

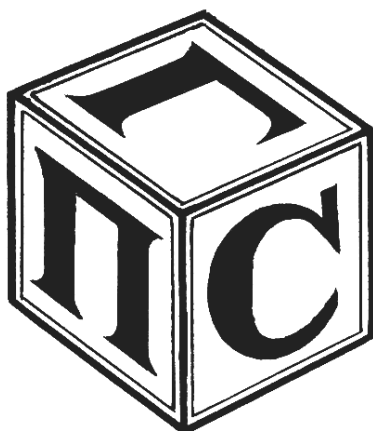
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 6-05-0732-02
«Экспертиза и управление недвижимостью»
дневной и заочной форм обучения*

Часть 1



Могилев 2024

УДК 691
ББК 38.6
С86

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»
«24» мая 2024 г., протокол № 11

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 1

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 № 1. Определение основных физико-механических характеристик материалов и изделий.....	5
2 Лабораторная работа № 2. Определение показателей качества крупного и мелкого заполнителей для цемента- и асфальтобетонов	9
3 Лабораторная работа № 3. Испытание древесины.....	17
Список литературы.....	24
Приложение А.....	25

Введение

Методические рекомендации к лабораторным работам составлены в соответствии с учебной программой подготовки студентов специальности 6-05-0732-02 «Экспертиза и управление недвижимостью» 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.

По каждой лабораторной работе оформляется отчет. После выполнения лабораторной работы в полном объеме происходит защита лабораторной работы. К зачету допускаются студенты, выполнившие и защитившие все лабораторные работы.

1 Лабораторная работа № 1. Определение основных физико-механических характеристик материалов и изделий

Цель работы: исследование основных характеристик плотных и сыпучих материалов; построение графиков зависимостей средней плотности и водопоглощения материалов от их пористости.

Используемые приборы и оборудование: лабораторные весы; пикнометры; гидростатические весы; воронка ЛОВ; мерные металлические цилиндры; емкость для кипячения образцов; штангенциркуль; сито № 02; сушильный шкаф; линейка; набор сит; прибор КЗМ-4Ц; электроплита.

Порядок выполнения работы

1 Определение средней плотности (объемной массы) материалов.

Средняя плотность ρ_0 , г/см³, – масса единицы объема материалов в естественном состоянии (вместе с порами и пустотами).

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \quad (1.1)$$

где m – масса материалов, кг (г);

V – объем материалов, м³ (см³).

Среднюю плотность рыхлых материалов (песка, щебня, гравия, керамзитового гравия), определяемую без вычета пустот между частицами, называют *насыпной плотностью*.

2 Определение средней плотности образцов правильной формы.

Средняя плотность образцов правильной формы определяется путем непосредственного замера и вычисления его геометрического объема с последующим его взвешиванием.

Для более точных результатов необходимо измерять каждую грань образца в трех местах. За окончательный размер каждой грани принимают среднее арифметическое трех измерений. Обмер должен производиться с точностью до 0,1 мм, как показано на рисунке 1.1.

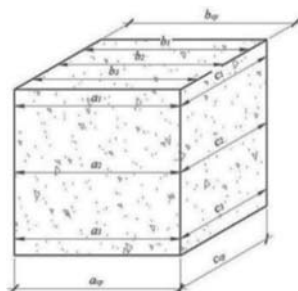


Рисунок 1.1 – Измерение образца кубической формы

Для образцов, имеющих форму куба или параллелепипеда, среднюю плотность можно определить по формуле

$$\rho_0 = \frac{m}{a_{cp} \cdot b_{cp} \cdot c_{cp}}, \quad (1.2)$$

где m – масса материалов, кг (г);

a_{cp}, b_{cp}, c_{cp} – средние значения граней, м (см).

3 Определение средней плотности образцов неправильной формы.

При исследовании образцов неправильной формы сложно определить их объем. Для этого используют метод *гидростатического взвешивания* (основанный на вытеснении образцом из сосуда жидкости).

Для определения объема образца неправильной формы предварительно взвешенный высушенный образец покрывают тонким слоем расплавленного парафина с целью гидроизоляции открытых пор, проникновение воды в которые может повлиять на достоверность полученных результатов.

После парафинирования производят взвешивание образца сначала на воздухе, подвесив его на нити к крюку гидротехнических весов, а затем в воде, исключая соприкосновение с воздухом, стенками и дном емкости. Расчет средней плотности проводят в следующей последовательности:

– рассчитывают объем парафина $V_{n\phi}$, затраченного на покрытие образца, по формуле

$$V_{n\phi} = \frac{m_1 - m}{\rho_{n\phi}}, \quad (1.3)$$

где m_1 – масса образца, покрытого парафином, взвешенного на воздухе, кг (г);

m – масса высушенного образца, кг (г);

$\rho_{n\phi}$ – плотность парафина, $\rho_{n\phi} = 0,93 \text{ г/см}^3$ или $\rho_{n\phi} = 930 \text{ кг/м}^3$;

– рассчитывают объем образца $V_{o.n\phi}$, покрытого парафином, по формуле

$$V_{o.n\phi} = \frac{m_1 - m}{\rho_{\phi}}, \quad (1.4)$$

где m_1 – масса образца, покрытого парафином, взвешенного на воздухе, кг (г);

m_2 – масса образца, покрытого парафином, взвешенного в воде, кг (г);

ρ_{ϕ} – плотность парафина, $\rho_{\phi} = 1 \text{ г/см}^3$ или $\rho_{\phi} = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Таким образом, средняя плотность образцов неправильной формы определяется по формуле

$$\rho_0 = \frac{m}{V_{o.n\phi} - V_{n\phi}}. \quad (1.5)$$

4 Определение средней «насыпной» плотности сыпучих материалов.

Насыпная плотность рыхлого материала (песка) определяется с помощью мерного цилиндра и стандартной воронки ЛОВ. Высушенный до постоянной массы песок насыпают через воронку ЛОВ с высоты 10 см в предварительно взвешенный мерный цилиндр емкостью 1 л до образования над верхом цилиндра конуса. Последний снимают вровень с краями сосуда (без уплотнения), после чего цилиндр с песком взвешивают. Насыпную плотность сыпучих материалов ρ_0 или ρ_n вычисляют по формуле

$$\rho_0 = \frac{m_{\text{полн}} - m_{\text{пуст}}}{V}, \quad (1.6)$$

где $m_{\text{полн}}$ – масса цилиндра, заполненного материалом, кг (г);

$m_{\text{пуст}}$ – масса цилиндра, кг (г);

V – объем цилиндра, см³ (м³).

Объем цилиндра выбирают в зависимости от размера зерен: до 5 мм – 1...2 л; от 5 до 10 мм – 5 л; от 10 до 20 мм – 10 л; от 20 до 40 мм – 20 л; св. 40 мм – 50 л.

5 Определение истинной плотности материалов.

Истинная плотность ρ_u – масса единицы объема материала в максимально уплотненном состоянии (без пор), которую определяют по формуле

$$\rho_u = \frac{m}{V_a}, \quad (1.7)$$

где m – масса материалов, кг (г);

V_a – объем материала в абсолютно плотном состоянии, м³ (см³).

Истинную плотность измельченного материала определяют *пикнометрическим методом*. Навеску материала массой 10 г. Всыпают в пикнометр, наполовину заполняют его водой. Содержимое кипятят в течение 10 мин. Затем пикнометр охлаждают до 18 °С...20 °С и заполняют до метки водой. Пикнометр с навеской и водой взвешивают. После этого из пикнометра удаляют содержимое, прополаскивают, заполняют до метки водой и повторно взвешивают. При определении плотности используют формулу

$$\rho_u = \frac{m \cdot \rho_{\text{вод}}}{(m + m_2 - m_1)}, \quad (1.8)$$

где m – масса навески материала, кг (г);

$\rho_{\text{вод}}$ – плотность воды, $\rho_{\text{вод}} = 1 \text{ г/см}^3$ или $\rho_{\text{вод}} = 1000 \text{ кг/м}^3$;

m_1 – масса пикнометра с материалом и водой, налитой до отметки, кг (г);

m_2 – масса пикнометра с водой, налитой до отметки, кг (г).

6 Определение истинной плотности образцов неправильной формы.

Значение истинной плотности образцов неправильной формы (гранитного

щебня) принимают по таблице А.1.

7 Определение пористости.

Пористость Π – степень заполнения объема материала порами. Промежутки между зернами рыхлого насыпного материала (песка, щебня) называются *пустотами*, их содержание в единице объема называется *пустотностью*.

Пористость (пустотность) рассчитывается на основании ранее установленных значений средней и истинной плотности по формуле

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_u} \right) \cdot 100 \%, \quad (1.9)$$

где ρ_0 – средняя плотность материала, г/см³ (кг/м³);

ρ_u – истинная плотность материала, г/см³ (кг/м³).

Открытая или *капиллярная* пористость определяется как водопоглощение по объему материалов.

8 Определение водопоглощения.

Водопоглощение материала – способность материала впитывать воду и удерживать ее. Она характеризуется отношением массы впитанной воды к массе сухого материала (водопоглощение по массе B_m) или объема впитанной воды к объему образца (водопоглощение по объему B_V) и определяется кипячением образцов, высушенных до постоянной массы m_1 в воде в течение 1 ч. Затем образцы вытирают влажной тканью и взвешивают, получая m_2 .

Показатели водопоглощения определяют по формулам:

$$B_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \%, \quad (1.10)$$

где m_1 – масса сухого образца, г (кг);

m_2 – масса водонасыщенного образца, г (кг);

$$B_V = \frac{m_2 - m_1}{V} \cdot 100 \% = B_m \cdot \rho_0, \quad (1.11)$$

где V – объем сухого материала, г (кг);

ρ_0 – средняя плотность материала, г/см³ (кг/м³).

Из формул (1.10) и (1.11) видно, что среднюю плотность можно выразить отношением водопоглощения по объему к водопоглощению по массе:

$$\rho_0 = \frac{B_V}{B_m}. \quad (1.12)$$

Результаты выполнения работы

Данные всех опытов занести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты испытаний

Наименование показателей	Единица измерения	Материал			
		Кирпич	Гранит	Песок	Керамзит
Истинная плотность	г/см ³				
Средняя плотность	г/см ³				
Общая пористость	%				
Водопоглощение по массе	%			—	
Водопоглощение по объему	%			—	

По результатам опытов и расчетов необходимо:

- построить графики зависимости средней плотности и водопоглощения по объему от общей пористости;
- сделать вывод о качестве исследуемых материалов.

Контрольные вопросы

- 1 Классификация свойств (группы свойств).
- 2 Перечислить общезфизические свойства.
- 3 Перечислить теплофизические свойства.
- 4 Перечислить гидрофизические свойства.
- 5 Что такое морозостойкость?
- 6 Какие свойства являются основными и определяют область применения материала?

2 Лабораторная работа № 2. Определение показателей качества крупного и мелкого заполнителей для цемента- и асфальтобетонов

Цель работы: исследование свойств песка и щебня как заполнителя для цемента- и асфальтобетонов.

Используемые приборы и оборудование: пикнометр вместимостью 100 мл; технические весы; гидростатические весы; мерные сосуды; воронка ЛОВ; сушильный шкаф; набор сит; электроплита; цилиндр со стальным плунжером; пресс.

Порядок выполнения работы

1 Определение влажности песка и щебня.

Пробу влажного песка и щебня массой по 1 кг высыпают на противни и разравнивают. Затем ставят в духовой шкаф и высушивают до постоянной массы материала. После этого взвешивают материал в сухом состоянии и вычисляют влажность песка в процентах по формуле

$$W = \frac{m_{\text{вл}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100 \%, \quad (2.1)$$

где $m_{\text{вл}}$ – масса пробы влажного песка (принимается 1000 г), г;

$m_{\text{сух}}$ – масса пробы высушенного песка, г.

2 Определение зернового состава и модуля крупности песка.

Зерновой состав определяют путем рассева песка на стандартном наборе сит. Аналитическую пробу песка массой не менее 2000 г высушивают до постоянной массы. Высушенную до постоянной массы пробу песка просеивают через сита с отверстиями диаметрами 10 и 5 мм.

Определение частного остатка. Из части пробы песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм отбирают навеску массой не менее 1000 г для определения зернового состава песка.

Подготовленную навеску песка просеивают через набор сит с сетками № 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16.

Просеивание производят механическим или ручным способами. Продолжительность просеивания должна быть такой, чтобы при контрольном интенсивном ручном встряхивании каждого сита в течение 1 мин через него проходило не более 0,1 % общей массы просеиваемой навески.

При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания, интенсивно встряхивая каждое сито над листом бумаги. Просеивание считают законченным, если при этом практически не наблюдается падения зерен песка.

Частный остаток на каждом сите a_i , %, определяется по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100 \%, \quad (2.2)$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г;

m – масса просеиваемой навески, г.

Определение полного остатка. Полный остаток на каждом сите в процентах находится по формуле

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (2.3)$$

где $a_{2,5}$, $a_{1,25}$, ..., a_i – частные остатки на соответствующих ситах.

Определение модуля крупности песка. Модуль крупности песка M_k без зерен размером крупнее 5 мм вычисляется по формуле

$$M_{\kappa} = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}, \quad (2.4)$$

где $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, ..., A_i – полные остатки на сите с круглыми отверстиями диаметрами 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм, %.

По полученному значению модуля крупности устанавливают, к какой группе по зерновому составу можно отнести испытываемый песок согласно таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Классификация песков по зерновому составу (ГОСТ 8736–93)

Группа песка	Модуль крупности M_{κ}
Очень крупный	Св. 3,5
Повышенной крупности	Св. 3,0 до 3,5
Крупный	Св. 2,5 до 3,0
Средний	Св. 2,0 до 2,5
Мелкий	Св. 1,5 до 2,0
Очень мелкий	Св. 1,0 до 1,5
Тонкий	Св. 0,7 до 1,0
Очень тонкий	До 0,7

3 Определение зернового состава нефракционированного щебня (гравия).

Зерновой состав щебня (гравия) определяют путем отсева пробы массой 5 кг, на стандартном наборе сит в порядке возрастания размеров отверстий 1,25; 2,5; 5; 10; 20; 40 мм.

Пробу просеивают ручным или механическим способом через сита с отверстиями указанных выше размеров, собранные последовательно в колонку, начиная снизу с сита с отверстиями наименьшего размера, при этом толщина слоя щебня (гравия) на каждом из сит не должна превышать наибольшего размера зерен щебня (гравия).

Продолжительность просеивания должна быть такой, чтобы при контрольном интенсивном ручном встряхивании каждого сита в течение 1 мин через него проходило не более 0,1 % общей массы просеиваемой пробы. При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания следующим способом: каждое сито интенсивно трясут над листом бумаги. Просеивание считают законченным, если при этом не наблюдается падение зерен щебня (гравия).

По результатам просеивания определяют частный остаток на каждом сите a_i , %, по формуле

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100\%, \quad (2.5)$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г;

m – масса пробы, г.

Далее определяют полные остатки на каждом сите в процентах массы

пробы, равные сумме частных остатков на данном сите, и всех ситах с большими размерами отверстий.

Полный остаток на каждом сите A_i , %, рассчитывают по формуле

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (2.6)$$

где $a_{2,5}$, $a_{1,25}$, ..., a_i – частные остатки на соответствующих ситах.

После определения полного остатка на ситах необходимо рассчитать полный просев на каждом сите соответственно:

$$П = 100 - A_i. \quad (2.7)$$

Результаты просева заносят в таблицу.

4 *Определение содержания пылевидных и глинистых частиц в заполнителе.*

Существует несколько методов для определения содержания пылевидных и глинистых частиц. Данными способами пользуются при проверке песка на соответствие требованиям ГОСТа:

- фотоэлектрический метод;
- метод отмучивания;
- пипеточный метод;
- метод мокрого просеивания.

При выполнении лабораторной работы предлагается наличие очевидных, глинистых и илистых частиц определить фотоэлектрическим методом.

Фотоэлектрический метод.

Навеску песка (щебня) массой 1 кг помещают в сосуд и заливают 5 л воды температурой (20 ± 5) °С. Залитый водой заполнитель перемешивают в течение 2 мин или оставляют для размокания пылевидных или глинистых частиц на 40 мин. Через 30 с после перемешивания необходимо отобрать пробу полученной суспензии пипеткой, входящей в комплект прибора КЗМ-4Ц. Содержимое пипетки вылить в кювету. Задвинуть до упора кюветодержатель в фотоэлектрический узел прибора. Нажать кнопку измерения и дождаться появления результата на жидкокристаллическом индикаторе. Отбор пробы суспензии повторить, перемешивая суспензию в течение 10 с перед отбором пробы. Содержание пылевидных и глинистых частиц в песке $П$, % по массе, определяют по формуле

$$П = K \cdot П_{cp}, \quad (2.8)$$

где K – переводной коэффициент, $K = 1,15$;

$П_{cp}$ – среднеарифметическое значение фотоэлектрических измерений для двух проб.

Перед каждым измерением необходимо производить калибровку на чистой воде.

5 Определение наличия органических примесей.

Наличие органических примесей (гумусовых веществ) определяют сравнением краски щелочного раствора над пробой песка с окраской эталона. При этом применяют раствор натрия гидроокись (натрий гидроксид 3 %) по ГОСТ 4328. Данный способ получил название *колориметрический*.

Заполнителем заполняют мерный цилиндр до уровня 130 мл и заливают его 3-процентным раствором гидроксида натрия до уровня 200 мл. Содержимое цилиндра перемешивают и оставляют на 24 ч, повторив перемешивание через 4 ч после первого перемешивания. Затем сравнивают окраску жидкости, отстоявшейся над пробой, с цветом эталонного раствора или стеклом, цвет которого идентичен цвету эталонного раствора.

Заполнитель пригоден для использования в бетонах или растворах, если жидкость над пробой бесцветна или окрашена значительно слабее эталонного раствора.

6 Определение дробимости щебня (гравия) при сжатии в цилиндре.

Дробимостью называется свойство природных и искусственных каменных материалов делиться на части различных размеров и форм.

Дробимость щебня (гравия) определяют по степени разрушения зерен при сжатии (раздавливании) в цилиндре.

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или более смежных фракций, исходный материал рассеивают на стандартные фракции и каждую фракцию испытывают отдельно. Фракции щебня (гравия) от 5 до 10, свыше 10 до 20 или от 20 до 40 мм просеивают через два сита с отверстиями, соответствующими наибольшей $D_{\text{наиб}}$ и наименьшей $D_{\text{наим}}$ крупности испытываемой фракции. От остатков на сите с отверстиями размером, равным $D_{\text{наим}}$, отбирают пробу.

Пробу щебня (гравия) насыпают в цилиндр с высоты 50 мм так, чтобы после выравнивания верхний уровень материала примерно на 15 мм не доходил до верхнего края цилиндра. Затем в цилиндр вставляют плунжер так, чтобы плита плунжера была на уровне верхнего края цилиндра. Если верх плиты на плунжере не совпадает с краем цилиндра, то удаляют или добавляют несколько зерен щебня (гравия) (рисунок 2.1), после этого цилиндр помещают на нижнюю плиту пресса.

Повышая давление пресса (1...2 кН/с), доводят нагрузку до 200 кН при испытании в цилиндре диаметром 150 мм и до 50 кН в цилиндре диаметром 75 мм. После сжатия пробы материала высыпают из цилиндра, взвешивают и просеивают через контрольное сито (таблица 2.2).

Остаток щебня (гравия) на контрольном сите после просеивания взвешивают.

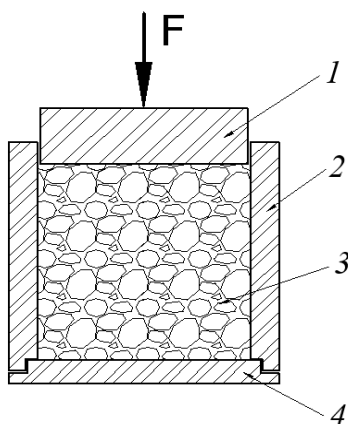
Показатель дробимости щебня (гравия) определяют с точностью до 1 % по формуле

$$D = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \%, \quad (2.9)$$

где m – масса щебня (гравия), кг (г);

m_1 – масса щебня (гравия) на контрольном сите, кг (г).

По показателю дробимости устанавливают марку щебня по его прочности в соответствии с данными таблицы 2.3.



1 – плунжер; 2 – цилиндр; 3 – щебень; 4 – съемное днище

Рисунок 2.1 – Схема прибора для определения дробимости щебня (гравия)

Таблица 2.2 – Размер отверстий сита в зависимости от крупности исследуемой фракции щебня (гравия)

Размер фракции, мм	Размер отверстий сита, мм
5...10	1,25
10...20	2,5
20...40	5,0

Таблица 2.3 – К определению марки щебня в зависимости от потерь массы пробы материала при его сжатии в цилиндре

Марка щебня по прочности	Потеря массы, %, при сжатии материала	
	сухого	водонасыщенного
<i>Осадочные и метаморфические породы</i>		
1200	До 11	До 11
1000	11...13	11...13
800	13...15	13...15
600	15...19	15...20
400	19...24	20...28
300	24...28	28...38
200	28...35	38...54
<i>Изверженные породы</i>		
1400	До 12	До 9
1200	12...16	9...11
1000	16...20	11...13
800	20...25	13...15
600	25...34	15...20

7 Определение содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы.

При наличии в щебне пластинчатых и игловатых зерен снижается долговечность дорожных бетонов (особенно на органических вяжущих), т. к. при уплотнении катками происходит разрушение этих зерен.

Пластинчатыми считают зерна, у которых один размер меньше двух других более чем в 3 раза.

Игловатыми называют зерна, у которых один размер больше двух других более чем в 3 раза. Для выявления в щебне зерен пластинчатой и игловатой формы используют *метод визуальной разборки*.

Содержание в щебне (гравии) зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы оценивают количеством зерен, толщина которых менее длины в 3 раза и более. Содержание зерен пластинчатой (лещадной) или игловатой формы определяют отдельно для каждой фракции щебня (гравия), нефракционированный щебень необходимо разделить на фракции с помощью стандартного набора сит.

Пробу взвешивают, рассыпают на столе и визуально отбирают указанные зерна. После визуального отбора взвешивают зерна пластинчатой и игловатой формы.

Содержание в каждой фракции щебня (гравия) зерен пластинчатой и игловатой форм вычисляют в процентах по формуле

$$И = \frac{m_1}{m} \cdot 100 \%, \quad (2.10)$$

где m_1 – масса зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, г;

m – масса всей пробы, г.

Содержание указанных зерен в пробе щебня определяют как среднее арифметическое результатов определений для каждой фракции. В зависимости от содержания зерен пластинчатой и игловатой форм щебень подразделяют на:

– щебень с кубовидной формой зерен при содержании последних до 15 % по массе;

– улучшенный – содержание зерен до 25 %;

– обычный – пластинчатых и игловатых зерен до 35 %.

Результаты выполнения работы

Данные всех опытов занести в таблицы 2.4–2.6.

По результатам опытов и расчетов необходимо:

– построить графики зависимости средней плотности и водопоглощения по объему от общей пористости;

– сделать вывод о качестве исследуемых материалов.

Таблица 2.4 – Результаты просева песка

Остаток на ситах	Размер отверстий сит, мм					Прошло через сито № 0,16, %
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частные						
Полные						
Просев						

Таблица 2.5 – Результаты определения зернового состава щебня (гравия)

Остаток на ситах	Размер отверстий сит, мм				
	40	20	10	5	2,5
Масса остатка					
Частный остаток					
Полный остаток					
Полный просев					

Таблица 2.6 – Результаты испытаний

Наименование показателей	Единица измерения	Материал	
		Гранит	Песок
Влажность W	%		
Модуль крупности	—	—	
Дробимость D	%		—
Количество пылевидных глинистых частиц	%		
Наличие органических примесей	%		
Содержание пластинчатых и игольчатых зерен I	%		—

Контрольные вопросы

- 1 Какой заполнитель называют мелким?
- 2 Какую долю в объеме бетонов занимает заполнитель? какую мелкий заполнитель?
- 3 Основные требования, предъявляемые к качеству песка для приготовления цемента- и асфальтобетонов.
- 4 Примеси в песке, отрицательно влияющие на качество бетонов.
- 5 Как определить наличие в песке органических примесей?
- 6 Как определить наличие в песке пылевидных, глинистых и илистых частиц?
- 7 Какими показателями характеризуется зерновой состав песка?
- 8 Что такое полный и частный остатки?
- 9 Что такое модуль крупности песка?
- 10 Какой заполнитель называют крупным?

- 11 Какую долю в объеме бетонов занимает заполнитель? какую крупный заполнитель?
- 12 Как влияет количество крупного заполнителя на расход воды в бетоне?
- 13 Как определить наличие в щебне органических примесей?
- 14 Как определить наличие в щебне пылевидных, глинистых и илистых частиц?
- 15 Что называют дробимостью?

3 Лабораторная работа № 3. Испытание древесины

Цель работы: изучение макростроения древесины; экспериментальное определение средней плотности древесины и 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 формы $20 \times 20 \times 30$ мм, по формуле

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

где m – масса материалов, кг (г);

V – объем материалов, м^3 (см^3).

Полученный результат привести к стандартной влажности 12 % по формуле

$$\rho_{12} = \rho_w \cdot [1 + 0,01 \cdot (1 - K_0) \cdot (12 - W)], \quad (3.2)$$

где ρ_{12} – средняя плотность древесины при стандартной влажности 12 %, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_w – средняя плотность испытываемого образца при определении равновесной влажности, $\text{кг}/\text{м}^3$;

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

W – равновесная влажность древесины, определяемая по номограмме на рисунке 3.1.

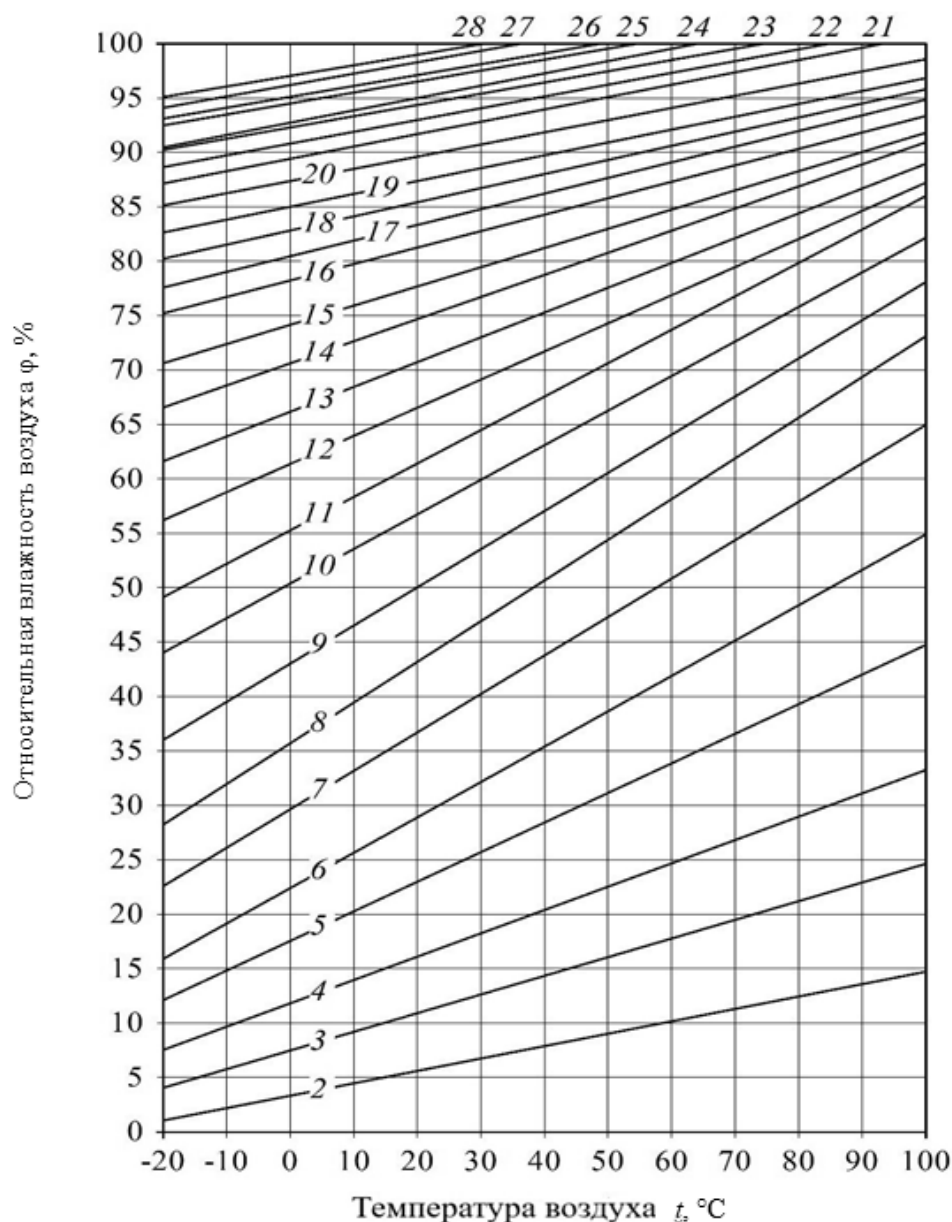


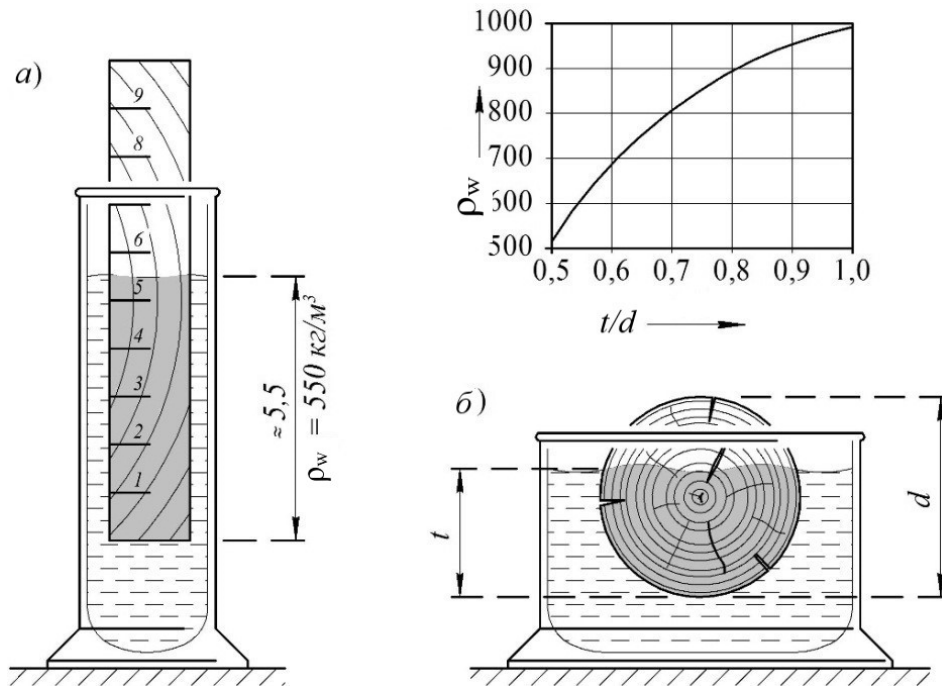
Рисунок 3.1 – Номограмма равновесной влажности древесины (диаграмма Чулицкого для древесины влажностью 2 %...28 %)

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 3.2, 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 3.2, 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 и график определения средней плотности

Рисунок 3.2 – 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, малопроочной 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 3.3).

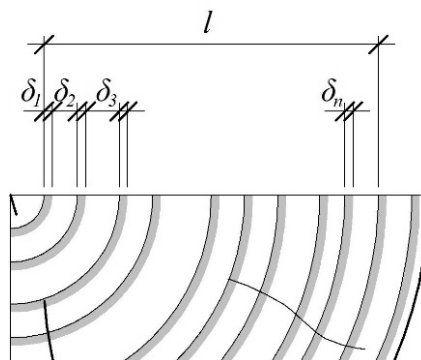


Рисунок 3.3 – Схема измерения содержания поздней древесины

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

$$R_{12} = A \cdot m + B, \quad (3.3)$$

где A, B – эмпирические коэффициенты, принимаемые по таблице 3.1;
 m – процентное содержание поздней древесины, %.

$$m = \frac{(\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n) \cdot 100 \%}{l}, \quad (3.4)$$

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

Таблица 3.1 – 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

$$R_{12} = C \cdot \rho_{12} + D, \quad (3.5)$$

где C, D – эмпирические коэффициенты, принимаемые по таблице 3.2;
 ρ_{12} – средняя плотность древесины при стандартной влажности 12 %, определенная по формуле (3.2), г/см³.

Таблица 3.2 – Эмпирические коэффициенты

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

Определение равновесной влажности.

Метод 1. При помощи психрометра определяют влажность и температуру окружающего воздуха и по этим данным, используя номограмму на рисунке 3.1 (диаграмма Чулицкого), устанавливается равновесная влажность образцов. На

номограмме находят значение 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 влагомера древесины определяют влажность древесины путем внедрения игл датчика в древесину и считывания показаний по шкале 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 R_w рассчитывается по формуле

$$R_w = \frac{F}{a \cdot b}, \quad (3.6)$$

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 ($W < 30$ %):

$$R_{12} = R_w \cdot [1 + \alpha \cdot (W - 12)]; \quad (3.7)$$

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

$$R_{12} = \frac{R_w}{K_{12}^{30}}, \quad (3.8)$$

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 ≥ 30 % для березы и лиственницы $K = 0,4$, для ели и осины $K = 0,445$, для сосны и бука $K = 0,45$, для дуба, липы $K = 0,55$.

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 на рисунке 3.4.

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

$$R_w = \frac{l \cdot F_{\max}}{b \cdot h^2}, \quad (3.9)$$

где l – расстояние между опорами, м (мм);
 $F_{\max}$ – разрушающая нагрузка, Н (кН);
 b, h – ширина и высота образца, м (мм).

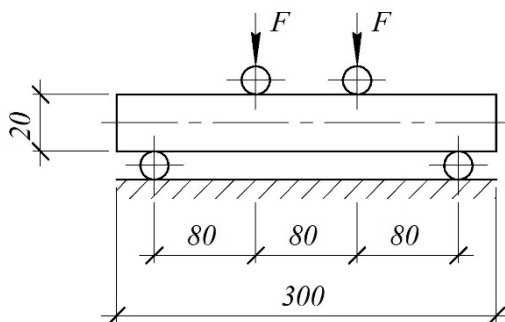


Рисунок 3.4 – Схема статического изгиба деревянных брусков

Предел прочности образцов пересчитывают при $W < 30$ % на влажность 12 % по формуле (3.7). Если $W \geq 30$ % – по формуле

$$R_{12} = R_w \cdot k, \quad (3.10)$$

где k – коэффициент пересчета, $k = 1,5$ для клена; $k = 1,62$ для вяза, дуба, липы, ольхи, ясеня; $k = 1,72$ для бука, ивы, сосны, пихты, тополя; $k = 1,83$ для березы, ели, лиственницы, ореха.

Определение коэффициента конструктивного качества.

Для оценки прочностной эффективности материала используют коэффициент конструктивного качества (KKK). Наиболее эффективными являются материалы, имеющие наименьшую среднюю плотность и наиболее высокую прочность. Рассчитать KKK можно по формуле

$$KKK = \frac{R_{сж}}{\rho_{ср}}, \quad (3.11)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности при сжатии, кг·с/см²;
 $\rho_{ср}$ – средняя плотность, кг/м³.

Результаты выполнения работы

На основании данных таблицы 3.3:

- построить график и сделать вывод о зависимости предела прочности при сжатии вдоль волокон и при изгибе от влажности древесины;
- определить графически прочность древесины на сжатие и изгиб, если

влажность образца составляет 25 %;
– сформулировать выводы.

Таблица 3.3 – Результаты испытаний

Физическое свойство			Механическое свойство				
Средняя плотность			Предел прочности при сжатии, МПа		Предел прочности при изгибе, МПа		ККК, кгс/см ²
в лабораторных условиях	по погружению стержня	по погружению диска	по содержанию поздней древесины	по средней плотности	по содержанию поздней древесины	по средней плотности	расчет

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 при стандартной влажности 12 %.
- 11 Коэффициент конструктивного качества, предел прочности на сжатие и изгиб.
- 12 Применение древесины в строительстве.

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 для вузов / И. А. Рыбьев. – 3-е изд., стер. – Москва: Высшая школа, 2008. – 241 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.**

Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Основные физические свойства строительных материалов

Материал или изделие	Истинная плотность, г/см ³	Средняя плотность, г/см ³	Теплопроводность, Вт/(м·°С)
Бетон:			
особо тяжелый	2,8	2,6	1,3...1,6
тяжелый	2,6	2,2...2,6	0,9...1,3
облегченный	2,6	1,8...2,2	0,6...1,0
легкий	2,6	0,5...1,8	0,2...0,4
особо легкий	2,6	0,5	0,16...0,4
Гипс и гипсовые изделия	2,7	0,7...1,3	0,2...0,38
Железобетон:			
тяжелый	—	2,4...2,5	0,95...1,4
легкий	—	1,3...1,9	0,4...0,7
Известняки:			
тяжелый	2,6	1,6...2,1	0,45...0,86
ракушечники	2,7	1,1...1,6	0,25...0,5
Кирпич глиняный:			
обыкновенный	2,7	1,6...1,9	0,4...0,58
пустотелый	2,7	1,3...1,45	0,34...0,38
пористый	2,7	0,7...1,4	0,14...0,32
Кирпич:			
силикатный	2,6	1,8...2,0	0,57...0,8
шлаковый	2,6	1,2...1,5	0,28...0,36
трепельный	2,7	0,5...0,7	0,1...0,15
Минеральная вата	2,8	0,1...0,15	0,06...0,08
Минераловатные маты	2,8	0,1...0,2	0,04...0,05
Пенобетон и газобетон	2,8	0,4...1,0	0,1...0,3
Пеносиликат	2,8	0,4...1,0	0,11...0,25
Пеностекло	2,6	0,3...0,5	0,09...0,12
Перлит	—	0,1...0,25	0,045...0,06
Песчаник	2,6	1,8...2,4	0,7...1,4
Песок речной			
Растворы:			
известковые	2,8	1,5...1,6	0,5...0,55
известково-цементные	2,8	1,6...1,7	0,55...0,6
цементные	2,7	1,7...1,8	0,3...0,4
Стекло	2,6	2,5	0,65
Стекланная вата	2,7	0,1...0,2	0,035...0,04