. Тогда его количество в смеси составит $МП' =$ _____ %.

4.6 Суммарное содержание в смеси природного песка и песка из отсевов дробления $\Sigma_{п+од}$, %, рассчитывают по формуле

$$\Sigma_{п+од} = 100 - (Щ' + МП') \quad (4)$$

4.7 Соотношение между **природным песком П** и **песком из отсевов дробления ОД** в проектируемой смеси устанавливают с учетом содержания в каждом из этих материалов зерен мельче 1,25 мм.

В соответствии с таблицей 3, суммарное содержание зерен мельче 1,25 мм в смеси должно быть $q_{1,25} =$ _____ %. На долю минерального порошка из них приходится $МП' =$ _____ %.

Тогда количество зерен мельче 1,25 мм, принадлежащее на долю природного песка и песка из отсевов дробления $q_{1,25}^{п+од}$, %, определяют по формуле

$$q_{1,25}^{п+од} = q_{1,25} - МП' \quad (5)$$

Содержание в смеси **природного песка П**, %, устанавливают из уравнения

$$\frac{q_{1,25}^П \cdot П}{100} + \frac{q_{1,25}^{ОД} \cdot (\Sigma_{п+од} - П)}{100} = q_{1,25}^{п+од}, \quad (6)$$

где $q_{1,25}^П$ – количество зерен мельче 1,25 мм в зерновом составе используемого природного песка, %;

$q_{1,25}^{ОД}$ – то же, в зерновом составе песка из отсевов дробления, %.

4.8 Содержание **песка из отсевов дробления в смеси ОД**, %, определяют по формуле

Проектирование состава и оценка качества дорожного горячего асфальтобетона

$$ОД = \Sigma_{п+од} - П, \quad (7)$$

4.9 Установленные содержания минеральных составляющих асфальтобетонной смеси округляют до целых значений, сумма которых должна составлять 100 %, и заносят в таблицу 5.4.

4.10 Для проверки соответствия рассчитанного зернового состава смеси рекомендованному ГОСТ 9128, рассчитывают полные проходы минеральной части асфальтобетонной смеси через стандартные сита. Для этого полные проходы зерен каждого минерального материала (таблица 1) умножают на долю этого материала в смеси. Результаты расчетов заносят в таблицу 4.

Таблица 4 – Рассчитанный зерновой состав смеси

Наименование	Содержание в смеси, %	Количество зерен, %, мельче данного размера, мм								
		20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Щебень										
Песок природный										
Песок из отсевов дробления										
Минеральный порошок										
Итого	100									

4.11 Полученные в таблице 4. итоговые данные наносят на график (рисунок 1), построенный по предельным значениям зернового состава смеси, приведенным в таблице 3.

Проектирование состава и оценка качества дорожного горячего асфальтобетона

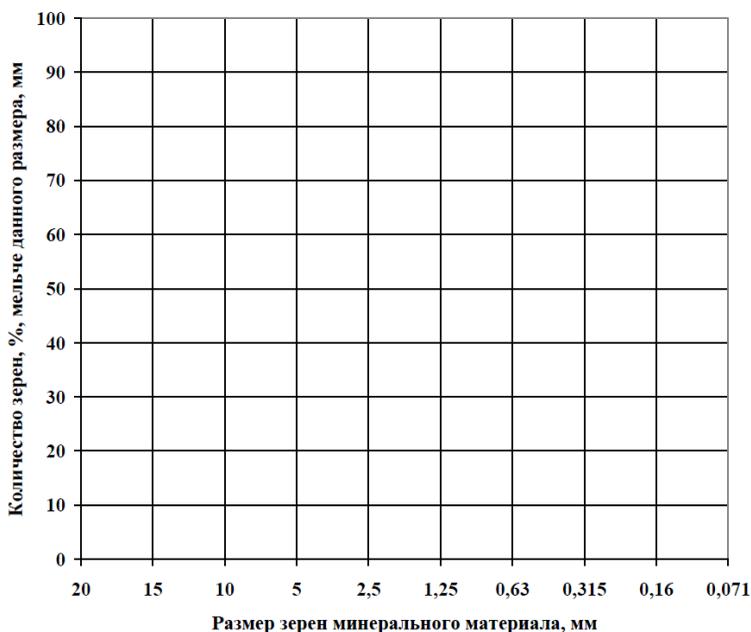


Рисунок 1 – График зернового состава смеси

4.12 Если минеральные составляющие имеют удовлетворительный зерновой состав, а расчет выполнен без ошибок, то построенная кривая рассчитанного зернового состава смеси должна быть плавной и находиться между предельными кривыми проектируемой смеси. При невыполнении этих условий производят корректировку состава смеси путем увеличения в ней доли материала с недостающей фракцией и уменьшения с избыточной.

Откорректированный зерновой состав смеси заносят в таблицу 5 и наносят на график на рисунке 1.

Таблица 5 – Откорректированный зерновой состав смеси

Наименование	Содержание в смеси, %	Количество зерен, %, мельче данного размера, мм								
		20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Щебень										
Песок природный										
Песок из отсевов дробления										
Минеральный порошок										
Итого	100									

5 Определение оптимального содержания битума в смеси

5.1 Приготовление пробных замесов асфальтобетонной смеси

5.1.1 Количество **битума** в асфальтобетонной смеси должно быть таким, чтобы обеспечить ее необходимую удобообрабатываемость, а также достижение асфальтобетоном наибольшей прочности и значений остаточной пористости и др. свойств, нормированных стандартом.

Содержание битума в горячих асфальтобетонных смесях назначают в соответствии с рекомендациями ГОСТ 9128, приведенными в таблице 6. При этом с целью достижения требуемых значений трещиностойкости и сдвигоустойчивости горячего асфальтобетона в северных районах страны используют битумы пониженной вязкости, а в южных – более вязкие.

Проектирование состава и оценка качества дорожного горячего асфальтобетона

Таблица 6 – Содержание битума в горячих асфальтобетонных смесях

Вид горячих смесей	Содержание битума, % по массе
Высокоплотные	4,0 – 6,0
Плотные типов:	
А	4,5 – 6,0
Б	5,0 – 6,5
В	6,0 – 7,0
Г и Д	6,0 – 9,0
Пористые	3,5 – 5,5
Высокопористые щебеночные	2,5 – 4,5
Высокопористые песчаные	4,0 – 6,0

5.1.2 Оптимальное содержание битума в проектируемой смеси определяют путем испытания контрольных образцов, отформованных минимум из трех замесов, отличающихся расходом битума.

В настоящей работе для приготовления пробных замесов смеси расход битума, %, сверх 100 % минеральной части, принимают равным:

- в первом замесе – минимальному значению интервала, указанного в таблице 4.6 для проектируемого вида и типа смеси;
- во втором – среднему значению;
- в третьем – максимальному значению.

Для приготовления пробных замесов студенческую подгруппу разделяют на три бригады по 3-5 человек. Каждая бригада должна отформовать контрольные образцы из одного замеса смеси.

5.1.3 Для оценки важнейших свойств асфальтобетона из каждого пробного замеса асфальтобетонной смеси формируют три серии образцов-цилиндров по 3 шт. в каждой (всего 9 шт.). Серии образцов предназначены для определения:

- 1 – предела прочности при осевом сжатии при температуре (20 ± 2) °С;
- 2 – то же, при температуре (50 ± 2) °С;
- 3 – то же, при температуре (20 ± 2) °С после насыщения водой в вакуумустановке (образцы этой же серии используют для определения средней плотности, водонасыщения и набухания асфальтобетона).

5.1.4 Массу каждого пробного замеса G , г, рассчитывают по

формуле

$$G = N \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot H \cdot \rho_m, \quad (8)$$

где N – количество изготавливаемых из замеса образцов, шт;
 D и H – соответственно диаметр и высота образца цилиндра, см (при приготовлении замесов из мелкозернистых смесей $D = H = 7,14$ см);

ρ_m – средняя плотность асфальтобетона, г/см³ (в расчетах можно принять $\rho_m = 2,30$ г/см³).

Для уверенности, что смеси хватит на формование всех образцов, рассчитанное значение массы замеса следует увеличить на 350-400 г ($G' = \text{_____}$ г).

5.1.5 Расход каждого компонента асфальтобетонной смеси на пробный замес $X_{зам}$, г, определяют по формуле

$$X_{зам} = \frac{G' \cdot q_x}{100 + q_b}, \quad (9)$$

где q_x – содержание данного материала в асфальтобетонной смеси, %;

q_b – содержание битума в пробном замесе, %, принимаемое в соответствии с 5.1.2.

Рассчитанные расходы материалов на приготовление пробного замеса заносят в таблицу 7.

Таблица 7 – Расход материалов на пробные замесы

Номер замеса	Расход битума, %	Расход материалов, г				
		щебня	песка природного	песка из отсевов дробления	минерального порошка	битума
I						
II						
III						

5.1.6 Приготовление асфальтобетонной смеси осуществляют по методике ГОСТ 12801. Отдозированные по массе минеральные материалы насыпают в металлический противень и нагревают. Отдельно нагревают битум. Температуру нагрева минеральной смеси и битума принимают в зависимости от вязкости исполь-

зуюемого битума по таблице 8.

Таблица 8 – Температура нагрева исходных материалов и смеси

Наименование	Температура нагрева, °С, в зависимости от глубины проникания иглы, 0,1 мм, в используемый битум при 25 °С				
	40-60	61-90	91-130	131-200	201-300
Минеральные материалы	170-180	165-175	160-170	150-160	140-150
Битум	150-160	140-150	130-140	110-120	100-110
Смесь	150-160	145-155	140-150	130-140	120-130

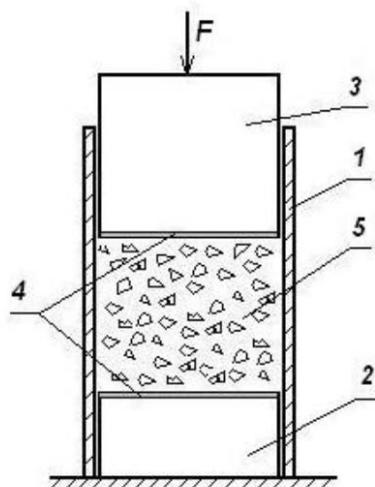
Противень с разогретыми минеральными материалами ставят на весы и в него доливают необходимое количество битума. После этого противень ставят на электроплитку и его содержимое перемешивают до получения однородной асфальтобетонной смеси. Смесь считается приготовленной, если поверхность всех минеральных зерен покрылась блестящей битумной пленкой.

5.2 Формование образцов

5.2.1 Формование образцов производят по методике ГОСТ 12801 в стальных цилиндрических формах с верхним и нижним стальными вкладышами.

5.2.2 Формы и вкладыши предварительно нагревают до температуры 90-100 °С. Перед формованием их смазывают машинным маслом. Подготовленную форму ставят в металлический противень, опускают в нее нижний вкладыш, на верхний торец которого кладут бумажную прокладку (рисунок 2).

5.2.3 Для формования одного образца-цилиндра высотой и диаметром 71,4 мм ориентировочно требуется 640-670 г смеси. Смесь взвешивают, засыпают в форму, проштыковывают и разравнивают шпателем. На поверхность смеси кладут бумажную прокладку. После чего в форму вставляют верхний вкладыш. Противень с формой ставят на нижнюю плиту гидравлического пресса, а верхнюю доводят до соприкосновения с верхним вкладышем.



1 – форма; 2 – нижний вкладыш; 3- верхний вкладыш;
4 – прокладка из бумаги; 5 – асфальтобетонная смесь

Рисунок 2 – Схема формирования образцов

5.2.4 Давление на уплотняемую смесь доводят до 40 МПа в течение 5-10 с, через $(3,0 \pm 0,1)$ мин нагрузку снимают, а образец извлекают из формы выжимным приспособлением. На отформованный образец с помощью тонкой медной проволоки или нити навешивают маркировочную бирку.

5.2.5 Если высота первого (пробного) отформованного образца отличается от 71,4 мм более чем на 1,5 мм, то требуемую массу смеси для формирования следующих образцов g , г, рассчитывают по формуле

$$g = g_0 \frac{71,4}{h_0} \quad (10)$$

где g_0 – масса пробного образца, г;
 h_0 – высота пробного образца, мм.

5.3 Расчет структурных характеристик асфальтобетона

5.3.1 Структурные характеристики асфальтобетона рассчитывают по методике ГОСТ 12801 на основании результатов взвешивания третьей серии образцов, отформованных из каждого пробного замеса.

Проектирование состава и оценка качества дорожного горячего асфальтобетона

Образцы взвешивают на лабораторных весах 4-го класса точности с приспособлением для гидростатического взвешивания, с допускаемой погрешностью взвешивания 0,1 % массы. Массу образцов определяют в граммах с точностью до второго десятичного знака.

5.3.2 Образцы сначала взвешивают на воздухе (g), помещают в сосуд с водой с температурой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и выдерживают 30 мин. После извлечения из сосуда образцы взвешивают в воде (g_1), обтирают мягкой тканью и вновь взвешивают на воздухе (g_2).

После этого образцы помещают на решетку вакуумустановки так, чтобы уровень воды в ней над образцами был не менее 3 см. Вакуумустановку герметично закрывают и создают в ней давление не более 2000 Па (15 мм рт. ст.) в течение 1 часа. Затем давление доводят до атмосферного и образцы выдерживают в воде с температурой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 30 мин, после чего их извлекают из воды, обтирают мягкой тканью и взвешивают на воздухе (g_3) и в воде (g_4).

Результаты взвешивания образцов заносят в таблицу 9, а результаты расчетов структурных характеристик асфальтобетона, выполненных по формулам 11-18, и округленные до второго десятичного знака – в таблицу 10.

5.3.3 **Среднюю плотность асфальтобетона** ρ_m , г/см³, вычисляют по формуле

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

где g – масса образца, взвешенного на воздухе, г;
 g_1 – масса образца, взвешенного в воде, г;
 g_2 – масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде, и вторично взвешенного на воздухе, г;
 ρ^B – плотность воды, равная 1 г/см³.

Зависимость средней плотности асфальтобетона от содержания битума в смеси изображают в виде графика (рисунок 3).

5.5.3.4 **Водонасыщение асфальтобетона** W , %, определяют по формуле

$$W = \frac{g_3 - g}{g_2 - g_1} \cdot 100\%, \quad (12)$$

В соответствии с ГОСТ 9128 водонасыщение асфальтобетон из горячих смесей должно соответствовать указанному в таблице 11.

Таблица 9 – Результаты взвешивания образцов

Номер пробного замеса	Расход битума, %	Номер образца	Масса образца, г				
			сухого (g)	через 30 мин выдерживания в воде		после вакуумирования	
				в воде (g_1)	на воздухе (g_2)	на воздухе (g_3)	в воде (g_4)
I		7					
		8					
		9					
II		16					
		17					
		18					
III		25					
		26					
		27					

Таблица 5.10 – Результаты расчета структурных характеристик асфальтобетона

Номер пробного замеса	Расход битума, %	Номер образца	Средняя плотность, г/см ³		Водонасыщение, %		Набухание, %		Средняя плотность минерального остова, г/см ³	Истинная плотность минерального остова, г/см ³	Пористость минерального остова, %	Истинная плотность асфальтобетона, г/см ³	Остаточная пористость асфальтобетона, %
			отдельного образца	среднее значение	отдельного образца	среднее значение	отдельного образца	среднее значение					
I													
II													
III													

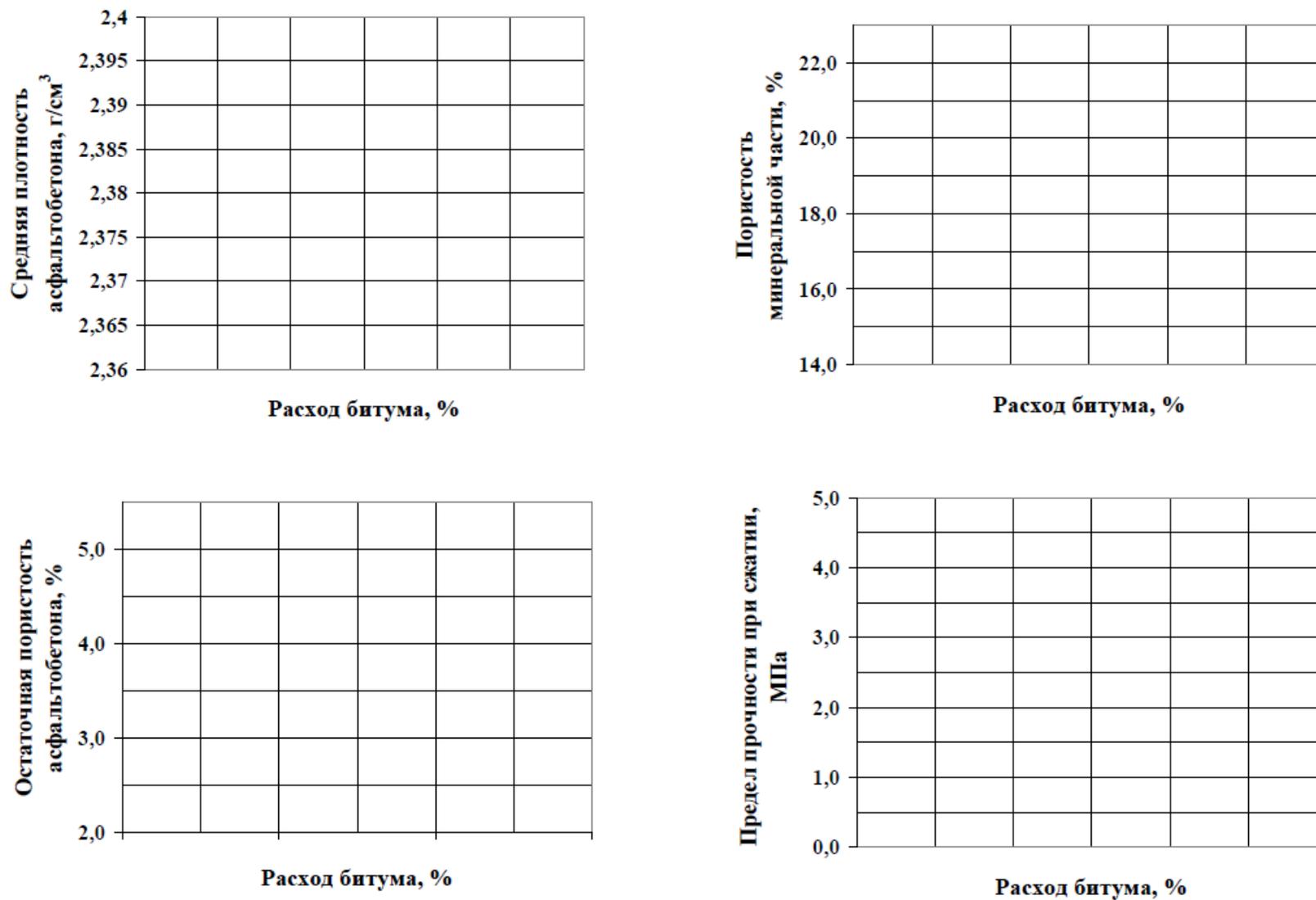


Рисунок 3 – Зависимость физико-механических свойств асфальтобетона от содержания битума в смеси

Таблица 11 – Значения водонасыщения горячего асфальтобетона

Вид горячих смесей	Значение водонасыщения, %, для		
	образцов отформованных из смеси	вырубок и кернов готового покрытия, не более	образцов из переформованных вырубков и кернов
высокоплотные	От 1,0 до 2,5	3,0	От 0,5 до 2,5
плотные типов: А	» 2,0 » 5,0	5,0	» 1,5 » 5,0
Б, В и Г	» 1,5 » 4,0	4,5	» 1,0 » 4,0
Д	» 1,0 » 4,0	4,5	» 0,5 » 4,0

Рассчитанные для каждой серии образцов средние значения водонасыщения сравнивают с данными, приведенными в таблице 11, и делают заключение об их соответствии требованиям ГОСТ 9128.

5.3.5 **Набухание асфальтобетона** H , %, вычисляют по формуле

$$H = \frac{(g_3 - g_4) - (g_2 - g_1)}{g_2 - g_1} \cdot 100 \%, \quad (13)$$

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

5.3.6 **Пористость минеральной части (остова) асфальтобетона**, %, вычисляют по формуле

$$V_{\text{пор}}^M = \left(1 - \frac{\rho_m^M}{\rho^M}\right) \cdot 100 \%, \quad (14)$$

где ρ_m^M – средняя плотность минеральной части асфальтобетона, г/см³, рассчитываемая по формуле 15;

ρ^M – истинная плотность минеральной части асфальтобетона, г/см³, вычисляемая по формуле 16.

Среднюю плотность минеральной части асфальтобетона ρ_m^M , г/см³, рассчитывают по формуле

Проектирование состава и оценка качества дорожного горячего асфальтобетона

$$\rho_m^M = \frac{\rho_m}{1 + 0,01q_6} \quad (15)$$

где q_6 – массовая доля битума в смеси, %.

Истинную плотность минеральной части асфальтобетона ρ^M , г/см³, рассчитывают по формуле

$$\rho^M = \frac{100}{\frac{q_1}{\rho_1} + \frac{q_2}{\rho_2} + \dots + \frac{q_n}{\rho_n}}, \quad (16)$$

где $q_1, q_2 \dots q_n$ – массовая доля отдельных минеральных материалов, %;

$\rho_1, \rho_2 \dots \rho_n$ – истинная плотность отдельных минеральных материалов, г/см³.

Пористость минеральной части асфальтобетонов из горячих смесей должна быть, %, не более:

- высокоплотных – не более 16;
- плотных типов:
 - А и Б – от 14 до 19;
 - В, Г и Д – не более 22;
 - пористых – не более 23;
- высокопористых щебеночных – не менее 19;
- высокопористых песчаных – не более 28.

Среднее для каждой серии образцов значение пористости минеральной части асфальтобетона наносят на график (рисунок 3) и делают заключение о соответствии полученных данных требованиям ГОСТ 9128.

5.3.7 **Остаточную пористость асфальтобетона** V_0 , %, вычисляют по формуле

$$V_0 = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho}\right) \cdot 100 \%, \quad (17)$$

где ρ – истинная плотность асфальтобетона, г/см³.

Истинную плотность асфальтобетона ρ , г/см³, определяют по формуле

$$\rho = \frac{q_m + q_6}{\frac{q_m}{\rho^M} + \frac{q_6}{\rho_6}}, \quad (18)$$

где q_m – массовая доля минеральных материалов в смеси, % (принимают за 100 %);

Проектирование состава и оценка качества дорожного горячего асфальтобетона

ρ_6 – истинная плотность вяжущего, г/см³.

По полученным для каждой серии образцов средним значениям остаточной пористости асфальтобетона строят график (рисунок 3) и делают заключение об их соответствии требованиям ГОСТ 9128 для проектируемого вида смеси.

5.4 Определение прочности при сжатии и водостойкости

5.4.1 **Предел прочности асфальтобетона при сжатии** определяют испытанием образцов на гидравлическом прессе, мощностью от 50 до 100 кН, обеспечивающем деформацию образца при сжатии $(3 \pm 0,3)$ мм/мин.

Перед испытаниями образцы термостатируют в течение 1 ч в воде при заданной температуре испытаний:

- (20 ± 2) °С – образцы первой серии, а также предварительно насыщенные водой в вакуумустановке по методике, приведенной в 5.3.2, образцы третьей серии;
- (50 ± 2) °С – образцы второй серии.

Извлеченные из воды образцы обтирают мягкой тканью и измеряют их диаметр.

Испытываемый образец устанавливают в центре нижней плиты пресса, затем опускают верхнюю плиту пресса так, чтобы она была на 1,5-2 мм выше уровня его поверхности, включают насос пресса и доводят нагрузку на образец до разрушающей.

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

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (19)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;

F – первоначальная площадь поперечного сечения образца, мм².

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

Результаты испытаний контрольных образцов заносят в таблицу 12.

5.4.2 **Водостойкость асфальтобетона K_v** определяют по формуле

Проектирование состава и оценка качества дорожного горячего асфальтобетона

$$K_B = \frac{R_{СЖ}^B}{R_{СЖ}^{20}} \quad (20)$$

где $R_{СЖ}^B$ – предел прочности при сжатии при температуре (20 ± 2) °С водонасыщенных в вакууме образцов, МПа;

$R_{СЖ}^{20}$ – предел прочности при сжатии при температуре (20 ± 2) °С образцов до водонасыщения, МПа.

Результаты расчета водостойкости асфальтобетона заносят в таблицу 12.

5.4.3 Требования к горячему асфальтобетону по показателям прочности при сжатии и водонасыщения, установленные ГОСТ 9128, приведены в таблице 13.

По полученным для каждой серии образцов средним значениям предела прочности асфальтобетона при сжатии при температурах 20 и 50 °С строят график (рисунок 3) и делают заключение о соответствии полученных данных требованиям ГОСТ 9128 для проектируемого вида и типа смеси.

Таблица 12 – Результаты механических испытаний контрольных образцов

Номер пробного замеса	Расход битума, %	Условия испытания	Номер образца	Геометрическая характеристика образца		Результаты испытания			Водостойкость
				диаметр, мм	площадь поперечного сечения, мм ²	разрушающая нагрузка, Н	прочность при сжатии, МПа	среднее значение прочности, МПа	
I		t = 20 °C	1						
			2						
			3						
		t = 50 °C	4						
			5						
			6						
		t = 20 °C, (насыщенные водой)	7						
			8						
			9						
II		t = 20 °C	10						
			11						
			12						
		t = 50 °C	13						
			14						
			15						
		t = 20 °C, (насыщенные водой)	16						
			17						
			18						
III		t = 20 °C	19						
			20						
			21						
		t = 50 °C	22						
			23						
			24						
		t = 20 °C, (насыщенные водой)	25						
			26						
			27						

Таблица 13 – Значения физико-механических свойств асфальтобетона

Наименование физико-механических показателей		Значение для горячего асфальтобетонов марки									
		I			II			III			
		для дорожно-климатических зон									
		I	II,III	IV,V	I	II,III	IV,V	I	II,III	IV,V	
Предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, МПа, не менее, для асфальтобетонов	высокоплотных		1,0	1,1	1,2	–	–	–	–	–	–
	плотных типов	A	0,9	1,0	1,1	0,8	0,9	1,0	–	–	–
		B	1,0	1,2	1,3	0,9	1,0	1,2	0,8	0,9	1,1
		B	–	–	–	1,1	1,2	1,3	1,0	1,1	1,2
		Г	1,1	1,3	1,6	1,0	1,2	1,4	0,9	1,0	1,1
		Д	–	–	–	1,1	1,3	1,5	1,0	1,1	1,2
Предел прочности при сжатии при температуре 20 °С для асфальтобетонов всех типов, МПа, не менее		2,5	2,5	2,5	2,2	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	
Предел прочности при сжатии при температуре 0 °С для асфальтобетонов всех типов, МПа, не более		9,0	11,0	13,0	10,0	12,0	13,0	10,0	12,0	13,0	
Водостойкость, не менее, для асфальтобетонов	высокоплотных		0,95	0,90	0,90	–	–	–	–	–	–
	плотных всех типов		0,95	0,90	0,85	0,90	0,85	0,80	0,85	0,75	0,70

6 Форма заключения по работе

1 Рекомендуемый в производство состав горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа _____ для асфальтобетона марки _____ соответствует составу _____ пробного замеса со следующим соотношением компонентов:

- щебня _____ %;
- природного песка _____ %;
- песка из отсевов дробления _____ %;
- минерального порошка _____ %;
- битума _____ % (сверх 100 % минеральной части).

2 Лабораторные образцы, отформованные из асфальтобетонной смеси указанного состава, характеризуются наибольшим пределом прочности при сжатии при температурах 20 °С (_____ МПа) и 50 °С (_____ МПа), и другие свойства асфальтобетона удовлетворяют требованиям ГОСТ 9128:

- водонасыщение _____ %;
- пористость минеральной части _____ %;
- остаточная пористость асфальтобетона _____ %.

7 Контрольные вопросы

1. Дайте определение асфальтобетону, как дорожно-строительному материалу, и охарактеризуйте основные этапы проектирования его состава.

2. Перечислите основные показатели качества асфальтобетона.

3. Назовите принципиальные положения расчета состава смеси минеральных составляющих асфальтобетона.

4. Опишите методику приготовления пробных замесов асфальтобетонной смеси.

5. Приведите основные правила формирования контрольных образцов из асфальтобетонной смеси.

6. Изложите последовательность взвешивания лабораторных образцов с целью определения структурных характеристик асфальтобетона.

7. Как определяют среднюю плотность асфальтобетона?

8. Как рассчитывают набухание асфальтобетона?

9. Изложите методику определения пористости минеральной части (остова) асфальтобетона.

10. Как определяют значение остаточной пористости асфальтобетона?

11. В каких пределах находятся значения водонасы-

Проектирование состава и оценка качества дорожного горячего асфальтобетона

щения и остаточной пористости плотных асфальтобетонов?

12. Опишите методику определения прочности асфальтобетона при сжатии.

13. Как рассчитывают водостойкость асфальтобетона?

14. Как определяют оптимальное количество битума в асфальтобетоне?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алимов Л.А.*, *Воронин В.В.* Строительные материалы: учебник для бакалавров, обуч. по направл. «Строительство». – М.: ИЦ «Академия», 2014.
2. *Каклюгин А.В.*, *Трищенко И.В.* Лабораторный практикум по оценке свойств строительных материалов. Часть 2: учеб. пособ. / под общ. ред. А.Н. Юндина. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2010.
3. *Ковалёв Я.Н.* Физико-химические основы технологии строительных материалов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для студентов специальности «Автомобильные дороги». – М.: ИНФРА-М, 2012.
4. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия
5. ГОСТ 8736-2014. Песок для строительных работ. Технические условия.
6. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.
7. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.
8. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.
9. ГОСТ 31424-2010. Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия.
10. ГОСТ Р 52129-2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия.
11. *Юндин А.Н.* Битуминозные дорожно-строительные материалы: учеб. пособ. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2012.