

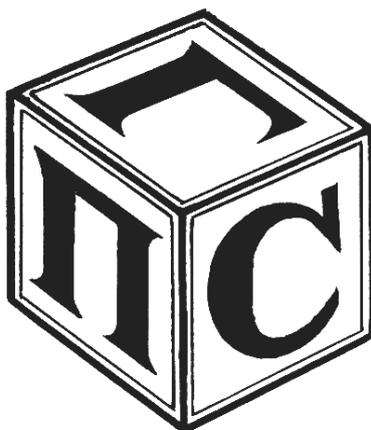
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 7-07-0732-01
«Строительство зданий и сооружений»
дневной и заочной форм обучения*

Часть 2



Могилев 2024

УДК 691
ББК 38.6
С86

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»
«3» сентября 2024 г., протокол № 1

Составитель ст. преподаватель Т. С. Латун

Рецензент ст. преподаватель Н. В. Курочкин

В методических рекомендациях представлены теоретическая часть и
порядок проведения лабораторных работ.

Учебное издание

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Часть 2

Ответственный за выпуск	С. В. Данилов
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 7. Проектирование состава тяжелого цементного бетона.....	5
2 Лабораторная работа № 8. Определение физико-механических характеристик и класса по прочности тяжелого бетона	8
3 Лабораторная работа № 9. Определение составов и показателей качества строительных растворов	13
4 Лабораторная работа № 10. Испытание вязкого нефтяного битума.....	17
5 Лабораторная работа № 11. Проектирование состава асфальтобетона.....	22
6 Лабораторная работа № 12. Исследование физико-механических свойств и контроль качества асфальтобетона.....	31
7 Лабораторная работа № 13. Определение свойств пигментов и лакокрасочных покрытий.....	38
Список литературы.....	41
Приложение А	42

Введение

Методические рекомендации лабораторным работам составлены в соответствии с учебной программой подготовки студентов специальности 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений» по основным разделам курса «Строительное материаловедение».

В процессе выполнения лабораторных работ студенты знакомятся с методами испытаний строительных материалов, учатся работать с нормативными документами, определять важнейшие характеристики строительных материалов, их сорта и марки.

Отдельные лабораторные работы содержат элементы исследований. Выполнение таких работ способствует повышению познавательной активности студентов, учит их анализировать полученные результаты, выявлять зависимости свойств материалов от различных факторов.

Некоторые лабораторные работы включают определение свойств строительных материалов ускоренными, упрощенными, или их еще называют полевыми методами. Их применение непосредственно на строительных площадках, удаленных от производственных баз, дает возможность строителям оперативно оценивать качество строительных материалов и изделий.

1 Лабораторная работа № 7. Проектирование состава тяжелого цементного бетона

Цель работы: ознакомление с основными положениями по методике подбора состава бетона.

Порядок выполнения работы

Проектирование состава бетона включает:

- назначение требований к бетону исходя из вида и особенностей службы и изготовления конструкций;
- выбор материалов для бетона и получение необходимых данных, характеризующих их свойства;
- определение предварительного состава бетона;
- корректировку состава в пробных замесах;
- контроль за бетонированием, проведение необходимой корректировки в процессе производства, вызванной колебаниями свойств заполнителей и другими факторами.

Подбор состава бетона производится с целью обеспечения требуемой удобоукладываемой смеси для принятого способа ее транспортирования и укладки, заданной прочности бетона в назначенный срок при наименьшем расходе цемента. В необходимых случаях вводят требования по плотности, морозостойкости, водонепроницаемости бетона. Для расчета состава бетона необходимы следующие исходные данные:

- требуемая прочность бетона R_b ;
- вид и активность цемента R_u ;
- способ укладки и уплотнения, предопределяющий выбор подвижной или жесткой смеси (жесткость в секундах, осадка конуса в сантиметрах);
- свойства исходных материалов: насыпная плотность составляющих ($\rho_{н.п.}$, $\rho_{н.ц}$, $\rho_{н.ц(г)}$), истинная плотность ($\rho_{ц}$, ρ_n , $\rho_{ш}$), максимальная крупность заполнителя, качество заполнителей.

Состав бетона выражают расходом всех составляющих материалов на 1 м^3 , уложенной и уплотненной бетонной смеси или отношением массы составляющих к массе цемента, принимаемой за единицу, т. е. Ц : П : Щ (Г) : В : Д (цемент : песок : щебень (гравий) : вода : добавки).

Расчет состава тяжелого бетона.

Профессором Б. Г. Скрамтаевым и его учениками было рекомендовано использовать зависимость

$$R_b = A \cdot R_u \left(\frac{Ц}{В} \pm 0,5 \right). \quad (1.1)$$

Тогда водоцементное отношение

$$\frac{B}{Ц} = \frac{A \cdot R_u}{R_b + 0,5 \cdot A \cdot R_u}, \quad (1.2)$$

где R_b – предел прочности бетона, МПа;

R_u – активность цемента, МПа;

A – коэффициент учитывающий качество материала (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Значение коэффициента A

Характеристика заполнителей и цемента	A
Высококачественные	0,65
Рядовые	0,6
Пониженного качества	0,55

Ориентировочный расход воды зависит от требуемой удобоукладываемости, вида и максимальной крупности заполнителя и определяется по таблице 1.2.

Расход цемента определяют по формуле

$$Ц = \frac{B}{\frac{B}{Ц}}. \quad (1.3)$$

Таблица 1.2 – Рекомендуемое содержание воды в бетонной смеси

Характеристика бетонной смеси		Содержание воды в бетонной смеси, л/м ³ , при крупности щебня, мм			Содержание воды в бетонной смеси, л/м ³ , при крупности гравия, мм		
		10	20	40	10	20	40
Осадка конуса	Жесткость, с						
0	150...200	155	140	130	145	130	120
0	90...120	160	145	135	150	135	125
0	60...90	170	155	140	160	145	130
0	30...60	175	160	145	165	150	135
0	15...30	185	170	155	175	160	145
1	–	195	180	165	185	170	155
2	–	200	185	170	190	175	160
3	–	205	190	175	195	180	165
5	–	210	195	180	200	185	170
7	–	215	200	185	205	190	175
8	–	220	205	190	210	195	180
10	–	225	210	195	215	200	185

Вычисленный расход цемента не должен быть ниже минимально допустимого расхода для дорожного цементобетона – 300 кг/м³, для искусственных сооружений – 240 кг/м³, для обычного цементобетона – 250 кг/м³. Если полученный по расчету расход цемента окажется больше минимально допустимого, принимается его расчетное значение, если меньше – минимально допустимое (то есть расход цемента увеличивают до требуемой нормы или вводят тонкомолотую добавку).

Расход щебня (гравия) определяют по формуле

$$Щ = \frac{1}{\frac{V_{пуст} \cdot \alpha}{\rho_{н.щ(\varepsilon)} + \frac{1}{\rho_{щ(\varepsilon)}}}}, \quad (1.4)$$

где $V_{пуст}$ – пустотность щебня (гравия) в рыхлом состоянии;

α – коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия) для пластичных смесей принимается по таблице 1.3, для жестких смесей $\alpha = 1,05 \dots 1,2$;

$\rho_{н.щ(\varepsilon)}$ – насыпная плотность щебня (гравия), кг/м³;

$\rho_{щ(\varepsilon)}$ – истинная плотность щебня (гравия), кг/м³.

Расход песка рассчитывают как разность между проектным объемом бетонной смеси и суммой абсолютных объемов цемента, воды и крупного заполнителя:

$$П = \left[1 - \left(\frac{Ц}{\rho_ц} + \frac{В}{\rho_в} + \frac{Щ(\Gamma)}{\rho_{щ(\varepsilon)}} \right) \right] \cdot \rho_n, \quad (1.5)$$

где $Ц, В, П, Щ(\Gamma)$ – расход цемента, воды, песка, щебня (гравия), кг;

$\rho_ц, \rho_в, \rho_n, \rho_{щ(\varepsilon)}$ – истинная плотность этих материалов, кг/м³.

Таблица 1.3 – Значение коэффициента α для бетонных смесей

Расход цемента, кг	Коэффициент α при В/Ц				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	–	–	1,26	1,32	1,38
300	–	1,3	1,36	1,42	–
350	1,32	1,38	1,44	–	–
400	1,4	1,46	–	–	–

Затем вычисляют:

– расчетную плотность бетонной смеси

$$\rho_{б.см.} = \frac{Ц + В + П + Щ(\Gamma)}{1 \text{ м}^3}; \quad (1.6)$$

– коэффициент выхода бетона

$$\beta = \frac{1}{\frac{Ц}{\rho_{н.ц.}} + \frac{П}{\rho_{н.п.}} + \frac{Щ(Г)}{\rho_{н.щ(г)}}}. \quad (1.7)$$

После расчета выполняются пробные замесы, при этом предварительно количество воды затворения может быть скорректировано с учетом влажности заполнителей.

Результаты выполнения работы

Данные расчета занести в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Результаты расчетов

Компонент				В/Ц
Ц	В	Щ(Г)	П	

Контрольные вопросы

- 1 Что такое бетон?
- 2 Материалы для изготовления тяжелого бетона.
- 3 Исходные данные для подбора состава тяжелого бетона.
- 4 Что такое коэффициент выхода?

2 Лабораторная работа № 8. Определение физико-механических характеристик и класса по прочности тяжелого бетона

Цель работы: изготовление и испытание образцов на основании расчета; изучение влияния добавок на свойства бетонной смеси и затвердевшего бетона.

Используемые приборы и оборудование: весы; мерные металлические цилиндры; стандартный конус; технический вискозиметр; металлические формы куба; виброплощадка; гидравлический пресс.

Порядок выполнения работы

На основании расчетов, выполненных в лабораторной работе № 7, выполняется замес бетонной смеси. После определения характеристик смеси, смесь необходимо уложить в форму куба и изготовить образцы для определения класса по прочности.

1 Испытание бетонной смеси.

Определение подвижности.

Для проведения испытаний каждая бригада готовит 8 л бетонной смеси заданного состава. При этом одна из бригад вводит в смесь химическую добавку в количестве, указанном преподавателем. Затем производится определение подвижности смеси с помощью стандартного конуса, расположенного на основании, не впитывающем воду. Внутреннюю поверхность конуса и основания смачивают водой. В установленный конус смесь загружается тремя слоями одинаковой высоты, каждый слой уплотняют штыкованием металлическим стержнем 25 раз. Избыток смеси срезают вровень с верхними краями конуса, после чего форму-конус осторожно поднимают и ставят на площадку рядом с конусом бетонной смеси, которая под действием собственной массы начинает оседать. На верхнее основание формы-конуса укладывают линейку, от нижнего ребра которой измеряют осадку конуса OK бетонной смеси с точностью до 1 см.

Измерения производят дважды и берут среднее арифметическое значение.

Определение жесткости бетонной смеси.

У жестких смесей подвижность $OK = 0$ см.

Для определения степени жесткости применяется технический вискозиметр. Для этого на виброплощадку устанавливают и закрепляют цилиндрический сосуд вискозиметра. Затем в сосуд вставляют цилиндрическое кольцо и закрепляют зажимами. В это кольцо вставляют стандартный конус. На конус надевают кольцо-держатель, ручки которого заводят в пазы петель. Затем устанавливают насадку и заполняют конус бетонной смесью на полную его высоту с насадкой, предварительно уплотняя смесь штыкованием.

Окончательно уплотняют бетонную смесь в конусе вибрированием до тех пор, пока на поверхности смеси из-под нижнего основания конуса не начинается заметное выделение цементного молока. Время вибрирования должно быть не менее 5 с и не более 30 с. По окончании вибрирования насадку снимают, избыток смеси срезают металлической линейкой вровень с краями конуса, а затем снимают конус, держа его строго вертикально. После этого устанавливают на прибор штатив с диском, полностью освобождают зажимной винт штанги и опускают диск на поверхность отформованного конуса бетонной смеси. Далее одновременно включают виброплощадку и секундомер и наблюдают за опусканием штанги. Когда риска штанги совпадает с верхней плоскостью направляющей головки штатива, включают секундомер и вибратор и отмечают время, прошедшее от момента включения вибратора до его выключения. Это время в секундах характеризует жесткость бетонной смеси.

Упрощенный способ применяется, когда в лаборатории нет технического вискозиметра. Для этой цели на виброплощадку устанавливают и закрепляют форму-куб размером $200 \times 200 \times 200$ мм. В форму вставляют полый конус с диаметром нижнего основания, несколько уменьшенным по сравнению с кубом. Конус заполняют бетонной смесью, как было описано выше, после чего его осторожно поднимают вертикально вверх и освобождают бетонную смесь от конуса. Затем форму-куб с бетонной смесью подвергают вибрированию до тех пор, пока бетонная смесь не заполнит все углы формы и поверхность ее

не примет горизонтального положения. Время в секундах, необходимое для выравнивания поверхности бетонной смеси в форме, умноженное на коэффициент 1,5, характеризует жесткость бетонной смеси.

Показатель жесткости бетонной смеси вычисляют с точностью до 5 с как среднее арифметическое результатов двух определений.

Если жесткость бетонной смеси окажется ниже заданной, то в бетонную смесь вводят добавки 10 % крупного и мелкого заполнителя от первоначально взятых и после перемешивания бетонной смеси вновь определяют жесткость. Если жесткость бетонной смеси выше заданной, то в бетонную смесь вводят 10 % цемента и воды (сохраняя водоцементное отношение) от первоначально взятых и вновь производят определение жесткости.

2 Испытание бетона.

Прочность бетона в проектном возрасте характеризуют классами по прочности.

Класс бетона по прочности – количественная величина, характеризующая качество бетона, соответствующая его гарантированной прочности на осевое сжатие, обозначаемая буквой С и числами, выражающими значения нормативного сопротивления и гарантированной прочности, например, С¹²/₁₅ (перед чертой – значение нормативного сопротивления, после черты – гарантированная прочность бетона).

Прочность бетона на осевое сжатие гарантированная – прочность, определяемая при осевом сжатии кубов размером 150 × 150 × 150 мм с учетом статистической изменчивости при обеспеченности 0,95, гарантируемая производителем в соответствии с действующими стандартами. Предел прочности при сжатии определяют на образцах, изготовленных из бетонной смеси и выдержанных до испытания в течение 28 сут в нормальных условиях.

Для определения предела прочности бетона при сжатии изготавливают образцы-кубы, размеры которых зависят от наибольшей крупности заполнителя.

Длина грани образца-куба, мм: 70; 100; 150; 200; 300.

Наибольшая крупность зерен, мм: 10; 20; 40; 70; 100 и более.

Образцы изготавливают в разборных чугунных или стальных формах со шлифованной внутренней поверхностью.

Перед укладкой бетонной смеси формы очищают от остатков бетона и внутреннюю поверхность смазывают отработанным минеральным маслом или смазкой, препятствующей сцеплению затвердевшего бетона с поверхностью форм. Укладка бетонной смеси в формы и ее уплотнение должны быть закончены не позднее чем через 20 мин после отбора пробы бетонной смеси. Методы укладки и уплотнения бетонной смеси в формах зависят от ее подвижности.

Бетонную смесь укладывают в форму с некоторым избытком, после чего форму устанавливают на стандартную лабораторную виброплощадку и закрепляют зажимами. Затем включают виброплощадку и секундомером фиксируют время вибрирования. Вибрирование должно продолжаться до полного уплотнения, характеризуемого прекращением оседания бетонной смеси, вырав-

ниванием ее поверхности и появлением на ней цементного раствора. Обычно это время соответствует показателю жесткости, увеличенному на 30 с.

После уплотнения образцы в формах, покрытых влажной тканью, хранят в помещении при температуре 16 °С...20 °С в течение 1 сут. Затем их вынимают из формы, маркируют и до момента испытания помещают в камеру нормального твердения при температуре (20 ± 2) °С и влажности не менее 95 %. Образцы в камере укладывают на стеллажи в один ряд по высоте с промежутками между ними, обеспечивающими обдувание каждого образца воздухом.

Предел прочности при сжатии образцов-кубов определяют следующим образом. Образцы извлекают из камеры влажного хранения, осматривают и обнаруженные на опорных гранях дефекты в виде наплывов удаляют напильником или шлифовальным кругом, а мелкие раковины заполняют густым цементным тестом. Затем определяют рабочее положение образца при испытании. Опорные грани выбирают так, чтобы сжимающая сила при испытании образца была направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси в форму. Образцы-кубы измеряют металлической линейкой с точностью до 1 мм, а затем взвешивают на технических весах. Рабочую площадку сечения образца в сантиметрах в квадрате определяют как среднее арифметическое площадей обеих опорных граней. Образцы перед испытанием должны в течение 2...4 ч (с момента извлечения из камеры) находиться в помещении лаборатории.

Во время испытания образец устанавливают одной из граней на нижнюю опорную плиту пресса центрально по оси последнего.

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа, определяют как отношение разрушающей силы F , Н, к первоначальной площади поперечного сечения образца A , м²:

$$R_{сж} = \frac{F}{A}. \quad (2.1)$$

Предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое результатов испытания трех образцов при условии, что наименьший результат испытания одного из трех образцов отличается от следующего показателя не более чем на 15 %. Если наименьший результат отличается более чем на 15 % от следующего большего показателя, то предел прочности вычисляют как среднее арифметическое из двух наибольших результатов.

При определении предела прочности на сжатие образца-куба с длиной ребра 70, 100, 200, 300 мм предел прочности пересчитывают, используя соответственно следующие коэффициенты: 0,85; 0,95; 1,05; 1,1.

Для определения прочности бетона в возрасте 28 сут можно использовать значения, полученные на лабораторных работах в любой другой срок, и перевести с помощью эмпирической формулы полученную прочность в стандартную:

$$R_{28} = R_{(сж)n} \cdot \frac{\lg 28}{\lg n}, \quad (2.2)$$

где $R_{(сж)п}$ – прочность бетона в возрасте n сут;

R_{28} – прочность бетона в возрасте 28 сут;

n – число суток твердения бетона.

Данная формула применима для ориентировочного расчета прочности бетона на портландцементе средних марок в возрасте более 3 сут. Фактическую прочность бетона в конструкциях определяют путем испытания контрольных образцов, изготовленных из той бетонной смеси и твердеющих в условиях, аналогичных тем условиям, в которых находились конструкции.

Результаты выполнения работы

Данные всех опытов занести в таблицу 2.1.

В таблице 2.2 представлены марки цемента, в таблице А.1 – соотношение между классами и характеристиками тяжелого бетона по прочности на сжатие.

Таблица 2.1 – Результаты экспериментов

Компонент				В/Ц	Подвижность, см, или жесткость, с, бетонной смеси	Прочность бетона R_{28} , МПа	Средняя плотность бетона ρ_{cp} , кг/м ³
Ц	В	Щ(Г)	П				

Таблица 2.2 – Рекомендуемые и допускаемые марки цемента

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка цемента для бетона	
	рекомендуемая	допускаемая
$C^{8/10}-C^{20/25}$	400	500
$C^{25/30}$	500	550; 600
$C^{30/37}$	550	500; 600
$C^{35/45}-C^{90/105}$	600	500; 550

Контрольные вопросы

- 1 Технология приготовления бетонной смеси.
- 2 Способы уплотнения бетонной смеси.
- 3 Как определяется подвижность бетонной смеси?
- 4 Как определяется жесткость бетонной смеси (упрощенный способ)?
- 5 Что такое тиксотропность?
- 6 Что такое седиментация?
- 7 Что такое класс бетона?
- 8 Чем отличается производственный состав от лабораторного?
- 9 От чего зависит прочность бетона?
- 10 От чего зависит расход воды в бетоне?
- 11 Добавки в бетон и их назначение.
- 12 Разновидности бетонов.

3 Лабораторная работа № 9. Определение составов и показателей качества строительных растворов

Цель работы: определение состава раствора, свойств растворной смеси, а также физико-механических свойств растворов.

Используемые приборы и оборудование: лабораторные весы и разновесы; сферические чаши; лабораторная виброплощадка; камера влажностного режима; гидравлический пресс; емкость для кипячения; мерные цилиндры; прибор для определения подвижности; стальной стержень диаметром 12 мм; кельма.

Порядок выполнения работы

Расчет состава и приготовление растворной смеси.

Строительные растворы преимущественно изготавливают на портландцементе и его разновидностях. В качестве пластифицирующих добавок вводят известь или глину, а также поверхностно-активные вещества. Заполнителем служат кварцевый песок или топливные шлаки с крупностью зерен не более 2,5 мм.

Рассмотрим пример расчета состава растворной смеси.

Состав раствора определяют по таблице 3.1 в зависимости от марки раствора и марки применяемого цемента.

Согласно таблице 3.1 при марке цемента 300 состав в объемной дозировке для раствора марки 100 составляет 1:3.

Таблица 3.1 – Составы кладочных растворов

Марка цемента	Состав в объемной дозировке (Ц : П) для растворов марок			
	100	75	50	25
500	1:5,5	1:6	–	–
400	1:4,5	1:5,5	–	–
300	1:3	1:4	1:6	–

Лабораторный замес раствора для изготовления четырех образцов-кубов размером $7,07 \times 7,07 \times 7,07$ см с учетом уплотнения составит 2 л. Тогда для состава 1:3 на лабораторный замес 2 л необходимо взять одну часть цемента и три части песка – всего четыре части. Значит цемента необходимо взять: $2 : 4 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, а песка $0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. Приняв насыпную плотность цемента 1100 кг/м^3 , песка 1550 кг/м^3 (значение насыпной плотности песка можно взять из таблицы 1.5 лабораторной работы № 1 [8]), рассчитывают расход цемента и песка по массе: Ц = $1100 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,55 \text{ кг}$; П = $1550 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 2,325 \text{ кг}$.

Водоцементное отношение строительных растворов принимают в зависимости от их назначения в пределах 0,4–0,8. Для изучения влияния В/Ц на свойства раствора изготавливают два состава растворных смесей, отличающихся

ся только значениями водоцементного отношения. Для первого состава принимают $V/C = 0,6$, для второго – $0,8$.

Песок высыпают на противень, к нему добавляют цемент и тщательно перемешивают в течение 5 мин, затем добавляют отмеренную воду и перемешивают смесь в течение 3...5 мин. Качество полученной растворной смеси контролируют по показателю подвижности.

Определение подвижности растворных смесей.

Подвижностью растворной смеси называют её способность легко растекаться по поверхности камня и заполнять все его неровности. Определяют подвижность по глубине погружения эталонного конуса (в сантиметрах). Подвижность растворной смеси зависит от назначения раствора.

С учетом специфических технологических особенностей – укладка тонким слоем на водоотсасывающее пористое основание (кирпич, бетон), отсутствие специальных методов выравнивания и уплотнения, а также длительный период выработки – растворные смеси должны быть подвижными. Определяют этот показатель по глубине погружения под действием собственной массы конуса в сантиметрах.

Для определения подвижности в металлический сосуд укладывают растворную смесь на 10 мм ниже ее краев, уплотняют штыкованием стальным стержнем диаметром 10...12 мм (25 раз) и встряхивают 5–6 раз легким постукиванием о стол.

Сосуд с растворной смесью устанавливают на подставку так, чтобы острие конуса соприкасалось с поверхностью растворной смеси. Стержень закрепляют зажимным винтом и фиксируют положение стрелки на шкале.

Затем винт отпускают для свободного погружения конуса в раствор и после остановки записывают второй отсчет по шкале. Глубину погружения конуса определяют как разность между вторым и первым отсчетами.

Полученные значения подвижности для каждого состава сравнивают с данными таблицы 3.2 и определяют марку по подвижности.

Таблица 3.2 – Марка растворной смеси по подвижности

Марка растворной смеси по подвижности P_k	Норма по подвижности по погружению конуса, см
P_{k1}	От 1 до 4 включ.
P_{k2}	От 4 до 8 включ.
P_{k3}	От 8 до 12 включ.
P_{k4}	От 12 до 14 включ.

Определение плотности, водопоглощения и коэффициента морозостойкости растворов.

Растворы различного назначения должны характеризоваться средней плотностью, низким водопоглощением, морозостойкостью.

Для определения этих показателей из растворной смеси каждого состава

готовят образцы-кубики размером $7,07 \times 7,07 \times 7,07$ см. Способ формовки зависит от исходной подвижности растворной смеси. Из растворной смеси подвижностью менее 5 см образцы готовят в стандартных формах. Форму заполняют в два слоя, штыкуя каждый слой 12 раз.

При подвижности более 5 см образцы готовят в формах без нижнего основания, устанавливая их на керамический кирпич, покрытый бумагой, смоченной водой. Форму заполняют в один прием, штыкуя смесь 25 раз.

Свойства растворов определяют через 7 сут нормального твердения: температура – (20 ± 2) °С, влажность – 95 %...100 %.

Среднюю плотность ρ_0 , кг/м³, рассчитывают по формуле

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \quad (3.1)$$

где m – масса образца, кг;

V – объем образца, м³.

Водопоглощение по объему B_V , %, которое характеризует открытую пористость, определяют путем кипячения образца каждого состава в течение часа и вычисляют по формуле

$$B_V = \frac{m_1 - m}{V} \cdot 100, \quad (3.2)$$

где m_1 – масса насыщенного образца, г;

m – масса сухого образца, г;

V – объем образца, см³.

Морозостойкость оценивают количеством циклов замораживания и оттаивания насыщенных водой образцов. В связи с длительностью испытаний морозостойкость можно оценить косвенно по отношению капиллярной (открытой) пористости, доступной проникновению воды, к общей пористости материала.

Общую пористость Π , %, определяют по формуле

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) \cdot 100, \quad (3.3)$$

где ρ_0 – средняя плотность раствора, кг/м³;

ρ – истинная плотность цементно-песчаного раствора, принимаемая $\rho = 2700$ кг/м³.

Коэффициент морозостойкости вычисляем по формуле

$$K_{мор} = \frac{\Pi - B_V}{\Pi}. \quad (3.4)$$

Материал считается морозостойким, если $K_{мор} > 0,8$.

Определение прочности раствора.

Несущую способность конструкции в большей степени обеспечивают материалы, из которых она получена. Для стеновой конструкции, выполненной из мелкоштучных материалов или крупноразмерных блоков, ее несущая способность складывается из прочности самого стенового материала, прочности раствора и прочности сцепления раствора с поверхностью изделия.

Прочность раствора характеризуется маркой. Для раствора установлены следующие марки по прочности на сжатие: М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150, М200.

Определение прочности раствора на сжатие выполняют с использованием гидравлического пресса на трех образцах-кубах размером $70,7 \times 70,7 \times 70,7$ мм в возрасте 28 сут нормального твердения. Прочность на сжатие $R_{сж}$, МПа, рассчитывают по формуле

$$R_{сж} = \frac{F}{A}, \quad (3.5)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н (кгс);

A – площадь поперечного сечения образца, мм^2 (см^2).

Образцы, изготовленные на портландцементе, можно испытывать через 7 и 14 сут. В этом случае марку раствора определяют, используя данные таблицы 3.3. Результаты испытаний заносят в таблицы 3.4 и 3.5.

Таблица 3.3 – Соотношение возраста и прочности раствора

Возраст образцов, сут	3	7	14	28	60	90
Прочность раствора по отношению к марочной, %	33	65	80	100	120	130

Таблица 3.4 – Свойства растворяемых смесей

Номер состава	В/Ц	Подвижность, см	Марка по подвижности P_k	Рациональная область применения
1	0,6			
2	0,8			

Таблица 3.5 – Физико-механические свойства растворов

Номер состава	Средняя плотность, кг/м^3	Водопоглощение по объему (открытая пористость), %	Общая пористость, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Марка раствора	Коэффициент морозостойкости $K_{мор}$

По результатам определения прочности растворов строят графическую зависимость от водоцементного отношения.

Контрольные вопросы

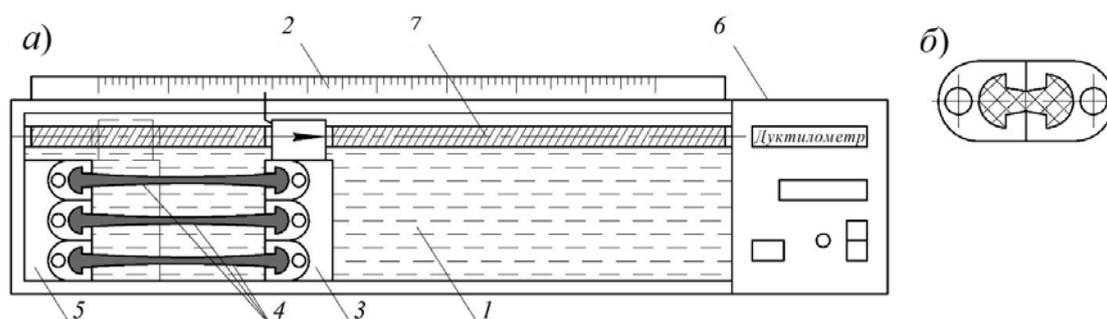
- 1 Как определить подвижность растворной смеси?
- 2 Чем отличаются составы, используемые в работе?
- 3 С какой целью в состав цементно-песчаных растворов вводят различное количество воды?
- 4 Как определить предел прочности на сжатие?
- 5 Как определить открытую пористость раствора?
- 6 Какие экспериментальные данные необходимо иметь для расчета общей пористости раствора?
- 7 Какие данные необходимо иметь для расчета коэффициента морозостойкости?
- 8 От какого показателя структуры морозостойкость зависит в большей степени?
- 9 Выразите графически зависимость морозостойкости раствора от его В/Ц.
- 10 За счет каких физических явлений происходит разрушение растворов, применяемых для наружной кладки и оштукатуривания стен?
- 11 Классификация строительных растворов по виду вяжущего.
- 12 Классификация строительных растворов по назначению.
- 13 Чем отличаются сложные растворы от простых?
- 14 Какие заполнители применяют для изготовления строительных растворов?
- 15 Какими технологическими особенностями обладают растворы?
- 16 От каких факторов зависят свойства растворов?
- 17 Какие экспериментальные данные необходимо иметь для расчета предела прочности раствора на сжатие?
- 18 Какое влияние на физико-механические свойства раствора оказывает содержание воды?
- 19 Как можно повысить прочность растворов?

4 Лабораторная работа № 10. Испытание вязкого нефтяного битума

Цель работы: определение температуры размягчения битума, растяжимости битума, а также вязкости битума и хрупкости битума.

Используемые приборы и оборудование: прибор «кольцо и шар»; стеклянная пластинка; стеклянный стакан; термометры (ртутные стеклянные со шкалой до 100 °С и до 50 °С), плитка электрическая; глицерин; тальк; дуктилометр; формы латунные для битума-«восьмерки» (рисунок 4.1); пенетрометр с иглой; чашка металлическая цилиндрическая с плоским дном внутренним диаметром 55 мм, высотой 35 мм (при испытании битумов с пенетрацией до 250 °С) или 60 мм (при испытании битумов с пенетрацией более 250 °С), водяная баня; плоскодонный стеклянный или металлический сосуд вместимостью не менее 1 л и высотой не менее 15 мм над уровнем чашки; секундомер; чашка метал-

лическая для расплавления битума; стеклянная палочка для перемешивания; нож для срезания битума; прибор Фрааса; углекислота твердая (сухой лед).



1 – ванна; 2 – линейка; 3 – подвижная пластинка со штифтами (салазками); 4 – образцы битума; 5 – неподвижная (упорная) пластина со штифтами; 6 – пульт управления с электродвигателем; 7 – червячный винт

Рисунок 4.1 – Дуктилометр (а) и форма для битума (б)

Порядок выполнения работы

Определение температуры размягчения битума.

Обезвоженный битум нагревают до подвижного состояния, процеживают через сито и тщательно перемешивают до удаления пузырьков воздуха. Битум заливают с некоторым избытком в два кольца прибора, помещенных на стеклянную пластинку, покрытую смесью талька с глицерином. После охлаждения на воздухе в течение 20 мин (температура $(25 \pm 10) \text{ }^\circ\text{C}$). Избыток битума срезают нагретым ножом вровень с верхними краями колец. Кольца с битумом, температура размягчения которого ниже $25 \text{ }^\circ\text{C}$, после охлаждения на воздухе в течение 20 мин помещают на 3 мин в баню с водой $(5 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$, после чего срезают избыток битума ножом.

Кольца с битумом помещают в отверстия на верхней площадке подвески прибора. В среднее отверстие вставляют термометр. Нижняя точка ртутного резервуара термометра должна быть на одном уровне с нижней плоскостью слоя битума в кольце. Подвеску с кольцами ставят в стакан, заполненный водой, имеющий температуру $5 \text{ }^\circ\text{C}$, воду наливают до метки на штанге прибора. На верхней и нижней поверхностях слоя битума в кольце не должно быть пузырьков воздуха. Через 15 мин подвеску вынимают из стакана, на кольцо в центре поверхности битума кладут стальной шарик и опять опускают подвеску в стакан: температура воды в стакане через 3 мин после нагрева должна повышаться со скоростью $(5 \pm 0,5) \text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$.

Для каждого образца фиксируют температуру, при которой выдавливаемый шариком битум касается контрольного основания аппарата. Расхождение результатов двух параллельных определений не должно превышать $1 \text{ }^\circ\text{C}$ при температуре размягчения битума до $80 \text{ }^\circ\text{C}$ включительно и $2 \text{ }^\circ\text{C}$ – свыше $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определение растяжимости битума.

Пробу битума обезвоживают, т. е. удаляют воду, содержащуюся в ней в свободном (несвязанном) состоянии. Обезвоживание вязких и твердых битумов производят путем нагревания (без перегрева) до температуры, на $80\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ превышающей ожидаемую температуру размягчения битума, но не ниже $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ и не выше $180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Операцию заканчивают при прекращении вспенивания битума. Обезвоженный и расплавленный до подвижного состояния битум процеживают через сито с металлической сеткой № 0,07 и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха. Стеклянную пластинку и внутренние боковые стенки вкладышей покрывают смесью талька с глицерином (1 : 3).

Затем производят сборку формы на пластине (см. рисунок 4.1, б). Подготовленный битум заливают в три формы (тонкой струей от одного конца формы до другого), пока они не заполнятся выше краев. Залитый в форму битум охлаждают на воздухе в течение 30...40 мин при комнатной температуре. Для ускорения процесса охлаждения образцов их помещают в сосуд со снегом или льдом. После охлаждения битума его излишек срезают горячим ножом от середины формы к ее краям (вровень с краями).

Формы с битумом, не снимая с пластинки, помещают в ванну дуктилометра (см. рисунок 4.1, а), заложённую водой. Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм. В ванне поддерживают температуру испытания ($25 \pm 0,5$) $^{\circ}\text{C}$ или ($0 \pm 0,5$) $^{\circ}\text{C}$, добавляя и в нее горячую или холодную воду либо лед. По истечении 1 ч формы с битумом вынимают из воды, снимают с пластинки и закрепляют в дуктилометре, для чего кольца зажимов формы надевают на штифты, находящиеся на салазках и стойке дуктилометра. Сняв боковые части форм, включают привод прибора. Скорость растяжения образцов должна быть 5 см/мин.

При определении растяжимости битума при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ допускается устанавливать перегородку в середину ванны дуктилометра.

При испытании битумов, плотность которых значительно отличается от плотности воды (при растяжении нити битума достигают дна сосуда или всплывают на поверхность воды), плотность последней повышают добавлением в нее раствора поваренной соли или глицерина либо уменьшают, добавляя этиловый спирт.

Растяжимость битума характеризуют длиной его нити (в сантиметрах), определяемой по указателю в момент ее разрыва. За окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов трех параллельных определений.

Определение вязкости битума.

Расплавленный и обезвоженный битум наливают в металлическую чашку, чтобы поверхность битума была не более чем на 5 мм ниже верхнего края чашки, и тщательно перемешивают для полного удаления пузырьков воздуха. Чашку с битумом охлаждают на воздухе при $t = (25 \pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$, предохраняя образец от пыли. Продолжительность охлаждения 60...75 мин. Затем чашку с битумом помещают в баню, заполненную водой. Температура воды в бане –

$(25 \pm 0,1)$ °С. Расстояние между дном чашки и дном бани – не менее 50 мм, высота слоя воды над битумом – не менее 100 мм.

Чашку с образцом вынимают из бани через 60...75 мин и помещают в плоскодонный сосуд вместимостью не менее 1 л, наполненный водой так, чтобы высота ее над поверхностью битума была не менее 10 мм. Температура воды в сосуде – $(25 \pm 0,1)$ °С. Сосуд устанавливают на столик прибора и подводят острие иглы к поверхности битума, чтобы игла слегка касалась ее.

Отмечают положение стрелки пенетрометра, затем одновременно включают секундомер и нажимают кнопку прибора, давая игле свободно входить в испытываемый образец в течение 5 с, по истечении которых отпускают кнопку.

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 конец иглы необходимо очищать от налипающего битума с помощью бензина или другого растворителя и вытирать насухо.

За глубину проникания иглы (пенетрация), выраженную в десятых долях миллиметра (или в числах, соответствующих градусам шкалы прибора), принимают среднее арифметическое результатов не менее трех параллельных определений. Расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать значений, указанных в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Допускаемое расхождение результатов параллельных опытов

Глубина проникания иглы, град	Допускаемое отклонение результатов, град
От 0 до 40	2
От 40 до 130	4
От 130 до 250	6
Св. 250	3 % (от среднего результата испытаний)

Если пенетрацию определяют при 0 °С...0,1 °С, то в банку с водой кладут лед, чашку с битумом выдерживают 60...90 мин. Кристаллизатор наполняют водой со льдом или 2...5-процентным раствором поваренной соли. На плунжер прибора надевают дополнительный груз – шайбу массой 100 г. Время погружения иглы – 60 с.

Определение температуры хрупкости битума.

Температура перехода битума из упругопластического состояния в хрупкое называется температурой хрупкости.

При температуре ниже температуры хрупкости изменяются структурно-механические свойства битума. При внешних нагрузках он деформируется и разрушается как твердое хрупкое тело. По температуре хрупкости оценивают трещиностойкость битума при низких температурах. По значениям температуры хрупкости и размягчения оценивают интервал пластичности битума. Температуру хрупкости определяют по ГОСТ 11507–78 *Битумы нефтяные. Метод определения хрупкости по Фраасу*. Температура хрупкости битума

должна быть не выше нормативных значений.

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

За температуру хрупкости принимают среднее арифметическое значение результатов, полученных при испытании двух пластинок, округленных до целого числа с допускаемым расхождением данных параллельных определений, не превышающих 3 °С.

Допускаемые точностные характеристики действительны до температуры минус 30 °С.

Результаты выполнения работы

Результаты испытаний для определения марки битума заносят в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Определение температуры размягчения, растяжимости, вязкости и хрупкости битума

Показатель	Значение показателя			Среднее значение показателя
	1	2	3	
Температура размягчения				
Длина нити битума в момент разрыва, см				
Глубина проникания иглы, град, при $t = 25$ °С				
Температура хрупкости битума				

Необходимо:

- определить марку испытанного битума;
- сделать вывод по лабораторной работе.

Контрольные вопросы

- 1 Какой материал называется битумом?
- 2 Классификация битумов по виду исходного сырья.
- 3 Состав битума.
- 4 Свойства битумов и приборы для их определения.
- 5 Состав асфальтобетона.
- 6 Классификация асфальтобетона по температуре укладки.
- 7 Технология приготовления асфальтобетона.
- 8 Область применения битумов.
- 9 Классификация дегтей по виду исходного сырья.
- 10 Из каких компонентов изготавливают битумные эмульсии? Область применения битумных эмульсий
- 11 Условные обозначения битумов.

5 Лабораторная работа № 11. Проектирование состава асфальтобетона

Цель работы: выполнение расчета минеральной части асфальтобетона; построение графика состава асфальтобетона по предельным кривым; определение оптимального количества битума для рассчитанного минерального состава.

Порядок выполнения работы

Расчет минеральной части асфальтобетона.

Исходные данные:

1) назначение асфальтобетона – для устройства верхнего слоя двухслойного покрытия дороги во II дорожно-климатической зоне;

2) асфальтобетон плотный, мелкозернистый (крупность зерен минеральной части до 20 мм); смесь типа А марки I;

3) характеристики исходных материалов:

а) щебень – гранитный, фракционированный (5...20 мм); насыпная плотность, кг/м³; истинная плотность, г/см³;

б) песок – природный; зерновой состав (таблицы 5.1–5.16, графа 4); насыпная плотность – кг/м³; истинная плотность, кг/м³;

в) минеральный порошок – известняковый, неактивированный; прочность известняка на сжатие – 38 МПа; зерновой состав порошка (см. таблицы 5.1–5.16, графа 5); показатель битумоемкости – 59 г; влажность – 0,8 % (по массе); истинная плотность – 2,70 г/см³;

г) битум – нефтяной дорожный вязкий марки БНД 60/90.

Исходные данные по зерновому составу для вариантов 1–16 приведены в таблицах 5.1–5.16. В таблицах Щ – щебень; П – песок; МП – минеральный порошок.

Таблица 5.1 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 1

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	72...88	78	100	100
2,5	50...65	0	72	100
1,25	35...48	0	38	97
0,63	20...29	0	21	92
0,315	14...22	0	14	88
0,14	9...16	0	10	82
0,071	6...12	0	5	72
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.2 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 2

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	92...100	100	100	100
5	86...94	28	88	100
2,5	72...78	0	79	98
1,25	58...64	0	52	95
0,63	41...52	0	36	92
0,315	28...34	0	18	89
0,14	12...19	0	9	85
0,071	6...13	0	5	81
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.3 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 3

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	94...100	100	100	100
5	41...58	35	89	100
2,5	28...37	0	69	97
1,25	19...26	0	53	94
0,63	12...21	0	42	91
0,315	9...15	0	28	87
0,14	7...11	0	11	85
0,071	6...10	0	3	73
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.4 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 4

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	97...100	100	100	100
5	56...87	27	98	100
2,5	37...49	0	73	99
1,25	29...35	0	44	95
0,63	18...26	0	22	90
0,315	10...16	0	12	84
0,14	7...12	0	6	80
0,071	5...10	0	1	71
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.5 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 5

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	96...00	100	100	100
5	61...73	32	99	100
2,5	49...57	0	76	96
1,25	29...36	0	53	92
0,63	20...26	0	31	89
0,315	12...18	0	18	85
0,14	10...14	0	4	82
0,071	6...12	0	2	79
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.6 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 6

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	94...100	100	100	100
5	69...78	25	91	100
2,5	42...66	0	76	99
1,25	32...40	0	53	96
0,63	20...28	0	31	91
0,315	12...22	0	12	85
0,14	8...14	0	3	79
0,071	6...12	0	1	58
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.7 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 7

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	35...50	0	100	100
2,5	24...38	0	74	100
1,25	17...28	0	50	100
0,63	12...20	0	22	98
0,315	9...15	0	18	95
0,14	6...11	0	11	90
0,071	6...4	0	2	83
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.8 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 8

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	50...65	0	100	100
2,5	38...52	0	81	100
1,25	28...39	0	63	99
0,63	20...29	0	49	94
0,315	14...22	0	17	90
0,14	9...16	0	9	84
0,071	6...12	0	1	79
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.9 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 9

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	65...80	0	100	100
2,5	52...66	0	86	100
1,25	39...53	0	61	99
0,63	29...40	0	32	96
0,315	20...28	0	14	92
0,14	12...20	0	5	87
0,071	8...14	0	2	81
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.10 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 10

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	50...66	0	100	100
2,5	35...52	0	86	100
1,25	21...39	0	61	97
0,63	14...30	0	32	92
0,315	10...20	0	14	85
0,14	9...16	0	5	77
0,071	8...12	0	2	70
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.11 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 11

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	35...50	2	100	100
2,5	24...38	0	67	100
1,25	17...28	0	41	97
0,63	12...20	0	17	92
0,315	9...15	0	6	85
0,14	6...11	0	2	78
0,071	4...10	0	1	72
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.12 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 12

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	45...55	0	100	100
2,5	38...60	0	76	100
1,25	28...39	0	51	100
0,63	20...29	0	29	98
0,315	14...25	0	13	86
0,14	9...16	0	6	82
0,071	6...12	0	1	79
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.13 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 13

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	65...75	5	100	100
2,5	52...68	0	81	100
1,25	39...53	0	60	100
0,63	29...40	0	29	97
0,315	20...28	0	11	92
0,14	12...20	0	4	89
0,071	8...14	0	1	85
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.14 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 14

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	45...65	0	100	100
2,5	24...38	0	78	100
1,25	17...28	0	51	100
0,63	12...20	0	27	95
0,315	9...15	0	9	89
0,14	6...11	0	3	82
0,071	4...10	0	1	74
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.15 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 15

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	48...68	1	100	100
2,5	38...52	0	79	100
1,25	27...39	0	53	100
0,63	20...28	0	24	99
0,315	14...24	0	11	96
0,14	9...16	0	8	91
0,071	6...12	0	3	85
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 5.16 – Исходные данные по зерновому составу для варианта 16

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щ (100 %)	П (100 %)	МП (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	68...80	0	100	100
2,5	52...66	0	76	100
1,25	39...53	0	51	100
0,63	29...40	0	29	96
0,315	20...28	0	14	90
0,14	12...20	0	7	83
0,071	6...14	0	2	76
Менее 0,071	–	0	0	0

Для приготовления асфальтобетона во II дорожно-климатической зоне целесообразно использовать битум БНД 60/90, т. к. по температуре хрупкости и интервалу пластичности он в наибольшей степени отвечает этим условиям.

Расчет зернового состава минеральной части асфальтобетона удобно вести в табличной форме. Для заполнения графы 2 в таблице 5.17 использованы данные, приведенные в таблицах 5.1–5.16 (графа 2).

Требуемое содержание каждой фракции щебня определено как разность требуемых средних значений просевов (см. таблицы 5.1–5.16 (графа 3)) через сита, размеры отверстий которых соответствуют максимальному и минимальному размерам частиц щебня данной фракции.

Требуемое содержание зерен щебня фракции 5...20 мм следующее:

$$\text{Щ} = 100 - \text{гр. 3 стр. 2} = \text{гр. 7 стр. 2} = \text{гр. 7 стр. 10}.$$

Требуемое среднее содержание в минеральной части бетона частиц мельче 0,071 мм составляет 7 % (гр. 3 стр. 8), а содержание этих частиц в исходном минеральном порошке – 75,3 % (гр. 6 стр. 9).

В соответствии с формулой требуемое содержание минерального порошка

$$\text{МП} = \frac{\text{гр. 3 стр. 8}}{\text{гр. 6 стр. 9}} \cdot 100 = \text{гр. 9 стр. 10}.$$

Требуемое содержание песка в минеральной части асфальтобетона

$$\text{П} = 100 - (\text{гр. 9 стр. 10} + \text{гр. 7 стр. 10}) = \text{гр. 8 стр. 10}.$$

В соответствующие строки графов 7–9 (см. таблицу 5.17) занесены результаты определения содержания каждой фракции песка.

Проверка: сумма данных графов 7–9 таблицы 5.17 (по вертикали) должны равняться строчке «Итого».

Содержание каждой фракции в минеральной части асфальтобетона определено суммированием содержания данной фракции в щебне, песке и минеральном порошке, т. е. суммированием построчно данных в графах 7–9 таблицы 5.17. Результаты записаны в графе 10 таблицы 5.17 (как частные остатки на соответствующих ситах).

Полные остатки на ситах (см. таблицу 5.17, графа 11) вычислены суммированием частных остатков на данном сите и на всех ситах с отверстиями большего размера.

По полным остаткам на ситах (см. таблицу 5.17, графа 11) определены просевы (см. таблицу 5.17, графа 12) – разности 100 % и полных остатков.

Полученные просевы необходимо сравнивать с требуемыми (см. таблицу 5.17, графа 2).

Если характеристики состава минеральной части асфальтобетона находятся между предельными кривыми на рисунке 5.1 (в пределах полных просевов, указанных в графе 2 таблицы 5.17), то он спроектирован правильно.

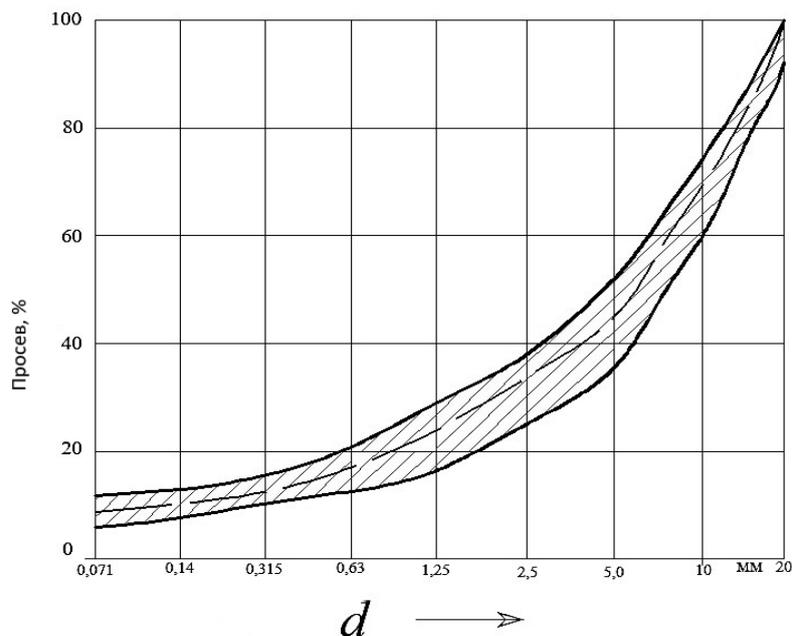


Рисунок 5.1 – Нормативная область оптимального зернового состава

Построение графика состава асфальтобетона.

Используя данные таблицы 5.17, графа 12, необходимо построить кривую. Кривая должна попадать в нормативную область показанную на рисунке 5.1.

Если состав минеральной части бетона не соответствует области оптимальных смесей (заштрихованной), необходимо изменить соотношение между щебнем, песком и минеральным порошком и повторить расчет.

Определение оптимального количества битума.

Для определения оптимального содержания битума в асфальтобетонной смеси на основе запроектированного состава его минеральной части приготовлены смеси с содержанием битума 5,0 %, 5,5 % и 6,0 %.

При определении требуемого содержания битума ускоренным методом из смеси с 5 % битума (рекомендуется 4,0 %...5,0 %) принимаем среднюю плотность асфальтобетона $\rho_c = 2,33 \text{ г/см}^3$.

Тогда средняя плотность минеральной части асфальтобетона

$$\rho_{\text{м.ч.с.}} = \frac{\rho_c \cdot q_0}{q_0 + q_b}, \quad (5.1)$$

где $q_0 = 100 \%$ (см. таблицу 5.17 гр. 7 стр. 10 + гр. 8 стр. 10 + гр. 9 стр. 10);
 $q_b = 4,0 \%$... $5,0 \%$ (принимаем рекомендуемое значение).

Тогда истинная плотность минеральной части

$$\rho_{\text{м.ч.и.}} = \frac{100}{\frac{q_{\text{щ}}}{\rho_{\text{щ.и}}} + \frac{q_{\text{п}}}{\rho_{\text{п.и}}} + \frac{q_{\text{м.п.}}}{\rho_{\text{м.п.и}}}}, \quad (5.2)$$

где $q_{щ}$ – количество щебня (см. таблицу 5.17, гр. 7 стр. 10);
 q_n – количество песка (см. таблицу 5.17, гр. 8 стр. 10);
 $q_{м.п.}$ – количество минерального порошка (см. таблицу 5.17, гр. 9 стр. 10);
 $\rho_{(щ,п,м.п)и}$ – истинная плотность минеральных материалов, г/см³.
 Фактическая пористость минеральной части асфальтобетона

$$P_{м.ч.}^{a/b} = \left(1 - \frac{\rho_{м.ч.с}}{\rho_{м.ч.и}} \right) \cdot 100. \quad (5.3)$$

Остаточная пористость асфальтобетона должна быть в пределах 2 %...7 % для II дорожно-климатической зоны.

Требуемое содержание битума

$$Б = \frac{(P_{м.ч.}^{a/b} - P_{ост}^{a/b}) \cdot \rho_b}{\rho_{м.ч.и}}. \quad (5.4)$$

Контрольные вопросы

- 1 Этапы проектирования асфальтобетона.
- 2 Методы расчета минерального состава.
- 3 Методы расчета и определение оптимального содержания битума.
- 4 Что такое коэффициент сбега? Каковы его нормативные значения?
- 5 Сущность метода определения оптимального содержания битума по пустотности минерального состава и заданной пористости.
- 6 Сущность метода определения оптимального содержания битума по битумоемкости.
- 7 Как проверяют свойства рассчитанной асфальтобетонной смеси?

6 Лабораторная работа № 12. Исследование физико-механических свойств и контроль качества асфальтобетона

Цель работы: определение свойств асфальтобетона (водонасыщение, набухание и прочность при сжатии), предела прочности при растяжении для образцов с температурой 0 °С, а также предела прочности при сдвиге для образцов с температурой 50 °С.

Используемые приборы и оборудование: весы гидростатические или технические с приспособлением для гидростатического взвешивания; вакуум-сушильный шкаф или вакуум-прибор; сосуд вместимостью 2,5...3 л, пресс механический или гидравлический, создающий нагрузку 50...100 кН, снабжен-

ный силоизмерителем, позволяющим определять предел прочности асфальтобетона при сжатии с погрешностью до 0,05 МПа; термометр ртутный с ценой деления шкалы 1 °С; сосуды для термостатирования образцов вместимостью 3...5 л или 7...8 л (в зависимости от размеров и количества образцов); мягкая ткань; плотная бумага.

Порядок выполнения работы

Определение физико-механических свойств асфальтобетона.

1 *Водонасыщение асфальтобетона.* За характеристику водонасыщения образцов асфальтобетона принимают относительный объем воды, поглощенный образцом при определенном режиме насыщения.

Подготовка к испытанию. Используют три образца, на которых определялась средняя плотность асфальтобетона.

Проведение испытания. Образцы помещают в сосуд с водой, температура которой (20 ± 2) °С. Уровень воды над образцами должен быть не менее 3 см.

Сосуд с образцами выдерживают в вакуум-сушильном шкафу (вакуум-приборе) в течение 1,5 ч при испытании образцов из горячей или теплой асфальтобетонной смеси и 30 мин при испытании образцов из холодных смесей. Остаточное давление в шкафу должно быть не более 2000 Па. Затем давление доводят до атмосферного, извлекают образцы и помещают их в воду на 1 ч (образцы из горячих и теплых смесей) или 30 мин (образцы из холодных смесей).

Протертые мягкой тканью образцы взвешивают с точностью до 0,01 г на воздухе и в воде.

Приращение массы насыщенного водой образца, отнесенное к первоначальному его объему, и составляет водонасыщение W , %, определяемое по формуле

$$W = \frac{m_3 - m}{m_1 - m_2}, \quad (6.1)$$

где m_3 – масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г;

m – масса сухого (не насыщенного водой) образца, взвешенного на воздухе, г;

m_1 – масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного на воздухе, г;

m_2 – масса того же образца, взвешенного в воде, г.

Водонасыщение определяют с точностью до 0,1 % как среднее арифметическое результатов трех определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,5 %. Результаты испытания заносят в таблицу 6.1.

2 *Набухание асфальтобетона.* Набухание определяют как приращение объема образца после насыщения его водой.

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

Таблица 6.1 – Результаты определения водонасыщения

Показатель	Значение показателя			Среднее значение
	1	2	3	
Масса сухого образца, взвешенного на воздухе, m , г				
Масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного на воздухе, m_1 , г				
Масса того же образца, взвешенного в воде, m_2 , г				
Масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, m_3 , г				
Водонасыщение асфальтобетона W , %				

Набухание образца H , % по объему, вычисляют по формуле

$$H = \frac{(m_3 - m_4) - (m_1 - m_2)}{m_1 - m_2} \cdot 100, \quad (6.2)$$

где m_3 – масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г;

m_4 – масса того же образца, взвешенного в воде, г;

m_1 – масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного на воздухе, г;

m_2 – масса того же образца, взвешенного в воде, г.

За результат определения набухания принимают среднее арифметическое значение результатов трех определений. Результаты проведения экспериментальных исследований сводим в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты определения набухания

Показатель	Значение показателя			Среднее значение
	1	2	3	
Масса образца, выдержанного в течение 30 мин в воде и взвешенного на воздухе, m_1 , г				
Масса того же образца, взвешенного в воде, m_2 , г				
Масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, m_3 , г				
Масса того же образца, взвешенного в воде, m_4 , г				
Набухание асфальтобетона H , %				

3 Прочность асфальтобетона при сжатии. Предел прочности при сжатии – основная характеристика механической прочности асфальтобетона.

Определяют предел прочности при сжатии:

– сухих и выдержанных в воде образцов при температуре 20 °С;

– сухих образцов при температуре 50 °С и 0 °С;

– выдержанных в воде образцов в течение 15 сут при температуре 20 °С.

Подготовка к испытанию. Первый образец помещают в сушильный

шкаф, предварительно нагретый до температуры $(50 \pm 2) ^\circ\text{C}$, и выдерживают в течение 1 ч.

Второй образец помещают в холодильник и выдерживают в течение 1 ч при температуре $(0 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Образцы из холодных смесей выдерживают в течение 2 ч в воздушной среде: сосуд с образцами помещают в термостат или на подставке в сосуд большей вместимости, заполненный водой температурой $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Для определения предела прочности при сжатии асфальтобетона, насыщенного водой, используют образцы, на которых определялись водонасыщение и набухание асфальтобетона. Насыщенные водой образцы после взвешивания их на воздухе и в воде снова помещают на 10...15 мин в воду температурой $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, а перед испытанием вытирают мягкой тканью.

Проведение испытания. Образцы подвергают сжатию на механическом прессе со скоростью деформирования $(3,0 \pm 0,5)$ мм/мин или на гидравлическом прессе с той же скоростью холостого хода поршня. Между металлическими плитами прессы и образцом помещают прокладки из плотной бумаги.

За разрушающую нагрузку принимают максимальное показание силоизмерителя.

Предел прочности образца при сжатии (в мегапаскалях) определяют с точностью до 0,01 МПа по формуле

$$R_{сж} = \frac{F}{A} \cdot 10^{-2}, \quad (6.3)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н;

A – первоначальная площадь поперечного сечения образца, см^2 ;

10^{-2} – коэффициент пересчета.

Результаты проведения экспериментов необходимо свести в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Результаты определения физико-механических характеристик асфальтобетона

Показатель	Температура испытаний			
	0 °С	20 °С		50 °С
		сухой	влажный	
Диаметр образца d , см				
Площадь поперечного сечения образца A , см^2				
Высота образца h , см				
Масса образца m , г				
Плотность образца ρ , $\text{г}/\text{см}^3$				
Разрушающая нагрузка F , Н				
Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа				
Коэффициент водостойкости асфальтобетона				

Контроль качества асфальтобетона.

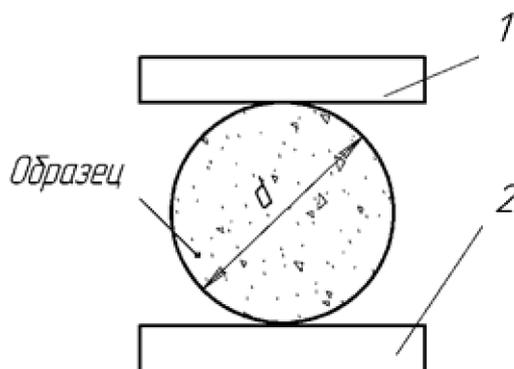
Определение предела прочности при растяжении при температуре 0 °С. Для испытания готовят три образца. Производят измерения высоты h и диа-

метра d образца с точностью $\pm 0,1$ мм с помощью штангенциркуля в двух противоположных по диаметральному сечению точках. За результат измерения принимают среднее арифметическое значение измеренных величин. Перед испытанием образцы термостатируют при заданной температуре (0 ± 2) °С в течение не менее 1 ч в холодильнике.

Предел прочности при растяжении асфальтобетонных образцов определяют на испытательных машинах с механическим приводом при скорости деформирования образца $(3,0 \pm 0,5)$ мм/мин.

Перед проведением испытания на прессах с гидравлическим приводом следует установить скорость холостого хода поршня 3 мм/мин.

Образец устанавливают на боковую поверхность в центре нижней плиты пресса 2 в соответствии с рисунком 6.1, затем опускают верхнюю плиту 1 и останавливают ее выше уровня поверхности образца на 10...20 мм.



1 – плита пресса верхняя; 2 – плита пресса нижняя

Рисунок 6.1 – Схема размещения образца при испытании на растяжение

После этого включают электродвигатель пресса и начинают нагружать образец.

Максимальное показание силоизмерителя, при котором образец разрушился, принимают за разрушающую нагрузку.

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

$$R_p^0 = \frac{F}{h \cdot d} \cdot 10^{-2}, \quad (6.4)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н;

h, d – средние значения высоты и диаметра образца, см;

10^{-2} – коэффициент пересчета.

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

Результаты проведения экспериментальных исследований сводим в таблицу 6.4.

Таблица 6.4 – Результаты испытания образца на растяжение

Показатель	Значение показателя			Среднее значение
	1	2	3	
Диаметр образца d , см				
Высота образца h , см				
Разрушающая нагрузка F , Н				
Предел прочности при сжатии R_p^0 , МПа				

Определение предела прочности при сдвиге при температуре 50 °С. Для испытания готовят три образца. Производят измерения высоты h образца с помощью штангенциркуля в двух противоположных по диаметральному сечению точках с точностью $\pm 0,1$ мм; результаты измерений фиксируют в испытательном журнале. За результат принимается среднее арифметическое значение двух измерений.

Для получения достоверных результатов необходимо, чтобы высоты образцов отличались не более чем на $\pm 5,0$ мм.

Перед испытанием образцы и сдвиговой прибор термостатируют при заданной температуре (50 ± 2) °С в течение не менее 1 ч. Для ускорения испытаний серии образцов и уменьшения теплопотерь испытываемых образцов целесообразно иметь в комплекте каждого типоразмера сдвигового прибора не менее двух испытательных форм, которые попеременно выдерживают в водяной бане при заданной температуре (50 ± 2) °С.

Предел прочности при сдвиге асфальтобетонных образцов определяют на прессе с механическим или гидравлическим приводом при скорости деформирования образца $(3,0 \pm 0,5)$ мм/мин.

Перед проведением испытания на прессе с гидравлическим приводом следует установить скорость холостого хода поршня 3 мм/мин.

Образец вставляют в форму 3 сдвигового прибора, в соответствии с рисунком 6.2, и устанавливают ее на кольцо упорное 4, находящееся в центре нижней плиты испытательного пресса; сверху на торец формы устанавливают кольцо верхнее направляющее 2 и опускают штамп нагрузочный 1. Образец должен входить в форму плотно, с небольшим нажатием и не выпадать из нее под действием собственного веса. В случае необходимости образец обматывают калькировочной бумагой для обеспечения плотного контакта боковой поверхности образца с внутренней поверхностью формы.

Включают электродвигатель пресса и начинают нагружать образец через штамп нагрузочный. В процессе испытания необходимо поддерживать скорость движения силовой плиты $(3,0 \pm 0,5)$ мм/мин. Нагружение продолжают до тех пор, пока показания силоизмерителя не начнут уменьшаться. Фиксируют максимальное показание силоизмерителя, что и принимают за разрушающую сдвиговую нагрузку, и извлекают образец из формы с помощью выталкивателя.

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

$$R_{сов}^{50} = \frac{2 \cdot P \cdot \cos\alpha}{(d_{шт} + d_{кол}) \cdot h} = \frac{P}{154 \cdot h}, \quad (6.5)$$

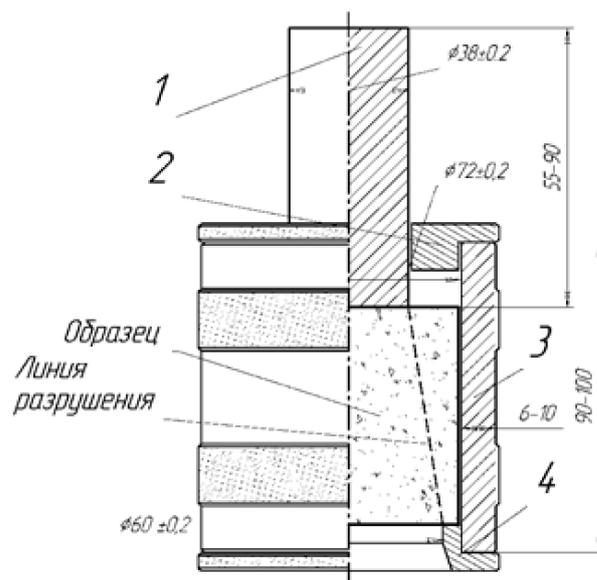
где P – разрушающая сдвиговая нагрузка, Н;

h – средняя высота образца, мм;

154 – коэффициент пересчета;

$d_{шт}$ – диаметр штампа нагрузочного, мм;

$d_{кол}$ – внутренний диаметр кольца упорного нижнего, мм.



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

Рисунок 6.2 – Схема размещения образца при испытании на сдвиг

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

Контрольные вопросы

1 Как подразделяются битумоминеральные материалы по структурным признакам?

2 Приведите классификацию асфальтобетонов.

3 Что такое реологические свойства асфальтобетона?

4 Приведите особенности структурно-механических свойств теплого асфальтобетона по сравнению с горячим.

5 В чем заключается проектирование асфальтобетона?

6 Как повысить водостойкость и морозостойкость асфальтобетона?

7 Что такое холодный асфальтобетон?

8 Что такое традиционная технология асфальтобетона?

- 9 Что такое беспыльная и турбулентная технология асфальтобетона?
 10 Как повысить водостойкость и морозостойкость асфальтобетона?
 11 Как производится контроль качества асфальтобетонного покрытия?
 12 Способы регенерации асфальтобетона.

7 Лабораторная работа № 13. Определение свойств пигментов и лакокрасочных покрытий

Цель работы: исследование основных свойств минеральных пигментов; изучение влияния физических свойств пигментов на механические свойства лакокрасочных покрытий (пластичность пленки, сопротивление удару).

Используемые приборы и оборудование: набор сит; лабораторные технические весы с разновесами; бюретка со связующим; стеклянные пластины для определения укрывистости 10 × 20 см; шкала гибкости; жестяные пластины; прибор для определения сопротивления удару У-1.

Порядок выполнения работы

Определение качества пигмента.

Дисперсность (D) или степень измельчения пигмента определяют просеиванием через сита, номера которых указаны в технических условиях на испытываемый пигмент. Для этого навеску пигмента 10 г просеивают до тех пор, пока в течение 0,5 мин через сито не будет проходить порошок. После этого остаток снимают кисточкой и взвешивают.

Дисперсность D , %, определяют по формуле

$$D = \frac{b}{a} \cdot 100 \%, \quad (7.1)$$

где a – первоначальная навеска, г;

b – остаток пигмента на сите, г.

Укрывистость (У) пигмента устанавливают по расходу пигмента в граммах на квадратный метр поверхности.

Чем выше укрывистость, тем меньше пигмента расходуется, тем экономичнее состав.

Определение выполнить в следующей последовательности:

- взвесить пластину 10 × 20 мм с тремя нанесенными полосками (две черные и одна белая);
- навеску пигмента 5 г растереть и довести олифой до малярной консистенции, после чего наносить на пластину кистью до тех пор, пока полосы не перестанут быть заметными (окрашивание производят сначала вдоль, затем поперек полос). Для удобства сравнения часть пластинки 5 × 10 см не закрашивают;

– определить количество израсходованной краски в весе пластинки до и после окрашивания.

Укрывистость $У$, г/м², вычисляют по формуле

$$У = \frac{m}{F}, \quad (7.2)$$

где F – окрашиваемая площадь стеклянной пластины, м²;

m – масса краски малярной консистенции, г;

$$m = m_2 - m_1, \quad (7.3)$$

где m_2 – масса окрашенной пластины, г;

m_1 – первоначальная масса пластины, г.

Маслоемкость пигмента, т. е. необходимое количество связующего для доведения до малярной консистенции лакокрасочного состава.

Для определения маслоемкости пользуются бюреткой с делениями, из которой подливают масло в стакан с отвешенной навеской 5 г сухого пигмента в такой последовательности: 0,3 мл 2...3 капли и далее по одной. После каждого подлива следует тщательно перемешивать компоненты стеклянной палочкой. *Момент, когда весь пигмент смачивается маслом и образуется сплошной комок с блестящей масляной поверхностью, является окончанием опыта.* Это означает, что точка насыщения пигмента достигнута. Количество масла, израсходованного на пигмент, определяется по разности уровней в бюретке до и после опыта.

Маслоемкость M , мл/г, находят по формуле

$$M = \frac{V \cdot \rho}{m} \cdot 100, \quad (7.4)$$

где V – количество израсходованного масла, мл;

ρ – плотность масла, $\rho = 0,93$ г/мл;

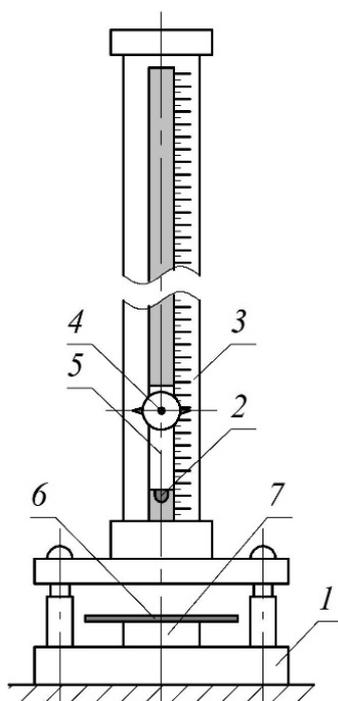
m – навеска пигмента, г.

Определение качества лакокрасочного покрытия.

Предварительно рассчитать необходимое количество краски для окрашивания 120 см² поверхности, окрасить образцы жести размером 2 × 10 см (для определения пластичности пленки) и 10 × 10 см (для определения сопротивления пленки удару).

Определение сопротивления пленки удару производят на приборе У-1 (рисунок 7.1). После высыхания металлической пластины 10 × 10 см поместить ее окрашенной стороной вверх на наковальню прибора под боек. Груз установить на заданной высоте, а затем отпустить для свободного падения на боек, передающий удар образцу. Образец осмотреть. При отсутствии трещин и отслаивания пленки высоту увеличивать до тех пор, пока не обнаружится

разрушение пленки. *Сопротивление пленки удару принимается максимальная высота (в сантиметрах), при которой не происходит разрушения пленки.*



1 – станина; 2 – боек; 3 – направляющая труба со шкалой; 4 – стрелка указателя; 5 – груз; 6 – испытываемая пластина; 7 – наковальня

Рисунок 7.1 – Прибор У-1

Пластичность пленки – это способность лакокрасочной пленки, нанесенной на жестяную пластинку, выдерживать изгиб вокруг стержней различного диаметра не разрушаясь. Это испытание производится после высыхания пленки при помощи шкалы гибкости, представляющей собой набор стальных стержней различного диаметра (20, 15, 10, 5, 3 и 1 мм). Начинают испытывать пленку на стержне с большим диаметром и оканчивают изгиб на том стержне, после которого произошли повреждения покрытия. *Пластичность пленки выражается минимальным диаметром стержня, на котором лакокрасочное покрытие не имело повреждений.*

Результаты выполнения работы

Данные всех опытов занести в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты испытаний

Вид пигмента	Дисперсность, %	Укрывистость, г/м ²	Маслоемкость, мл/г	Сопротивление пленки удару, см	Пластичность пленки

Сделать вывод о влиянии качества пигмента на прочность и пластичность лакокрасочной пленки.

Контрольные вопросы

- 1 Основные компоненты лакокрасочных материалов.
- 2 Классификация красок по назначению.
- 3 Классификация красок по виду связующего.
- 4 С какой целью используется связующее?
- 5 Назначение и виды наполнителей.
- 6 Пигмент и его разновидности.
- 7 Свойства пигментов.
- 8 Свойства лакокрасочных покрытий.
- 9 Виды красочных составов.
- 10 Лаки и его разновидности.
- 11 Вспомогательные материалы. Для чего они предназначены?
- 12 Олифы и их разновидности.
- 13 Разновидности обоев.

Список литературы

- 1 **Донских, С. А.** Основы современного материаловедения: учебное пособие / С. А. Донских, В. Н. Семин; под общ. ред. С. А. Донских. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. – 176 с.
- 2 **Каклюгин, А. В.** Материалы для жилищного, промышленного и дорожного строительства: учебное пособие / А. В. Каклюгин, И. В. Трищенко. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 260 с.
- 3 **Широкий, Г. Т.** Строительное материаловедение: учебное пособие / Г. Т. Широкий; под общ. ред. Э. И. Батыновского. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 2016. – 460 с.
- 4 **Киреева, Ю. И.** Строительное материаловедение для заочного обучения: учебное пособие / Ю. И. Киреева, О. В. Лазаренко. – Минск: Новое знание, 2008. – 366 с.
- 5 **Красовский, П. С.** Строительные материалы: учебное пособие / П. С. Красовский. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2022. – 256 с.
- 6 **Рыбьев, И. А.** Строительное материаловедение: учебное пособие / И. А. Рыбьев. – 3-е изд., стер. – Москва: Высшая школа, 2008. – 706 с.
- 7 **Строительные материалы. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие / Я. Н. Ковалев [и др.]; под ред. Я. Н. Ковалева.** – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2013. – 633 с.
- 8 **Строительное материаловедение: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений» дневной и заочной форм обучения / Сост. Т. С. Латун.** – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – Ч. 1. – 46 с.

Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Соотношение между классами и характеристиками тяжелого бетона по прочности на сжатие

Класс бетона				Требуемая прочность бетона при подборе состава, МПа	Ближайшая марка бетона
По ГОСТ 26633–91	По СНБ 5.03.01–02				
	Обозначение	Характеристики прочности бетона, МПа			
		f_{ck}	$f_{c,cube}^G$		
В10	С 8/10	8	10	12,9	150
В 12,5	С 10/12,5	10	12,5	16,1	150
В 15	С 12/15	12	15	19,3	200
В 20	С 16/20	16	20	25,7	250
В 22,5	С 18/22,5	18	22,5	28,9	300
В 25	С 20/25	20	25	32,2	300
В 27,5	С 22/27,5	22	27,5	35,4	350
В 30	С 25/30	25	30	38,6	400
В 35	С 28/35	28	35	45,0	450
–	С 30/37	30	37	47,6	500
В 40	С 32/40	32	40	51,4	500
В 45	С 35/ 45	35	45	57,8	600
В 50	С 40/ 50	40	50	64,3	600
В 55	С 45/55	45	55	70,7	700
В 60	С 50/60	50	60	77,1	800