

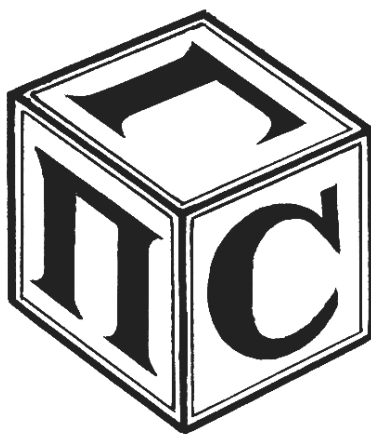
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

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

Часть 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
4 Лабораторная работа № 4. Исследование свойств и качества керамических материалов.....	23
5 Лабораторная работа № 5. Исследование свойств извести и силикатных изделий.....	30
6 Лабораторная работа № 6. Испытание портландцемента.....	33
Список литературы.....	39
Приложение А.....	40

Введение

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

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

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

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

1 Лабораторная работа № 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.

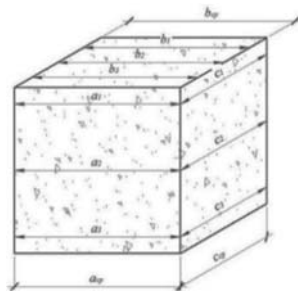


Рисунок 1.1 – Измерение образца кубической формы

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 $V_{nф}$, затраченного на покрытие образца, по формуле

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

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

m – масса высушенного образца, кг (г);

$\rho_{nф}$ – плотность парафина, $\rho_{nф} = 0,93$ г/см³ или $\rho_{nф} = 930$ кг/м³;

– рассчитывают объем образца $V_{o.nф}$, покрытого парафином, по формуле

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

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

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

ρ_{ϵ} – плотность парафина, $\rho_{\epsilon} = 1$ г/см³ или $\rho_{\epsilon} = 1000$ кг/м³.

Таким образом, средняя плотность образцов неправильной формы определяется по формуле

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

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 (принимаям 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:

$$P = 100 - A_i. \quad (2.7)$$

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 P , % по массе, определяют по формуле

$$P = K \cdot P_{cp}, \quad (2.8)$$

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

P_{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 $D_{наиб}$ и наименьшей $D_{наим}$ крупности испытываемой фракции. От остатков на сите с отверстиями размером, равным $D_{наим}$, 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.

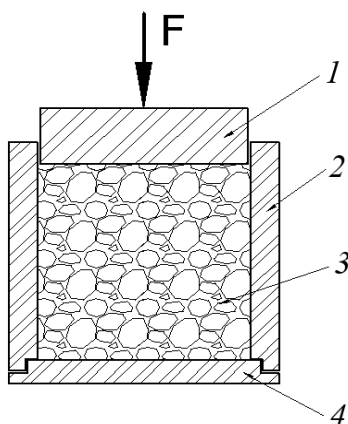
Показатель дробимости щебня (гравия) определяют с точностью до 1 % по формуле

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

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.

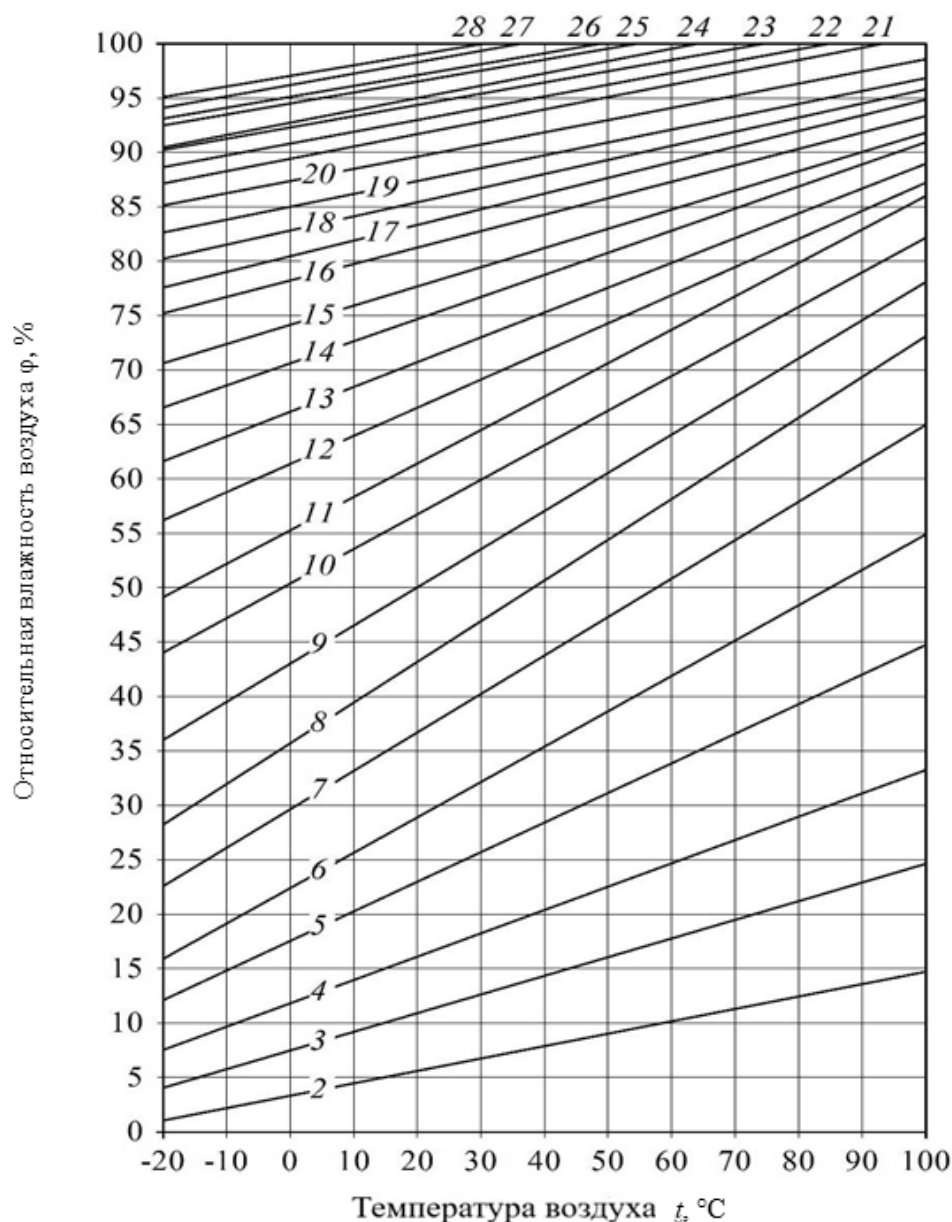


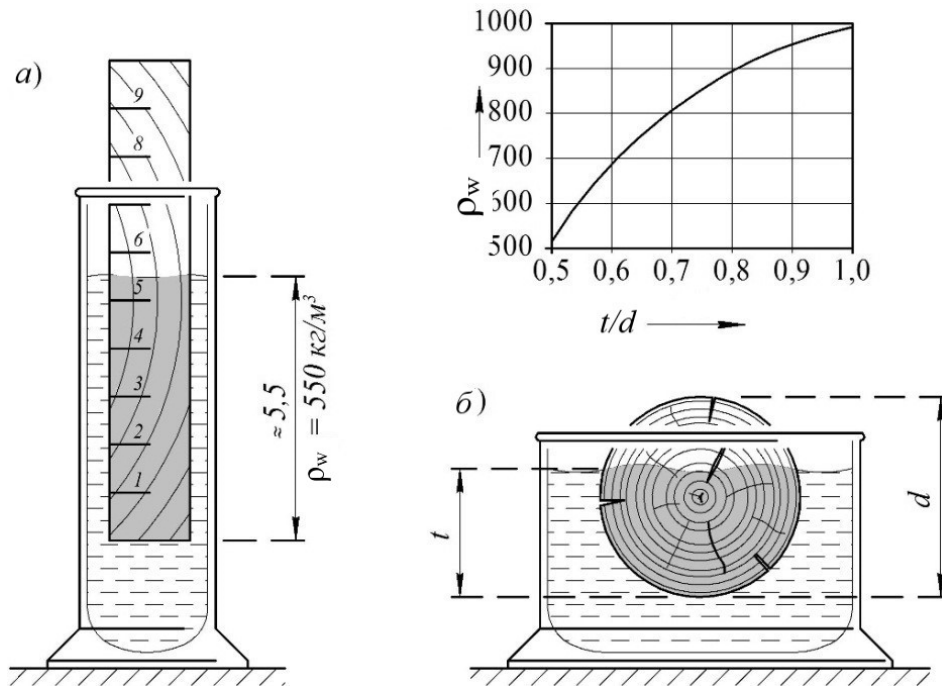
Рисунок 3.1 – Номограмма равновесной влажности древесины (диаграмма Чулицкого для древесины влажностью 2 %...28 %)

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, 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 3.3).

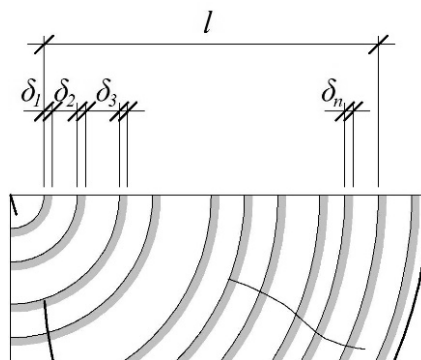


Рисунок 3.3 – Схема измерения содержания поздней древесины

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).

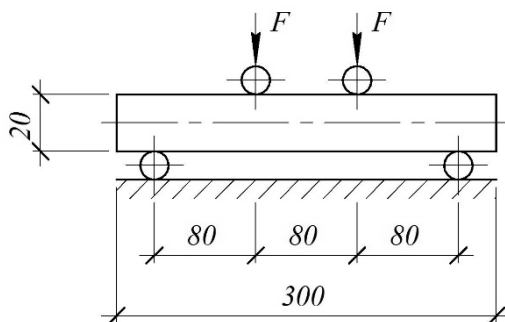


Рисунок 3.4 – Схема статического изгиба деревянных брусков

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.

4 Лабораторная работа № 4. Исследование свойств и качества керамических материалов

Цель работы: изучение основных физических и механических свойств различных по плотности керамических изделий.

Используемые приборы и оборудование: лабораторные весы; сосуд для кипячения кирпича и плиток; технический войлок; пресс гидравлический; круг истирания; стальная линейка; угольник.

Порядок выполнения работы

1 Определение свойств кирпича глиняного обыкновенного.

Кирпич глиняный обыкновенный (СТБ 1160–99) представляет собой искусственный камень, получаемый из глины с добавками или без них, путем формовки сушки и обжига, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда с прямыми ребрами и углами и плоскими гранями.

Кирпич изготавливается одинарным размером $250 \times 120 \times 65$ мм и утолщенный $250 \times 120 \times 88$ мм. Модульный кирпич с технологическими пустотами выполняется размером $288 \times 138 \times 65$ мм. Кирпич можно изготавливать сплошным или пустотелым, а камни только пустотелыми.

Марку камня и профильных изделий по прочности устанавливают по значению предела прочности при сжатии, а кирпича – по значению пределов прочности при сжатии и изгибе, указанных в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Марка кирпича по прочности

Марка изделия	Предел прочности, МПа, не менее							
	при сжатии		при изгибе					
	средний для пяти образцов	наименьший для отдельного образца	средний для пяти образцов	наименьший для отдельного образца	средний для пяти образцов	наименьший для отдельного образца	средний для пяти образцов	наименьший для отдельного образца
300	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7	2,9	1,5
250	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5	2,5	1,3
200	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3	2,3	1,1
175	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1	2,1	1,0
150	15,0	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0	1,8	0,9
125	12,5	10,0	2,5	1,2	1,9	0,9	1,6	0,8
100	10,0	7,5	2,2	1,1	1,6	0,8	1,4	0,7
75	7,5	5,0	1,8	0,9	1,4	0,7	1,2	0,6

Правильность формы кирпича, допускаемые отклонения от установленных размеров и другие дефекты, регламентированные стандартом, приводятся в таблице 4.2.

Оценка качества кирпича при внешнем осмотре.

Для внешнего осмотра отбирают 5 шт. изделий. При сравнении с эталоном (нормально обожженное изделие) устанавливают равномерность и качество обжига в контрольном кирпиче. На недожог указывает более светлый, чем у эталона, алый цвет кирпича, глухой звук при ударе молотком. Пережженный кирпич отличается бурой, темно-фиолетовой или черной окраской, ярко выраженным искривлением ребер и граней, характеризуется оплавлением и вспучиванием. Не допускаются дутики (известковые включения), вызывающие

разрушение кирпича.

Таблица 4.2 – Виды дефектов керамических изделий

Вид дефекта	Число, шт.
Для рядовых изделий. Отбитости углов и ребер глубиной более 5 мм и длиной от 10 до 15 мм	2
Трещины протяженностью до 30 мм по плашку полнотелого кирпича и пустотных изделий, не более чем до первого ряда пустот, длиной на всю толщину кирпича или на ½ толщины тычковой или ложковой грани камня: на ложковых гранях на тычковых гранях	1 1
Для лицевых и профильных изделий. Отбитости углов и ребер глубиной более 5 мм и длиной от 5 до 15 мм	3
Трещины протяженностью до 30 мм по плашку полнотелого кирпича и пустотелых изделий, не более чем до первого ряда пустот, длиной на всю толщину кирпича или на ½ толщины тычковой или ложковой грани камня: на одной лицевой ложковой грани на одной лицевой тычковой грани	Не допускается Не допускается
Отдельные трещины длиной до 30 мм на 1 дм ² лицевой поверхности	2
Заусенцы высотой более 5 мм	Не допускается

Размеры кирпича, длину трещин, отбитости или притупленности углов и ребер измеряют с точностью до 1 мм металлической линейкой. Искривление поверхностей и ребер определяют с той же точностью при помощи линейки и угольника.

Определение плотности кирпича и его водопоглощения.

Плотность ρ , г/см³, определяют по ранее изученной методике, используя формулу

$$\rho_0 = \frac{m}{a_{cp} \cdot b_{cp} \cdot c_{cp}}, \quad (4.1)$$

где m – масса материалов, кг (г);

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

Водопоглощение кирпича можно определить способом кипячения. Высушенный до постоянной массы в сушильном шкафу и взвешенный образец погружают в металлическую емкость с водой на 0,9 высоты образца. Через 24 ч воду в емкости вместе с образцом кипятят в течение 2 ч, поддерживая постоянный уровень воды (доливая её), и образцы оставляют в воде еще 24 ч. В процессе кипячения воздух, заключенный в порах материала, расширяясь от нагревания, удаляется. Затем образцы вынимают из емкости, обтирают влажной тканью и взвешивают. По результатам взвешиваний водопоглощение B_m , %,

вычисляют по формуле

$$B_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \%, \quad (4.2)$$

где m_1 – масса сухого образца, г;

m_2 – масса водонасыщенного образца, г.

Определение марки кирпича.

Марка кирпича устанавливается на основании пределов прочности его при сжатии и изгибе в соответствии с требованиями стандарта. Предел прочности при сжатии определяется на образцах, состоящих из двух целых изделий или из двух его половинок. Допускается определять предел прочности при сжатии на половинках кирпича, полученных после испытания его на изгиб.

Испытание образцов на изгиб. Образец устанавливают на двух опорах прессы. Нагрузку прикладывают в середине пролета и равномерно распределяют по ширине образца согласно рисунку 4.1. Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно со скоростью, обеспечивающей его разрушение через 20...60 с после начала испытаний.

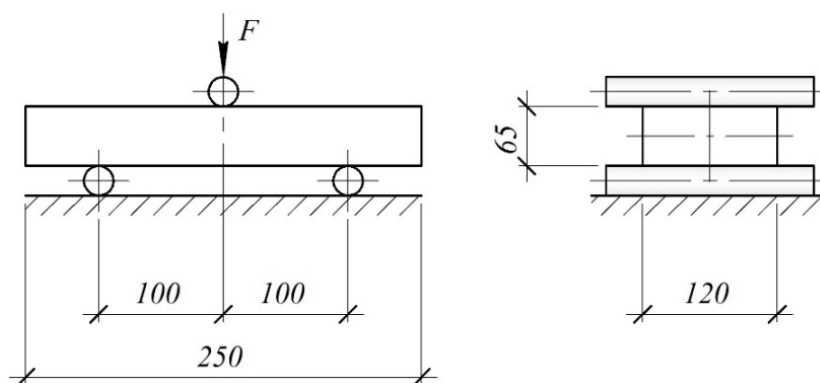


Рисунок 4.1 – Схема испытания образца кирпича на изгиб

Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа, образца вычисляют по формуле

$$R_{изг} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}, \quad (4.3)$$

где F – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН (кгс);

l – расстояние между осями опор, $l = 20$ см;

b – ширина образца, $b = 12$ см;

h – высота образца посередине пролета без выравнивающего слоя, $h = 6,5$ см.

Испытание образцов на сжатие. Кирпичи или его половинки укладывают постелями друг на друга. Половинки размещают поверхностями раздела в противоположные стороны. Образцы из керамического кирпича полусухого прессования испытываются насухо, не производя выравнивания их поверхностей. При испытании на сжатие на боковые поверхности образца наносят

вертикальные осевые линии. Образец устанавливают в центре плиты пресса, совмещая оси образца и плиты, и прижимают верхней плитой пресса (рисунок 4.2). Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью, обеспечивающей его разрушение, через 20...60 с после начала испытания.

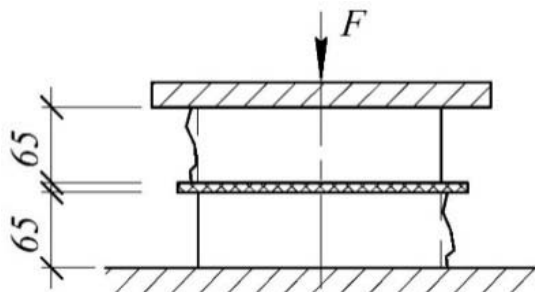


Рисунок 4.2 – Схема испытания образца кирпича на сжатие

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

$$R_{сж} = \frac{F}{A}, \quad (4.4)$$

где F – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, МН (кгс);

A – площадь поперечного сечения образца, вычисляемая как среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней его поверхностей, m^2 (cm^2).

Допускается изготавливать образцы, выравнивая их опорные поверхности шлифованием, гипсовым раствором или применяя резиновый пластик, прокладки из технического войлока, картона и других материалов. Предел прочности при сжатии находят с погрешностью до 0,1 МПа, при изгибе – до 0,05 МПа, в обоих случаях – как среднее арифметическое результатов испытания пяти образцов. При определении марки кирпича учитываются также минимальные результаты испытаний.

Полученные результаты сравнивают с СТБ 1160–99 и устанавливают марку кирпича. При этом учитывают степень обжига кирпича, наличие дефектов, соответствие линейных размеров по СТБ.

Определение свойств плиток керамических для пола.

В соответствии с ГОСТ 6787–2001 плитки производят: квадратные, прямоугольные, треугольные, шестигранные, четырехгранные (половинки шестигранных). Форма и размеры плиток должны соответствовать требованиям стандарта.

Допускаемые отклонения от размеров плиток не должны превышать: по длине ± 1 мм, по толщине $\pm 0,5$ мм.

По виду лицевой поверхности плитки могут быть гладкие, шероховатые и тисненные, по цвету – одноцветные и многоцветные.

Плитки должны иметь правильную форму, четкие углы и грани, без выпуклостей, трещин, выбоин, без зазубрин и щербин на кромках лицевой поверхности. Боковые грани на квадратных и прямоугольных плитках должны составлять прямой угол с плоскостями плиток.

Водопоглощение плиток для пола не должно превышать 4 %.

Кроме прочности и сопротивления истиранию, напольная плитка должна обладать противоскользящими характеристиками. Такая плитка имеет большую толщину, чем настенная, и повышенную прочность.

Показатели внешнего вида плиток керамических для полов.

Внешним осмотром определяем тип плиток (по их форме). С помощью металлической линейки определяют размеры, угольником – правильность прямых углов.

Искривление плиток (выпуклость, вогнутость) определяют с помощью металлической линейки.

Результаты осмотра сравнивают с нормативными показателями.

Определение плотности и водопоглощения для половых плиток.

Для определения водопоглощения по массе пять образцов плиток размером не менее 3×5 см промывают в воде и просушивают до постоянной массы при $t = 105\text{ }^{\circ}\text{C} \dots 110\text{ }^{\circ}\text{C}$. Охлажденные образцы взвешивают m_1 , г, и кипятят в течение 1 ч в дистиллированной воде, после чего промывают в проточной воде на протяжении 20 мин. Затем их вынимают из воды, вытирают влажным полотенцем и вновь взвешивают m_2 .

Водопоглощение одного образца, выраженное в процентах, определяют по формуле (4.2). Водопоглощение испытанных образцов определяют как среднее арифметическое из пяти полученных результатов.

Определение истирания для половых плиток.

Для определения потери массы плитки при истирании отбирают образцы 50×50 мм, которые предварительно взвешивают с точностью до 0,1 г и устанавливают в ячейки держателя на металлический диск (круг истирания). При вращении диска, на котором равномерно подается песок из расчета 20 г на 30 м пути, происходит истирание поверхностей образцов, т. е. потеря их массы. Скорость вращения круга истирания не должна превышать 35 об/мин, общая длина пути, пройденная истирающим диском при его вращении должна составить 150 м, что соответствует 110 оборотам диска.

Нагрузка на образцы должна составлять 600 г/см^2 .

Истирание I , г/см^2 , одной плитки определяют по формуле

$$I = \frac{(m_1 - m_2)}{A}, \quad (4.5)$$

где m_1 – масса образца до истирания, г;

m_2 – масса образца после истирания, г;

A – площадь истирания, см^2 .

Истирание партии плитки определяют как среднее арифметическое из пяти полученных результатов.

Полученные данные сравнивают с требованиями ГОСТ 27180–2001, согласно которому потеря в массе при истирании не должна превышать $0,08\text{ г/см}^2$.

Прочность керамзитового гравия.

Определяют при сдавливании зерен в стальном цилиндре с внутренним диаметром, равным высоте. Цилиндр заполняют керамзитом до краев, закрывают пуансоном и помещают на нижнюю плиту пресса. Сдавливает наполнитель при помощи пресса до погружения пуансона в цилиндр на 20 мм, в этот момент отмечают показания стрелки манометра.

Прочность наполнителя при сдавливании в цилиндре $R_{сж}$, МПа (кг/см²), вычисляют по формуле

$$R_{сж} = \frac{F}{A}, \quad (4.6)$$

где F – усилие сдавливания, Н (кгс);

A – площадь поперечного сечения цилиндра, мм² (см²).

По результатам испытаний керамзита, используя таблицу 4.3, определяют марку гравия по прочности.

Таблица 4.3 – Марки керамзитового гравия по прочности в зависимости от прочности при сдавливании в цилиндре

Прочность гравия при сдавливании в цилиндре, МПа	Марка гравия по прочности
0,5...0,7	П25
0,7...1,0	П35
1,0...1,5	П50
1,5...2,0	П75
2,0...2,5	П100
2,5...3,3	П125
3,3...4,5	П150
4,5...5,5	П200
5,5...6,5	П250
6,5...8,0	П300

Результаты выполнения работы

Данные всех опытов занести в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Результаты испытаний

Наименование показателей	Единица измерения	Кирпич	Плитка для пола	Керамзит
Средняя плотность	г/см ³			
Водопоглощение по массе	%			
Истираемость	г/см ²	—		—
Предел прочности при сжатии	МПа		—	
Предел прочности при изгибе	МПа		—	—
Соответствие СТБ и ГОСТ	(+/-)			

Необходимо:

- определить марку испытанных изделий;
- сделать выводы по лабораторной работе.

Контрольные вопросы

- 1 Какие материалы и изделия называются керамическими?
- 2 Классификация керамических материалов и изделий по плотности и назначению.
- 3 Сырьевые материалы для производства керамических материалов и изделий.
- 4 Схема технологии керамических изделий.
- 5 Чем отличается способ пластического формования от способа полусухого прессования? Каковы свойства полученных материалов?
- 6 Физико-химическая сущность спекания керамических материалов.
- 7 Как определить марку кирпича по прочности?
- 8 Какие показатели входят в условные обозначения керамических материалов?
- 9 Размеры керамических изделий (кирпича, камней).

5 Лабораторная работа № 5. Исследование свойств извести и силикатных изделий

Цель работы: определение тонкости помола извести, содержания активных CaO и MgO, а также физико-механических свойств силикатного кирпича.

Используемые приборы и оборудование: весы; сита № 0,2 и 0,08; коническая колба емкостью 250 мл; плита; линейки.

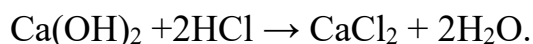
Порядок выполнения работы

Определение тонкости помола.

100 г высушенной порошкообразной извести-кипелки просеять через сита № 0,2 и 0,08. Просеивание считают законченным, если в течение 1 мин проходит не более 0,1 г извести. Остаток на сите в граммах по отношению к общей пробе, выраженной в процентах, характеризует тонкость помола.

Определение активности извести.

Суммарное содержание в извести активных CaO + MgO определяют титрованием прогидратированной в воде навески извести раствором соляной кислоты:



Окончание реакции нейтрализации фиксируется при помощи индикатора на щелочные растворы фенолфталеина по изменению (обеспечиванию) малиновой окраски раствора.

Для этого из пробы извести, прошедшей через сито № 0,2, взять навеску в 1 г и поместить ее в коническую колбу. Добавить туда 150 мл дистиллированной воды и несколько стеклянных бус, поставить на плиту и нагреть в течение 5...7 мин, не доводя до кипения. Затем раствор охладить до комнатной температуры 20 °С...30 °С, добавить 2...3 капли 1-процентного спиртового раствора фенолфталеина и титровать при постоянном взбалтывании раствором соляной кислоты до обесцвечивания.

Активность извести, т. е суммарное содержанием активных оксидов, можно рассчитать по формуле

$$A = \frac{V \cdot T}{m} 100 \%, \quad (5.1)$$

где T – количество окиси кальция, соответствующее 1 мл нормального раствора соляной кислоты, $T = 0,2804$;

V – объем раствора однонормального соляной кислоты, пошедшей на титрование, мл;

m – масса навески, извести, г.

Определение свойств силикатных изделий.

Определение средней плотности кирпича силикатного и газосиликатного блока.

Средняя плотность образцов правильной формы (кирпича и газосиликатного блока) определяется путем непосредственного замера и определения его геометрического объема с последующим его взвешиванием.

Для более точных результатов измерять необходимо 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.

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

$$\rho_0 = \frac{m}{a_{cp} \cdot b_{cp} \cdot c_{cp}}, \quad (5.2)$$

где m – масса материалов, кг (г);

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

Определение водопоглощения силикатных изделий.

Водопоглощением материала называют 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 рассчитывают по формулам:

$$B_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \%, \quad (5.3)$$

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

m_2 – масса водонасыщенного образца, г (кг);

$$B_V = \frac{m_2 - m_1}{V} \cdot 100 \% = B_m \cdot \rho_0, \quad (5.4)$$

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

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

Из формул (5.3) и (5.4) видно, что среднюю плотность можно выразить отношением водопоглощения по объему к водопоглощению по массе:

$$\rho_0 = \frac{B_V}{B_m}. \quad (5.5)$$

Результаты выполнения работы

Данные всех опытов занести в таблицу 5.1.

По результатам опытов и расчетов необходимо:

- построить графики зависимости скорости гашения извести от тонкости помола и водоизвесткового отношения;
- сделать вывод о способах интенсификации процесса гидратации минеральных вяжущих веществ;
- дать заключение о качестве извести в соответствии с требованиями СТБ ЕН 459-1–2007.

Таблица 5.1 – Результаты проведения экспериментов

Наименование изделия	Средняя плотность, г/см ³	Водопоглощение, %		Остаток на сите, %		Активность A , % (CaO + MgO)
		по массе	по объему	№ 0,2	№ 0,08	
Кирпич силикатный						
Газосиликатный блок						

Контрольные вопросы

1 Сырье для получения воздушной строительной извести. Уравнение реакции получения, содержание глинистых примесей в сырье, температура тепловой обработки.

2 Сырье для получения гидравлической извести. Количество глинистых примесей. Температура обжига.

3 Уравнение гидратации и карбонизации.

4 Что такое гидравлический модуль? Классификация извести по гидравлическому модулю.

5 Что такое известь-пушенка? Что такое известь-кипелка?

6 Что такое активность извести?

7 Какое содержание оксидов магния в кальциевой, магнезиальной и доломитовой извести?

8 Что принимается за скорость гашения и классификация по скорости гашения?

9 Область применения извести.

6 Лабораторная работа № 6. Испытание портландцемента

Цель работы: оценка качества исследуемого цемента по основным показателям.

Используемые приборы и оборудование: мерная посуда; совок; линейки; стеклянные пластинки; прибор «Вика» с пестиком и иглой; сферическая чаша; лопатка; постоянный магнит; весы; сито № 0,08; разъемная форма-конус для определения НГЦР; металлическая штыковка; встряхивающий столик; гидравлический пресс; формы балочек 40 × 40 × 160 мм; камера влажностного и температурного режима.

Порядок выполнения работы

Определение насыпной плотности.

Насыпная плотность рыхлого материала определяется с помощью мерного цилиндра.

Цемент насыпают 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 взвешивают.

Насыпную плотность цемента вычисляют по формуле

$$\rho_{н.ц} = \frac{m_{пол} - m_{пуст}}{V}, \quad (6.1)$$

где $m_{пол}$ – масса цилиндра, наполненного цементом, г;

$m_{пуст}$ – масса пустого цилиндра, г;

V – объем цилиндра, см³, $V = 1 \text{ л} = 1000 \text{ см}^3$.

Определение нормальной густоты цементного теста.

Нормальную густоту цементного теста можно определить двумя способами: определение в полевых условиях и лабораторный способ определения.

Нормальная густота – это величина, численно равная количеству воды, рассчитанному в процентах от массы цемента. От нее зависит расход воды при изготовлении бетонной смеси заданной пластичности, а следовательно, и плот-

ность, прочность, морозостойкость затвердевшего бетона.

Способ 1. Определение нормальной густоты в полевых условиях.

Взять два граненых стакана 200 см³ каждый. В первый налить 75 см³ воды (чуть меньше половины стакана), а во второй насыпать до верха пробу испытываемого цемента, уплотняя его легким постукиванием о стол. Избыток цемента снять линейкой. Определить ориентировочно вес цемента в стакане:

$$m_{\text{ц}} = 200 \cdot \rho_{\text{н.ц}}, \quad (6.2)$$

где $\rho_{\text{н.ц}}$ – насыпная плотность цемента, г/см³.

Затем высыпают цемент в металлическую чашу и при непрерывном помешивании добавляют к нему воду. Из полученного теста необходимо скатать два шарика диаметром около 4 см каждый. Если при этом тесто не прилипает к рукам и в то же время шарики не разваливаются, то нормальная густота подобрана правильно.

Для подтверждения этого вывода шарики положить на стеклянные пластинки и легким постукиванием о стол заставить их «расплыться» в лепешку диаметром 7 см и высотой в середине около 1 см. Если для этого достаточно 10...20 встряхиваний, то нормальная густота подобрана правильно и определяется как

$$НГ_{\text{пол}} = \frac{75}{m_{\text{ц}}} 100 \%. \quad (6.3)$$

Если для растекания шариков понадобится менее 10 ударов, то количество воды уменьшают, повторив опыт заново, если больше 20 ударов – количество воды увеличивают.

Способ 2. Лабораторный способ определения нормальной густоты.

Испытания проводят согласно ГОСТ 310.3–76.

Нормальной густотой цементного теста считают такую его консистенцию, при которой пестик прибора Вика, погруженный в кольцо, заполненное тестом, за 30 с не доходит на 5...7 мм до пластинки, на которой установлено кольцо.

Для ручного приготовления цементного теста отвешивают 400 г цемента, высыпают в чашу, предварительно протертую влажной тканью. Затем делают в цементе углубление, в которое вливают в один прием воду в количестве, необходимом (ориентировочно) для получения цементного теста нормальной густоты.

Углубление засыпают цементом и через 30 с после добавления воды сначала осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой. Продолжительность перемешивания и растирания составляет 5 мин с момента добавления воды.

После окончания перемешивания кольцо быстро наполняют в один прием цементным тестом и 5–6 раз встряхивают его, постукивая пластинку о твердое основание. Поверхность теста выравнивают с краями кольца, срезая избыток теста ножом, протертым влажной тканью. Немедленно после этого приводят пестик прибора в соприкосновение с поверхностью теста в центре кольца и

закрепляют стержень стопорным устройством, затем быстро освобождают его и предоставляют пестик свободно погружаться в тесто. Через 30 с от момента освобождения стержня производят отсчет погружения по шкале.

При несоответствующей консистенции цементного теста изменяют количество воды и вновь затворяют тесто, добиваясь погружения пестика в кольцо заполненное тестом так, чтобы пестик прибора Вика не доходил на 5...7 мм до пластинки, на которой установлено кольцо.

После получения теста требуемой консистенции высчитывают нормальную густоту:

$$НГ_{\text{лаб}} = \frac{m_g}{m_{\text{ц}}} 100\%, \quad (6.4)$$

где m_g – масса воды, г, $m_g = V$;

$m_{\text{ц}}$ – масса цемента, г.

После проведения всех испытаний результаты необходимо занести в таблицу.

Определение качества цемента.

Качество цемента оценивают по следующим показателям: тонкость помола, сроки схватывания, равномерность изменения объема цемента, марка цемента.

Тонкость помола.

Тонкость помола определяется как остаток на сите с сеткой № 0,08 в процентах от первоначальной массы просеиваемой пробы.

Согласно СТБ ЕН 196-6–2000 тонкость помола цемента должна быть такой, чтобы при просеивании его через сито с сеткой № 0,08 проходило не менее 85 % пробы.

Сроки схватывания.

Сроком схватывания является время, по истечении которого игла прибора Вика проникает в цементное тесто нормальной густоты на определенную глубину. Сроки схватывания определяют согласно СТБ ЕН 196-3–2007.

Определение начала схватывания.

Кольцо прибора Вика заполняют цементным тестом нормальной густоты. Затем заполненное кольцо Вика помещают под прибор Вика, иглу осторожно опускают до соприкосновения с поверхностью цементного теста. Затем быстро отпускают движущиеся части так, чтобы игла входила в цементное тесто перпендикулярно. После прекращения погружения иглы в цементное тесто, но не позднее, чем через 30 с, по шкале считывают показание глубины погружения.

После каждого погружения иглу прибора Вика сразу же очищают.

Время от нулевого времени до момента, когда расстояние между иглой и пластиной-основанием составляет (6 ± 3) мм, считают временем начала схватывания цемента.

Определение конца схватывания.

Время с момента загрузки цементного теста (нулевое время) до момента, когда игла проникает в затвердевшее цементное тесто на 0,5 мм, называют концом схватывания.

Равномерность изменения объема.

Равномерность изменения объема цемента в процессе гидратации устанавливают 3-часовым кипячением в воде образцов лепешек, твердевших 24 ч во влажных условиях. Не выдержавшими испытание считаются те образцы, которые имеют на своей поверхности радиальные глубокие трещины или сетку мелких трещин. Основная причина неравномерного изменения объема – наличие в цементе свободных оксидов кальция и магния, которые гасятся увеличением объема в уже затвердевшем цементном камне.

Определение класса цемента.

Метод включает определение прочности на сжатие и, при необходимости, прочности на растяжение при изгибе призматических испытываемых образцов размерами 40 × 40 × 160 мм согласно СТБ ЕН 196-1–2007.

Испытываемые образцы изготавливаются из замеса раствора пластичной консистенции и состоят по массовым долям из одной части цемента и трех частей песка при водоцементном отношении 0,5.

Перед изготовлением образцов из цементно-песчаного раствора необходимо установить его нормальную консистенцию. Для этого тщательно перемешанную смесь, состоящую из 500 г цемента, 1500 г песка и 200 мл воды, укладывают в предварительно увлажненный конус, расположенный на встряхивающем столике, двумя слоями равной толщины. При этом каждый слой уплотняют металлической штыковкой: нижний – 15 раз; верхний – 10 раз. Излишек раствора срезают ножом, а форму медленно поднимают. Затем, вращая рукоятку столика (примерно 1 раз в 1 с), 30 раз встряхивают, конус при этом расплывается. С помощью линейки расплыв конуса замеряют по нижнему основанию в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Консистенцию раствора считают нормальной, если расплыв окажется равным 106...115 мм. Если расплыв отличается от указанного, количество воды соответственно изменяют.

Из полученного цементного раствора изготавливают три образца балочек и уплотняют в форме с помощью виброплощадки. Образцы хранят в форме во влажных условиях в течение 24 ч, после чего извлеченные из формы образцы выдерживают в воде до проведения испытаний по определению прочности.

После достижения испытываемыми образцами требуемого возраста их извлекают из воды и с помощью изгибающей нагрузки разламывают на две половины, проводя при этом испытания по определению прочности на растяжение при изгибе. Каждую половину испытываемых образцов подвергают испытаниям на прочность при сжатии.

Испытательная установка для определения прочности на растяжение при изгибе должна иметь изгибающее устройство, состоящее из двух стальных поддерживающих стержней (роликов) диаметром $(10,0 \pm 0,5)$ мм с расстоянием между ними $(100,0 \pm 0,5)$ мм и третьего нагружающего стального стержня (ролика) такого же диаметра, расположенного в центре между двумя другими роликами. Схема приложения нагрузки представлена на рисунке 6.1.

Класс цемента определяют при испытании образцов в возрасте 28 сут, но, используя логарифмическую зависимость, можно определить класс цемента и в более ранние сроки (7 сут):

$$R_{28} = \frac{R_n \cdot \lg 28}{\lg(n)}, \quad (6.5)$$

где n – время твердения образца, сут;

R_n – прочность образца в этом возрасте, МПа.

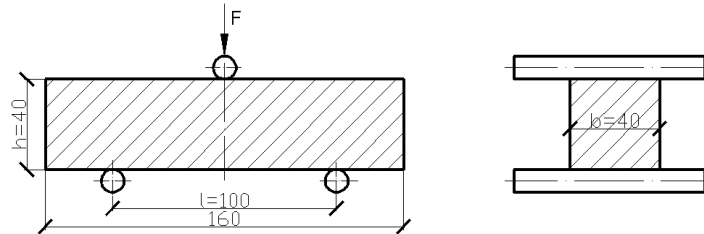


Рисунок 6.1 – Схема приложения нагрузки для определения предела прочности при изгибе

Для определения предела прочности при сжатии и изгибе в возрасте n суток используют следующие формулы:

$$R_{изг(n)} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2};$$

$$R_{сж(n)} = \frac{F}{A}, \quad (6.6)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н;

b, h – ширина и высота образца 40×40 мм, или 0,04 м;

l – расстояние между опорами 100 мм, или 0,1 м;

A – площадь пластин 25 см^2 , или $0,0025 \text{ м}^2$.

После определения прочности в возрасте n суток ее необходимо перевести по вышеприведенной формуле в возраст 28 сут. При этом необходимо учесть, что предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое двух наибольших результатов из трех испытываемых образцов. Предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое значение четырех наибольших результатов испытаний, проводившихся для шести образцов половинок балочек.

Испытательная схема для определения прочности на сжатие изображена на рисунке 6.2.

По таблице 6.1 сделать заключение о классе цемента.

Результаты выполнения работы

Данные всех опытов занести в таблицу 6.2.

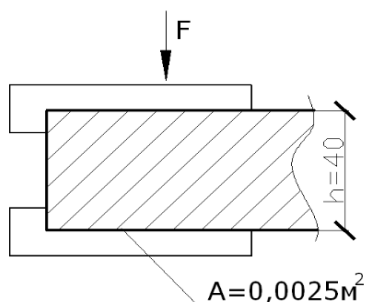


Рисунок 6.2 – Схема приложения нагрузки для определения предела прочности при сжатии

Таблица 6.1 – Предельные значения для единичных результатов испытаний

Свойство		Предельное значение единичных результатов					
		Класс прочности					
		32,5 N	32,5 R	42,5 N	42,5 R	52,5 N	52,5 R
Прочность в раннем возрасте, МПа (принимается нижнее предельное значение)	2 сут	–	8,0	8,0	18,0	18,0	28,0
	7 сут	14,0	–	–	–	–	–
Стандартная прочность, МПа (принимается нижнее предельное значение)	28 сут	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0
Начало схватывания, мин (принимается нижнее предельное значение)		60		50		40	
Равномерность изменения объема, мм (принимается верхнее предельное значение)		10					

Таблица 6.2 – Результаты проведения экспериментов

Нормальная густота, %	Насыпная плотность, г/см ³	Вид цемента	Марка цемента
$H_{Г\text{лаб}} =$ $H_{Г\text{пол}} =$	$\rho_{н.ц.} =$	**	***
Примечание – *** – марка цемента, установленная по таблице			

Контрольные вопросы

1 Сырье (соотношение между составляющими) и способы получения цемента. Температура обжига.

2 Что такое цемент и к какой группе вяжущих по способу твердения он относится?

3 Химический состав сырья.

4 Минералогический состав клинкера.

5 По каким показателям определяется тип цемента и оборудование, которое

для этого используется?

6 По каким показателям определяется качество цемента? Приборы и приспособления.

7 Как определить марку цемента? Какие бывают марки?

8 Разновидности цементов, их области применения и характерные признаки.

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 глинный:			
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