

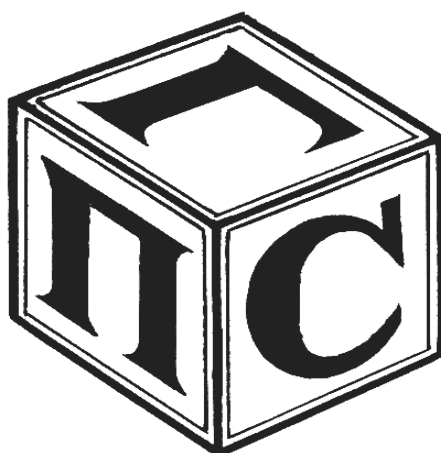
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»
дневной и заочной форм обучения*

Часть 2



Могилев 2023

УДК 691.3
ББК 38.3
Д69

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»
«10» октября 2023 г., протокол № 3

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

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

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, 2023

Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 8. Исследование свойств вязких и жидких дорожных битумов	5
2 Лабораторная работа № 9. Исследование свойств битумных эмульсий	9
3 Лабораторная работа № 10. Испытание минерального порошка....	12
4 Лабораторная работа № 11. Проектирование состава асфальтобетона.....	16
5 Лабораторная работы № 12. Исследование физико-механических свойств и контроль качества асфальтобетона	25
6 Лабораторная работа № 13. Исследование свойств и качества древесины в полевых лабораторных условиях.....	32
Список литературы.....	40

Введение

Методические рекомендации к лабораторным работам составлены в соответствии с учебной программой подготовки студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» по основным разделам курса «Дорожно-строительные материалы и изделия».

Выполнение лабораторных работ позволяет студентам ознакомиться с методами испытаний строительных материалов, научиться работать с нормативными документами и определять важнейшие характеристики строительных материалов, устанавливать их сорта и марки.

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

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

1 Лабораторная работа № 8. Исследование свойств вязких и жидких дорожных битумов

Цель работы: исследование свойств вязких и жидких битумов и установление марки битума по полученным показателям.

Используемые приборы и оборудование: прибор «Кольцо и шар»; стеклянная пластинка; плитка электрическая; глицерин; тальк; прибор «дуктилометр»; формы латунные для битума – «восьмерки»; пенетrometer с иглой; чашка металлическая цилиндрическая с плоским дном внутренним диаметром 55 мм, высотой 35 мм (при испытании битумов с пенетрацией до 250 °С); секундомер; чашка для расплавления битума; стеклянная палочка для перемешивания; нож для срезания битума; вискозиметр для нефтяных битумов; бензин или другой растворитель; мыльный раствор; мерный цилиндр на 100 мл; чашки фарфоровые; химические стаканы вместимостью 205 мл.

Порядок выполнения работы

Определение вязкости битума.

Определение вязкости твердого битума.

Расплавленный и обезвоженный битум наливают в металлическую чашку и тщательно перемешивают для полного удаления пузырьков воздуха. Чашку с битумом охлаждают при комнатной температуре. Продолжительность охлаждения – 60...75 мин. Затем чашку с битумом помещают в баню, заполненную водой. Температура воды в бане ($25 \pm 0,1$) °С. Сосуд устанавливают на столик прибора и подводят острие иглы к поверхности битума, чтобы игла слегка касалась ее.

Отмечают положение стрелки пенетromетра, 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.

Результаты определения пенетрации занести в таблицу 1.1.

Определение вязкости жидкого битума.

Пробу жидкого битума тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха.

Таблица 1.1 – Результаты определения пенетрации

Показатель	Значение показателя			Среднее значение показателя
	1	2	3	
Глубина проникания иглы, град, при $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$				

Вискозиметр устанавливают вертикально с помощью установочных винтов. Внутреннюю поверхность цилиндра вискозиметра, а также шариковый клапан, тщательно промывают растворителями и просушивают. Сточное отверстие цилиндра закрывают шариковым клапаном и подставляют под него фарфоровую чашку.

Баню вискозиметра заполняют водой, нагретой до температуры на $1 \text{ }^\circ\text{C} \dots 2 \text{ }^\circ\text{C}$ превышающей температуру испытания.

При испытании жидкого битума диаметр калиброванного отверстия прибора должен составлять 5 мм, температура испытания – $(60 \pm 0,5) \text{ }^\circ\text{C}$.

Битум, нагретый до температуры $60 \text{ }^\circ\text{C} \dots 62 \text{ }^\circ\text{C}$, заливают в цилиндр вискозиметра так, чтобы при этом не образовались пузырьки воздуха. Боковой штифт отвесно поставленного шарикового клапана должен быть погружен в продукт на половину диаметра. Вяжущее в цилиндре вискозиметра хорошо перемешивают.

По достижении температуры испытания (с погрешностью $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$) убирают фарфоровую чашку из под сточного отверстия вискозиметра и на ее место устанавливают мерный цилиндр, смазанный мыльным раствором.

Из цилиндра вискозиметра вынимают термометр, быстро приподнимают за стержень шариковый клапан и вешают его на край цилиндра.

Когда уровень битума в мерном цилиндре достигнет метки 25 мл, включают секундомер. Его останавливают, когда уровень битума установится у метки 75 мл, и вычисляют продолжительность испытания.

Условной вязкостью вяжущего считают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений (таблица 1.2), округленное до целого числа. Расхождение между результатами параллельных определений должно быть не более 2 с при условной вязкости до 40 с и не более 10 % от наименьшего результата при условной вязкости свыше 40 с.

Таблица 1.2 – Результаты определения условной вязкости битума

Показатель	Значение показателя		Среднее значение показателя
	1	2	
Условная вязкость, с			

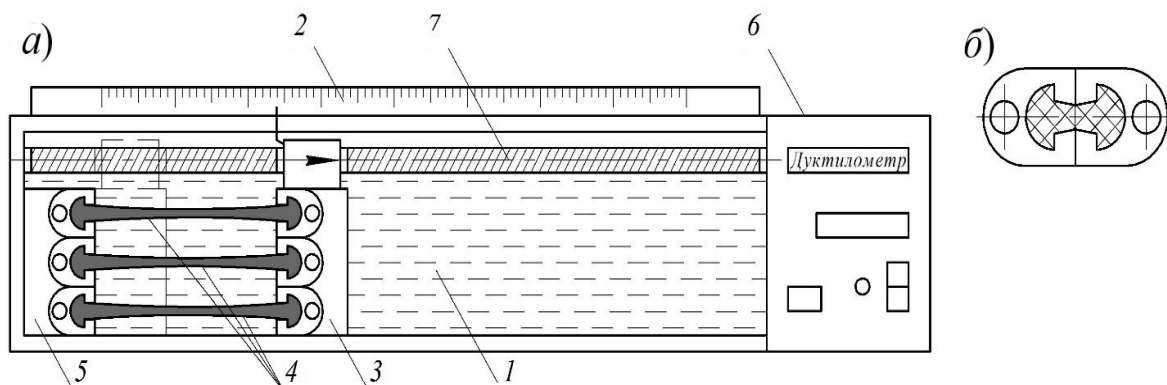
Определение растяжимости битума.

Пробу битума нагревают 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.

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, заполненную водой. Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм. В ванне поддерживают температуру испытания ($25 \pm 0,5$) °С или ($0 \pm 0,5$) °С, добавляя 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 (рисунок 1.1).



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

Рисунок 1.1 – Дуктилометр (а) и форма для битума (б)

Сняв боковые части форм, включают привод прибора. Скорость растяжения образцов должна быть 5 см/мин.

При определении растяжимости битума при 0 °С допускается устанавливать перегородку в середину ванны дуктилометра.

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. Результаты заносят в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Результаты определения растяжимости

Показатель	Значение показателя			Среднее значение показателя
	1	2	3	
Длина нити в момент разрыва, см				

Определение температуры размягчения битума.

Температура размягчения – характеристика теплоустойчивости вяжущих, т. е. перехода их из вязкоупругого в текучее состояние.

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 °С, 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 $(5 \pm 0,5)$ °С/мин.

Для каждого образца фиксируют температуру, при которой выдавливаемый шариком битум касается контрольного основания аппарата.

Результаты определения температуры размягчения занести в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Результаты определения температуры размягчения

Показатель	Значение показателя		Среднее значение показателя
	1	2	
Температура, °С			

Результаты выполнения работы

Данные всех опытов занести в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Определение марки битума по результатам выполнения работы

Среднее значение показателей				Марка битума
Тип битума	Вязкость	Растяжимость, см	Температура размягчения, °С	
Твердый				
Жидкий		–	–	

Контрольные вопросы

- 1 Какой материал называют битумом?
- 2 Классификация битума по виду исходного сырья и способов производства.
- 3 Состав битумов.
- 4 Свойства битумов и приборы для их определения.
- 5 Область применения вязких битумов.
- 6 Условные обозначения марок битумов.

2 Лабораторная работа № 9. Исследование свойств битумных эмульсий

Цель работы: определение содержания в эмульсии битума и эмульгатора, устойчивости эмульсии при перемешивании с минеральными материалами, а также сцепления эмульсии с поверхностью щебня.

Используемые приборы и оборудование: весы технические; плитка электрическая; фарфоровая чашка вместимостью 100 мл; палочка стеклянная; секундомер; цилиндр стеклянный вместимостью 100 мл; сосуд вместимостью не менее 3 л; шпатель или лопатка фарфоровая; стакан химический термостойкий вместимостью не менее 500 мл; бумага фильтровальная.

Порядок выполнения работы

Определение содержания вяжущего с эмульгатором.

Сущность метода заключается в определении массовой доли вяжущего с эмульгатором после выпаривания из эмульсии воды. Чистую сухую чашку вместе со стеклянной палочкой взвешивают, затем наливают в чашку около 30 г эмульсии и взвешивают чашку с эмульсией и стеклянной палочкой.

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

Удаление воды из эмульсии считают законченным, когда прекратится выделение пузырьков пара и поверхность остатка в чашке станет зеркальной. После этого чашку охлаждают при комнатной температуре, а затем взвешивают вместе со стеклянной палочкой (таблица 2.1).

Содержание вяжущего с эмульгатором в эмульсии $B + Э$, % по массе, вычисляют по формуле

$$B + Э = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100, \quad (2.1)$$

где m_1 – масса чашки с палочкой, г;

m_2 – масса чашки с палочкой и эмульсией, г;

m_3 – масса чашки с палочкой и остатком после выпаривания воды из эмульсии, г.

Таблица 2.1 – Результаты определения

Показатель	Значение показателя		Среднее значение показателя
	1	2	
Масса чашки с палочкой m_1			
Масса чашки с палочкой и эмульсией m_2			
Масса эмульсии, взятой для испытания ($\mathcal{E} = m_2 - m_1$)			
Масса чашки с палочкой и остатком после выпаривания воды из эмульсии m_3			
Масса остатка после выпаривания из нее воды ($M = m_3 - m_1$)			
Содержание в эмульсии битума и эмульгатора $B + \mathcal{E}$, %			

Определение устойчивости эмульсии при перемешивании с минеральными материалами.

Сущность метода заключается в определении класса эмульсии по способности эмульсии образовывать равномерную, однородную по цвету смесь при смешивании ее с минеральными материалами плотного и пористого зерновых составов. Щебень массой 500 г и песок массой 300 г промывают и высушивают при температуре (105 ± 5) °С до постоянной массы, после чего охлаждают при комнатной температуре. Постоянной считают массу щебня (песка), если разность между результатами двух последовательных взвешиваний составляет не более 0,1 % массы.

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

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

увлажняют 3 мл воды и перемешивают. Продолжая перемешивание, добавляют 11 мл эмульсии.

Через 45 с от начала внесения эмульсии в смесь перемешивание прекращают и проводят визуальную оценку смеси. Если эмульсия распределилась на зернах минеральных материалов пористого зернового состава равномерно (сплошной пленкой покрыла зерна материала), то эмульсию считают средне-распадающейся и относят ее ко 2-му классу.

Если эмульсия не смешивается со смесями минеральных материалов плотного и пористого зерновых составов, ее считают быстрораспадающейся и относят к 1-му классу.

Определение сцепления эмульсий с поверхностью щебня.

Сущность метода заключается в оценке степени сохранности пленки. Зерна обвязывают ниткой или мягкой проволокой, погружают на 1...2 с в стакан с дистиллированной водой, вынимают из воды, стряхивают капли и сразу окунают 2–3 раза в испытываемую эмульсию, затем подвешивают на штативе так, чтобы зерна щебня не касались друг друга.

На закрытой электроплитке нагревают до 100 °С стакан с дистиллированной водой (не допуская бурного кипения), каждое из подвешенных на штативе зерен щебня поочередно погружают в кипящую воду на 30 мин. По истечение указанного времени фильтровальной бумагой снимают с поверхности воды всплывшее вяжущее, вынимают зерна щебня, погружают на 1...2 с в холодную воду, вынимают из воды и помещают на фильтровальную бумагу. Визуально оценивают состояние пленки на ней.

Если не менее 75 % площади поверхности щебёнки при испытании анионной эмульсии и не менее 95 % той же площади при испытании катионной эмульсии покрыто битумной плёнкой, эмульсию считают выдержавшей испытание.

Контрольные вопросы

- 1 Какой материал называют битумной эмульсией (прямая и обратная эмульсии)?
- 2 Классификация битумных эмульсий (по смешиваемости, по виду эмульгатора, по способу производства).
- 3 Что такое эмульгаторы и для чего они применяются?
- 4 Какие вещества используют в качестве эмульгаторов для битумных эмульсий?
- 5 Из каких материалов и по какой технологии изготавливают битумные эмульсии?
- 6 Для каких целей применяют битумные дорожные эмульсии?
- 7 Что такое эмульсионные пасты, какова их область применения?
- 8 От чего зависит скорость распада эмульсии?
- 9 Как улучшить прилипание вяжущего к каменным материалам?

3 Лабораторная работа № 10. Испытание минерального порошка

Цель работы: определение зернового состава минерального порошка, средней плотности минерального порошка, уплотненного под давлением 40 МПа, и его пористости, а также битумоёмкости минерального порошка.

Используемые приборы и оборудование: набор сит с сетками № 1,25; 0,63; 0,315; 0,14; 0,071; весы технические лабораторные; фарфоровая чашка диаметром 10...20 см; пестик с резиновым наконечником; сушильный шкаф; сосуд вместимостью 6...10 л; эксикатор; форма с поддоном; гидравлический пресс; мягкая кисть; прибор Вика для определения нормальной густоты цементного теста (на верхней площадке стержня прибора должен быть укреплен дополнительный груз массой 170 г); металлическая чашка диаметром 50 мм и высотой 20 мм; шпатель или нож; индустриальное масло.

Порядок выполнения работы

Определение зернового состава минерального порошка.

Зерновой состав характеризует тонкость помола минерального порошка, которая определяет его структурирующую способность. Определяют зерновой состав порошков методами сухого или мокрого их отсева на ситах.

Выполнение работы. Пробу минерального порошка массой 100 г просеивают последовательно через сита с размерами отверстий 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 и 0,071 мм. Просеивание заканчивают, когда после интенсивного встряхивания сита в течение 1 мин, над листом чистой бумаги через сита № 1,25; 0,63 проходит не более 0,05 г, а через сита № 0,315; 0,14 и 0,071 – не более 0,02 г частиц минерального порошка.

Остатки на каждом сите взвешивают и определяют содержание частиц данной фракции (частные остатки) в процентах по массе в первоначальной пробе с точностью 0,1 %.

Массовую долю частиц мельче 0,071 мм определяют вычитанием из 100 % суммы частных остатков на всех ситах.

Результаты анализа заносят в таблицу 3.1. За искомый показатель принимают среднее арифметическое двух параллельных определений.

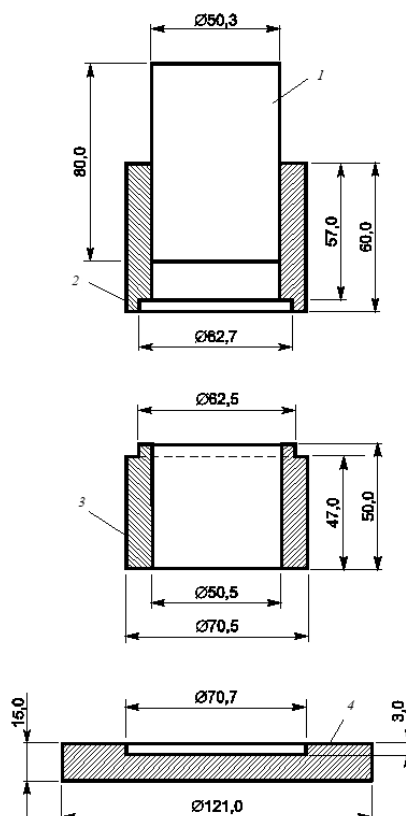
Таблица 3.1 – Результат определения зернового состава

Показатель (частный остаток)	Размер отверстий сит, мм					Масса пробы
	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	
В граммах						
В процентах						

Определение средней плотности минерального порошка, уплотненного под давлением 40 МПа и его пористости.

Среднюю пробу предварительно подготовленного минерального порошка массой 1 кг помещают в фарфоровую ступку и растирают для измельчения комков, после чего просеивают через сито № 1,25.

Навеску (300 г) минерального порошка частями переносят в предварительно собранную форму (рисунок 3.1), установленную на металлический поддон.



1 – верхняя часть разъемного цилиндра; 2 – нижняя часть разъемного цилиндра;
3 – вкладыш; 4 – поддон

Рисунок 3.1 – Форма для определения плотности в уплотненном состоянии

Порошок равномерно распределяют в форме 1 ножом и слегка прижимают вкладышем. Заполненную форму вместе с поддоном устанавливают под пресс для уплотнения порошка. Давление прессы постепенно доводят до 40 МПа и выдерживают образец под этим давлением в течение 3 мин. Затем нагрузку снимают и форму с вкладышем и поддоном переносят на чистый лист бумаги.

Вкладыш и верхнюю часть формы снимают и очищают мягкой кисточкой над тем же листом бумаги. Минеральный порошок в нижней (рабочей) части формы срезают ножом или металлической линейкой. Излишек минерального порошка взвешивают с погрешностью не более 0,5 г.

Плотность порошка в уплотненном состоянии ρ_{nc} , г/см³, вычисляют по формуле

$$\rho_{nc} = \frac{m - m_1}{V}, \quad (3.1)$$

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

m_1 – масса нижней части формы с поддоном, г;

V – объем порошка, $V=100 \text{ см}^3$.

Среднюю плотность уплотненного минерального порошка определяют как среднее арифметическое результатов трех параллельных определений, расхождения между которыми не должны превышать $0,02 \text{ г/см}^3$.

Результаты испытаний заносят в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты проведения экспериментов

Наименование показателей	Единица измерения	Значение
Средняя плотность уплотненного порошка ρ_m	г/см ³	
Пористость порошка $V_{пор}$	%	
Показатель битумоемкости $ПБ$		

Пористость порошка $V_{пор}$, %, находят по формуле

$$V_{пор} = \left(1 - \frac{\rho_{nc}}{\rho} \right) \cdot 100, \quad (3.2)$$

где ρ – истинная плотность порошка, г/см³;

ρ_{nc} – средняя плотность порошка, г/см³.

Определение битумоёмкости минерального порошка.

Сущность метода заключается в определении количества масла, при котором смесь его со 100 см^3 порошка имеет заданную консистенцию.

Битумоёмкость характеризует адсорбционную способность минерального порошка. За показатель битумоёмкости порошка принимают массу минерального масла (в граммах), при которой смесь ее с порошком абсолютным объемом 100 см^3 имеет определенную консистенцию, оцениваемую по глубине погружения металлического пестика цилиндрической формы диаметром $(10 \pm 1) \text{ мм}$, равной 8 мм .

Из подготовленной пробы отвешивают порцию порошка $200...250 \text{ г}$. В фарфоровую чашку отвешивают 15 г масла температурой $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$. К маслу постепенно небольшими порциями добавляют порошок и тщательно перемешивают с ним. Когда смесь приобретает пастообразную консистенцию и не прилипает к стенкам и дну фарфоровой чашки, ее помещают в металлическую чашку, выглаживая ножом или шпателем ровень с краями. Металлическую чашку со смесью устанавливают на подставку прибора Вика, подводят пестик к поверхности смеси и отмечают положение указателя на шкале. Затем пестик

поднимают над поверхностью смеси на 20 мм и дают возможность стержню с пригрузом и пестиком свободно погружаться в смесь в течение 5 с, после чего отмечают положение указателя на шкале и определяют глубину погружения, которая должна быть 8 мм.

Если полученная величина погружения больше 8 мм, смесь вновь помещают в фарфоровую чашку, добавляют порошок, перемешивают и повторяют испытание.

Если полученная величина погружения меньше 8 мм, делают новую смесь порошка с маслом, используя количество порошка меньше первоначального, и снова повторяют испытание.

Показатель битумоемкости $ПБ$, г, вычисляют по формуле

$$ПБ = \frac{m_m \cdot \rho}{m - m_1} \cdot 100, \quad (3.3)$$

где m – масса отвешенной порции порошка, г;

m_1 – масса оставшегося после испытания порошка, г;

m_m – масса масла, г;

ρ – истинная плотность порошка, г/см³;

100 – объем порошка, см³.

Результат каждого испытания вычисляют с точностью до целого числа. Абсолютное допустимое расхождение между результатами параллельных определений не должно превышать 2 г.

В случае превышения абсолютного допустимого расхождения между результатами определений испытание следует повторить до получения допустимого расхождения.

Показатель битумоемкости порошка вычисляют как среднеарифметическое значение результатов двух параллельных испытаний.

Контрольные вопросы

1 Какие материалы используют для производства минерального порошка для асфальтобетонных смесей?

2 Какова роль минерального порошка в асфальтобетоне?

3 В чем отличие активированных минеральных порошков от неактивированных?

4 Какие требования предъявляются к неактивированному минеральному порошку для асфальтобетона?

5 Какими способами можно определить зерновой состав минерального порошка?

6 Как определяют среднюю плотность и пористость минерального порошка, уплотненного под давлением 40 МПа?

7 Как определяют битумоемкость минерального порошка?

4 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 (см. таблицу 3.4 лабораторной работы № 3 [8]), кг/м³; истинная плотность (см. таблицу 3.4 лабораторной работы № 3 [8]), г/см³;

б) песок – природный; зерновой состав (см. таблицы 4.1–4.6, графа 4); насыпная плотность – (см. таблицу 2.3 из лабораторной работы № 2 [8]) кг/м³; истинная плотность (см. таблицу 2.3 из лабораторной работы № 2 [8]);

в) минеральный порошок – известняковый, неактивированный; прочность известняка на сжатие – 38 МПа; зерновой состав порошка (см. таблицы 4.1–4.6, графа 5); показатель битумоёмкости – 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 4.1–4.16. В таблицах Щ – щебень; П – песок; МП – минеральный порошок.

Таблица 4.1 – 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 4.2 – 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 4.3 – 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 4.4 – 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 4.5 – 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 4.6 – 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 4.7 – 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 4.8 – 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 4.9 – 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 4.10 – 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 4.11 – 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 4.12 – 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 4.13 – 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 4.14 – 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	611	0	3	82
0,071	4...10	0	1	74
Менее 0,071	–	0	0	0

Таблица 4.15 – 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 4.16 – 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 4.17 использованы данные, приведенные в таблицах 4.1–4.16 (графа 2).

Требуемое содержание каждой фракции щебня определено как разность требуемых средних значений просевов (см. таблицы 4.1–4.16 (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 4.17) занесены результаты определения содержания каждой фракции песка.

Проверка: сумма данных графов 7–9 таблицы 4.17 (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 4.17. Результаты записаны в графе 10 таблицы 4.17 (как частные остатки на соответствующих ситах).

Полные остатки на ситах (см. таблицу 4.17, графа 11) вычислены суммированием частных остатков на данном сите и на всех ситах с отверстиями большего размера.

По полным остаткам на ситах (см. таблицу 4.17, графа 11) определены просевы (см. таблицу 4.17, графа 12) – разности 100 % и полных остатков.

Полученные просевы необходимо сравнивать с требуемыми (см. таблицу 4.17, графа 2).

Если характеристики состава минеральной части асфальтобетона находятся между предельными кривыми на рисунке 4.1 (в пределах полных просевов, указанных в графе 2 таблицы 4.17), то он запроектирован правильно.

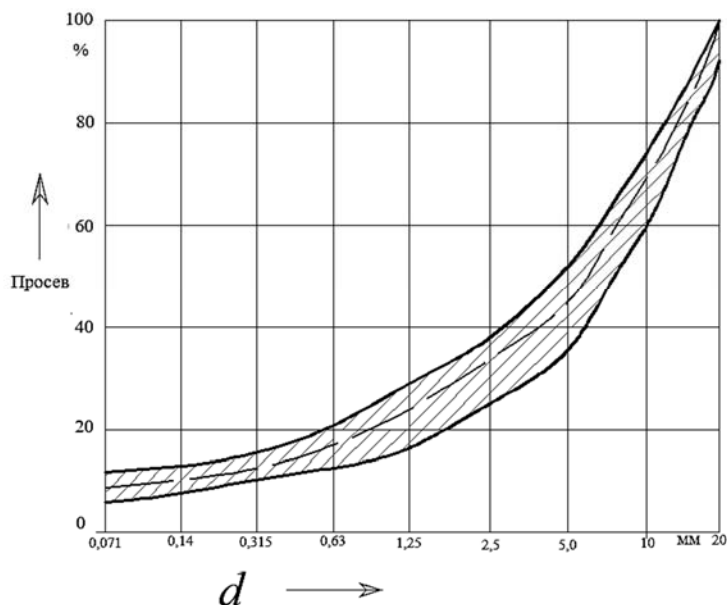


Рисунок 4.1 – Нормативная область оптимального зернового состава

Построение графика состава асфальтобетона.

Используя данные таблицы 4.17, графа 12, необходимо построить кривую. Кривая должна попадать в нормативную область показанную на рисунке 4.1.

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

$$\rho_{\text{м.ч.с.}} = \frac{\rho_c \cdot q_0}{q_0 + q_b}, \quad (4.1)$$

где $q_0 = 100 \%$ (см. таблицу 4.17 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

$$\rho_{\text{м.ч.и.}} = \frac{100}{\frac{q_{\text{щ}}}{\rho_{\text{щ.и}}} + \frac{q_{\text{п}}}{\rho_{\text{п.и}}} + \frac{q_{\text{м.п.}}}{\rho_{\text{м.п.и}}}}, \quad (4.2)$$

где $q_{щ}$ – количество щебня (см. таблицу 4.17, гр. 7 стр. 10);
 q_n – количество песка (см. таблицу 4.17, гр. 8 стр. 10);
 $q_{м.п.}$ – количество минерального порошка (см. таблицу 4.17, гр. 9 стр. 10);
 $\rho_{(щ,п,м.п)и}$ – истинная плотность минеральных материалов, г/см³.
 Фактическая пористость минеральной части асфальтобетона

$$P_{м.ч.}^{a/b} = \left(1 - \frac{\rho_{м.ч.с}}{\rho_{м.ч.и}} \right) \cdot 100. \quad (4.3)$$

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

Требуемое содержание битума

$$B = \frac{(P_{м.ч.}^{a/b} - P_{ост}^{a/b}) \cdot \rho_b}{\rho_{м.ч.и}}. \quad (4.4)$$

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?

5 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

$$W = \frac{m_3 - m}{m_1 - m_2}, \quad (5.1)$$

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 5.1.

Таблица 5.1 – 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 , %				

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.

Набухание образца H , % по объему, вычисляют по формуле

$$H = \frac{(m_3 - m_4) - (m_1 - m_2)}{m_1 - m_2} \cdot 100, \quad (5.2)$$

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 5.2.

Таблица 5.2 – 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 суток при температуре 20 °С.

Подготовка к испытанию.

Первый образец помещают в сушильный шкаф, предварительно нагретый до температуры (50 ± 2) °С, и выдерживают в течение 1 ч.

Второй образец помещают в холодильник и выдерживают в течение 1 ч при температуре (0 ± 2) °С.

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 ± 2) °С.

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 ± 2) °С, 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 пресса 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

$$R_{сж} = \frac{F}{A} \cdot 10^{-2}, \quad (5.3)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н;

A – первоначальная площадь поперечного сечения образца, см²;

10^{-2} – коэффициент пересчета.

Результаты проведения экспериментов необходимо свести в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – 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 , г/см ³				
Разрушающая нагрузка F , Н				
Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа				
Коэффициент водостойкости асфальтобетона				

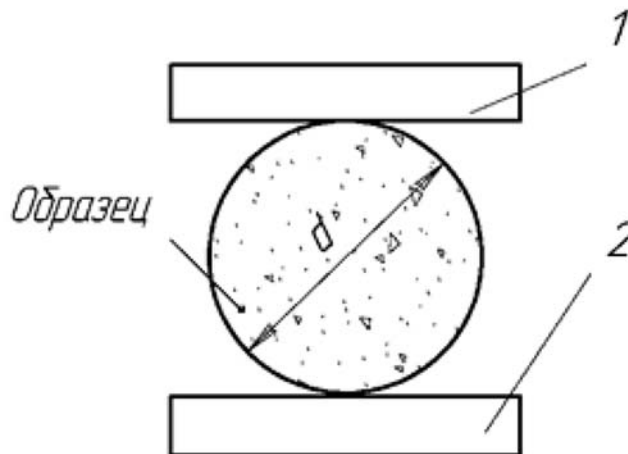
Контроль качества асфальтобетона.

Определение предела прочности при растяжении при температуре 0 °С.
Для испытания готовят три образца. Производят измерения высоты h и диаметра 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 прессы 2 в соответствии с рисунком 5.1, затем опускают верхнюю плиту 1 и останавливают ее выше уровня поверхности образца на 10...20 мм.



1 – плита прессы верхняя; 2 – плита прессы нижняя

Рисунок 5.1 – Схема размещения образца при испытании на растяжение

После этого включают электродвигатель прессы 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

$$R_p^0 = \frac{F}{h \cdot d} \cdot 10^{-2}, \quad (5.4)$$

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 5.4.

Таблица 5.4 – 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 диаметальному сечению точках с точностью $\pm 0,1$ мм; результаты измерений фиксируют в испытательном журнале. За результат принимается среднее арифметическое значение двух измерений.

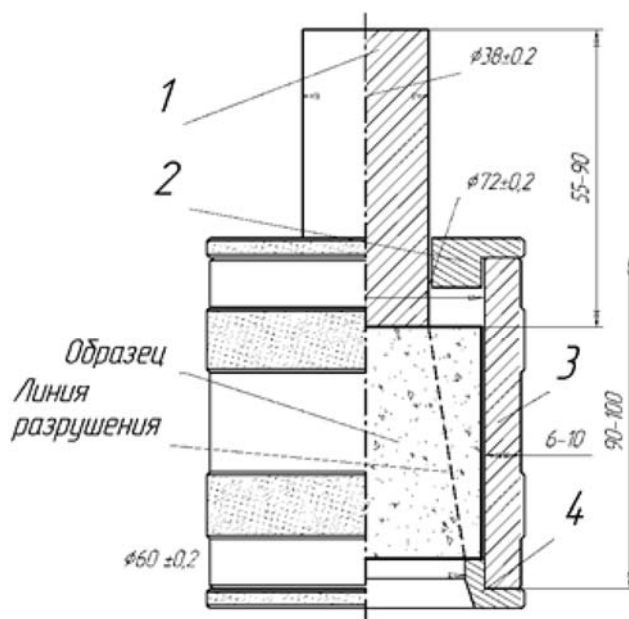
Для получения достоверных результатов необходимо, чтобы высоты образцов отличались не более чем на $\pm 5,0$ мм.

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 5.2, 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.



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

Рисунок 5.2 – Схема размещения образца при испытании на сдвиг

Включают электродвигатель прессы 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

$$R_{сдв}^{50} = \frac{2 \cdot P \cdot \cos \alpha}{(d_{шт} + d_{кол}) \cdot h} = \frac{P}{154 \cdot h}, \quad (5.5)$$

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.

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.

6 Лабораторная работа № 13. Исследование свойств и качества древесины в полевых лабораторных условиях

Цель работы: изучение макростроения древесины; экспериментальное определение средней плотности древесины, а также прочности древесины расчетным и опытным способами; исследование влияния вида влаги древесины на ее прочность при сжатии вдоль волокон и на изгиб.

Используемые приборы и оборудование: лабораторные технические весы с разновесами; штангенциркуль; два сосуда с водой; гидравлический пресс; психрометр; термостат; влагомер; камера с режимом: температура $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, относительная влажность $\geq 90 \%$; сушильный шкаф.

Порядок выполнения работы

Определение средней плотности древесины.

Определение средней плотности древесины лабораторным способом, т. е. по обычной методике определения средней плотности образца правильной $(20 \times 20 \times 30 \text{ мм})$ формы по формуле

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \quad (6.1)$$

где m – масса материалов, кг (г);

V – объем материалов, м^3 (см^3).

Полученный результат привести к стандартной влажности 12 % по формуле

$$\rho_{12} = \rho_w \cdot [1 + 0,01 \cdot (1 - K_0) \cdot (12 - W)], \quad (6.2)$$

где ρ_{12} – средняя плотность древесины при стандартной влажности 12 %, кг/м³;
 ρ_w – средняя плотность испытываемого образца при определении равновесной влажности, кг/м³;

K_0 – поправочный коэффициент, $K_0 = 2,5$;

W – равновесная влажность древесины, определяемая по номограмме на рисунке 6.1.

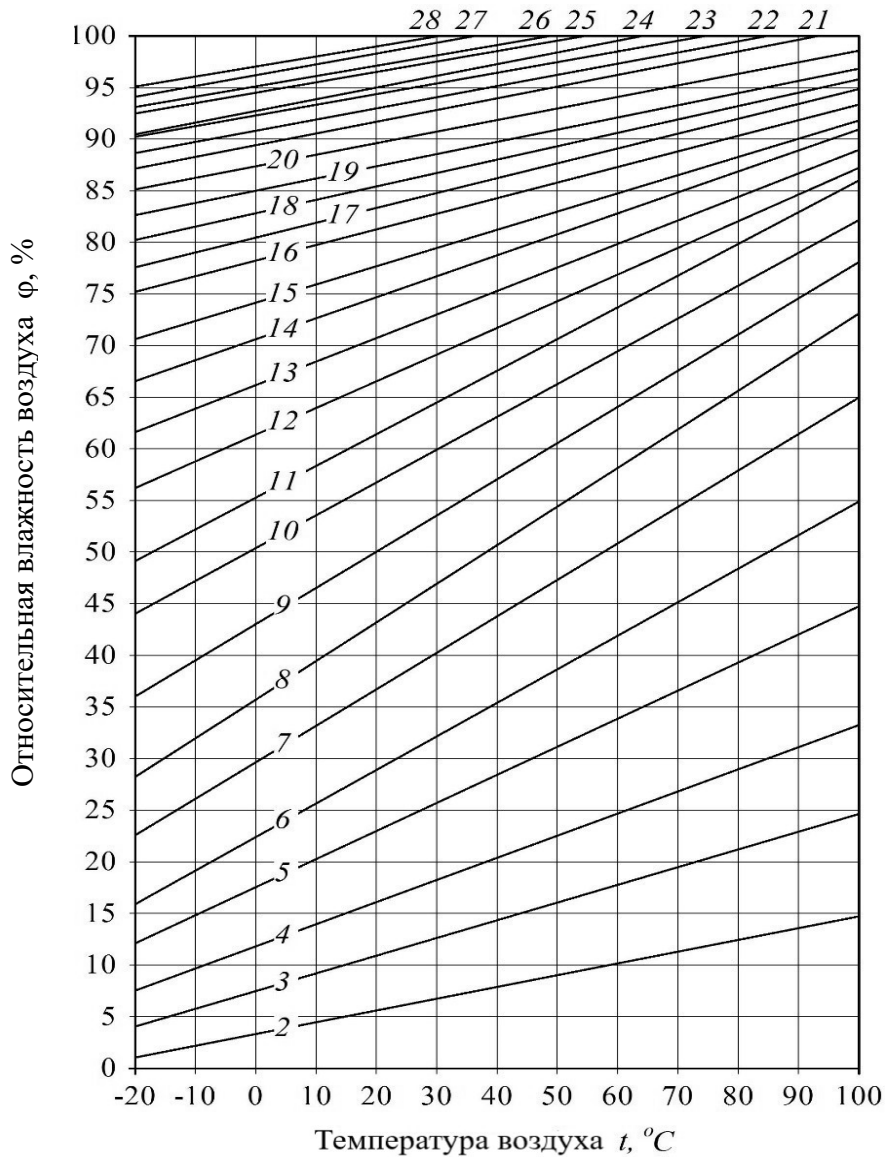


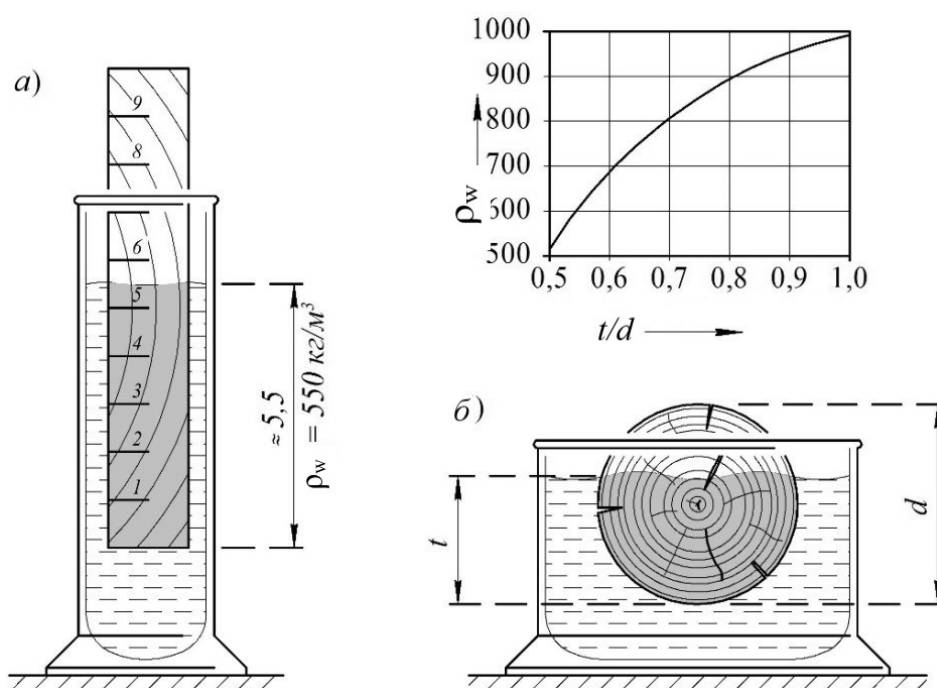
Рисунок 6.1 – Номограмма равновесной влажности древесины (диаграмма Чулицкого для древесины влажностью 2 %...28 %)

Определение средней плотности в полевых условиях.

На строительной площадке при отсутствии приборов и оборудования среднюю плотность древесины можно ориентировочно определить по погружению в воду образца стержня или диска.

В первом случае на плоскость образца прямоугольного сечения длиной не менее 12 см при помощи линейки наносят через сантиметр десять делений. Подготовленный образец-стержень подвешивают на нити и погружают в цилиндр с водой. По уровню свободного погружения образца определяют его среднюю плотность. Испытания проводят по схеме на рисунке 6.2, а.

Во втором случае используют образец-диск диаметром 5...10 см толщиной 3...6 см. Диск крепят на нити и погружают в цилиндр с водой по схеме на рисунке 6.2, б. Замеряют диаметр диска d , глубину погружения t с точностью до 0,1 см. Рассчитывают отношение t/d и по графику определяют среднюю плотность древесины.



а – схема погружения образца-стержня; б – схема погружения образца-диска, график определения средней плотности

Рисунок 6.2 – Схемы к определению средней плотности древесины в полевых условиях

Определение прочности древесины расчетными способами.

По содержанию поздней древесины. На поперечном срезе ствола изучают годовичные кольца, каждое из которых состоит из слоя ранней древесины (весна-лето), светлоокрашенной, пористой, малопрочной и недолговечной, и слоя поздней древесины (лето-осень), темного за счет насыщения смолой, плотного, прочного и водостойкого. Чем больше содержится поздней древесины, тем она плотнее и прочнее. Для этого на торцевом срезе нанести линию, перпендикулярную годовым кольцам, на ней выбрать отрезок не менее 20 мм, на котором измерить с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм ширину δ_n поздней древесины (темные участки) в каждом годовичном слое (рисунок 6.3).

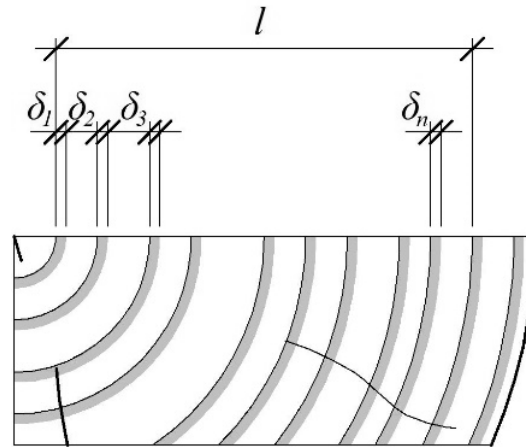


Рисунок 6.3 – Схема измерения содержания поздней древесины

Прочность древесины R_{12} , МПа, при стандартной влажности 12 % приближенно рассчитывается по формуле

$$R_{12} = A \cdot m + B, \quad (6.3)$$

где A, B – эмпирические коэффициенты, принимаемые по таблице 6.1;
 m – процентное содержание поздней древесины, %.

$$m = \frac{(\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n) \cdot 100 \%}{l}, \quad (6.4)$$

где $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – ширина колец поздней древесины, мм;
 l – длина отрезка, $l = 20$ мм.

Таблица 6.1 – Эмпирические коэффициенты

Вид испытания	A		B	
	Лиственные породы	Хвойные породы	Лиственные породы	Хвойные породы
Сжатие вдоль волокон	0,3	0,6	30,0	30,0
Поперечный изгиб	0,7	1,4	47,5	56,0

По средней плотности древесины. Так как средняя плотность древесины при стандартной влажности 12 % характеризует ее пористость, а следовательно, и прочность, то по рассчитанной величине можно определить прочность по формуле

$$R_{12} = C \cdot \rho_{12} + D, \quad (6.5)$$

где C, D – эмпирические коэффициенты, принимаемые по таблице 6.1;
 ρ_{12} – средняя плотность древесины при стандартной влажности 12 %.

Таблица 6.2 – Эмпирические коэффициенты

Вид испытания	С		Д	
	Лиственные породы	Хвойные породы	Лиственные породы	Хвойные породы
Сжатие вдоль волокон	68	61	0	10
Поперечный изгиб	185	143	25	20

Определить равновесную влажность.

Метод 1. При помощи психрометра определяют влажность и температуру окружающего воздуха и по этим данным, используя номограмму на рисунке 6.1 (диаграмма Чулицкого), устанавливается равновесная влажность образцов. На номограмме находят значения температуры и влажности воздуха по соответствующим осям и точку с указанными координатами. По наклонным линиям находят ближайшее к найденной точке значение влажности древесины.

Метод 2. При помощи окрашенного ацетона пипеткой каплями наносят на поверхность и измеряют диаметр всех образовавшихся следов. По среднему значению диаметра (таблица 6.3) определяют влажность древесины.

Таблица 6.3 – Определение влажности древесины

Средний диаметр следа, мм	Влажность, %	Средний диаметр следа, мм	Влажность, %
12...13	10	21...22	30
14...15	15	22...23	35
16...19	20	23...24	40
19...20	25	24...26	50

Метод 3. При помощи влагометра древесины путем внедрения игл датчика в древесину и считывания показаний по шкале показаний прибора.

Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон.

В лабораторных условиях $R_{сж}$ определяют испытанием образцов размерами $20 \times 20 \times 30$ мм. Образец устанавливают торцевой поверхностью на плиту гидравлического пресса, зажимают его и равномерно подают нагрузку до разрушения. Предел прочности при сжатии вдоль волокон при данной влажности определяется по формуле

$$R_w = \frac{F}{a \cdot b}, \quad (6.6)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н (кН);

a, b – размеры поперечного сечения образца, м (мм).

Предел прочности при сжатии вдоль волокон пересчитывают на стандартную влажность 12 % по формулам:

– для образцов с влажностью меньше предела гигроскопичности ($W < 30 \%$)

$$R_{12} = R_w \cdot [1 + \alpha \cdot (W - 12)]; \quad (6.7)$$

– для образцов с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности ($W \geq 30 \%$),

$$R_{12} = \frac{R_w}{K_{12}^{30}}, \quad (6.8)$$

где R_w – предел прочности при сжатии вдоль волокон при данной влажности, Па (МПа);

W – влажность образца в момент испытания, %;

α – поправочный коэффициент, равный 0,04 на 1 % влажности;

K_{12}^{30} – коэффициент пересчета при влажности $\geq 30 \%$, равный 0,4 для березы и лиственницы, для ели и осины – 0,445, для сосны и бука – 0,45, для дуба, липы – 0,55.

Определение предела прочности при статическом изгибе.

Изготавливают образцы в форме бруска сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм. Нагрузка прилагается по схеме (рисунок 6.4).

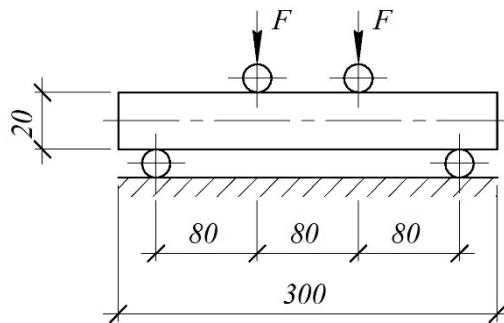


Рисунок 6.4 – Схема статического изгиба деревянных брусков

Предел прочности при статическом изгибе при данной влажности образца вычисляют по формуле

$$R_w = \frac{l \cdot F_{\max}}{b \cdot h^2}, \quad (6.9)$$

где l – расстояние между опорами, м (мм);

F_{\max} – разрушающая нагрузка, Н (кН);

b, h – ширина и высота образца, м (мм).

Предел прочности образцов пересчитывают при $W < 30 \%$ на влажность 12 % по формуле (6.7), а если $W \geq 30 \%$, – по формуле

$$R_{12} = R_w \cdot k, \quad (6.10)$$

Таблица 6.5 – Результаты испытаний

Влажность образца	Предел прочности, МПа											
	при сжатии						при изгибе					
	сосны			березы			сосны			березы		
	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>R_{ср}</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>R_{ср}</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>R_{ср}</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>R_{ср}</i>
Высушенный до постоянной массы, $W = 0 \%$												
С равновесной влажностью, $W = \%$												
С гигроскопической влажностью, $W = 30 \%$												
Полностью насыщенный водой, $W > 30 \%$												

Контрольные вопросы

- 1 Положительные свойства древесины.
- 2 Недостатки древесины как строительного материала.
- 3 В каких сечениях изучается макростроение дерева?
- 4 Микростроение древесины.
- 5 Пороки древесины.
- 6 Как определить среднюю плотность древесины?
- 7 Виды влаги, содержащиеся в древесине.
- 8 От каких факторов зависит предел прочности древесины при сжатии?
- 9 Формулы по определению прочности древесины.
- 10 Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон и при статическом изгибе.
- 11 Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон при стандартной влажности 12 %.
- 12 Коэффициент конструктивного качества, предел прочности на сжатие и изгиб.
- 13 Применение древесины в строительстве.

Список литературы

- 1 Современные материалы для строительства, ремонта и содержания искусственных сооружений на автомобильных дорогах: учебно-методическое пособие / Под общ. ред. Я. Н. Ковалева, Г. П. Пастушкова. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2016. – 456 с.: ил.
- 2 **Леонович, И. И.** Дорожно-строительные материалы: асфальтобетон: учебное пособие / И. И. Леонович, В. Н. Чубуков, Н. А. Шевчук. – Гомель: БелГУТ, 2008. – 216 с.
- 3 **Основин, В. Н.** Строительные материалы и изделия: учебное пособие / В. Н. Основин, Л. В. Шуляков. – 2-е изд. – Минск: Вышэйшая школа, 2009. – 224 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, 2013. – 256 с.
- 6 Строительные материалы. Лабораторный практикум : учебно-методическое пособие / Под ред. Я. Н. Ковалева. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2013. – 633 с.
- 7 **Ковалев, Я. Н.** Дорожно-строительные материалы и изделия: учебно-методическое пособие / Я. Н. Ковалев, С. Е. Кравченко, В. К. Шумчик. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2013. – 630 с.
- 8 Дорожно-строительные материалы и изделия: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» дневной и заочной форм обучения / Сост. Т. С. Латун. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. – Ч. 1. – 46 с.