

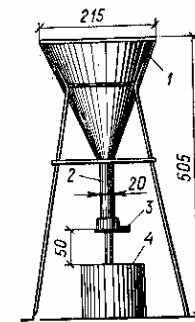
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К лабораторным работам по курсу
"Материалы конструкций подземных сооружений"

[для студентов специальностей: 7.090303
"Шахтное и подземное строительство",
7.070902 "Инженерная геодезия"]



ДОНЕЦК 2000

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К лабораторным работам по курсу
"Материалы конструкций подземных сооружений"
[для студентов специальностей: 7.090303
"Шахтное и подземное строительство",
7.070902 "Инженерная геодезия"]

Утверждены
на заседании кафедры
«Строительство шахт и
подземных сооружений»
Протокол №6
« 2 » декабря 1999 г.

Рекомендованы
к изданию комиссией
специальности 7.090303,
в количестве 100 экз.
Протокол № 24
« 2 » декабря 1999 г.

ДОНЕЦК 2000

УДК 691.620.1

Методические указания по лабораторным работам по курсу "Материалы конструкций подземных сооружений". Часть I. Сост.: **С.В.Борщевский, В.А.Бабичев, В.Ф.Формос, И.В.Купенко.** – Донецк : ДГТУ, 2000.– 24 с.

Изложена методика проведения лабораторных работ по испытанию основных строительных материалов, применяемых в подземном строительстве. Даны рекомендации по обработке экспериментальных данных и порядок оформления лабораторных работ.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения специальностей: 7.090303 "Шахтное и подземное строительство", 7.070902 "Инженерная геодезия".

Составители: **С.В.Борщевский ст. преп.,
В.А.Бабичев ст.преп.,
В.Ф.Формос доц.,
И.В.Купенко асс.**

Рецензент **С. В.Подкопаев, доц.**

Ответственный за выпуск **Н.Р.Шевцов, проф.**

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для строительства подземных сооружений и шахт используются большие количества различных строительных материалов, среди которых основными являются каменные, органические и неорганические вяжущие, цементные растворы и бетоны, металлы, пластмасса и древесина.

Инженер-шахтостроитель должен быть знаком с номенклатурой шахтостроительных материалов, их свойствами и рациональными областями применения, а также методами их лабораторного контроля, осуществляемого путем испытания образцов контролируемого материала в строительной лаборатории в соответствии с требованиями соответствующих Государственных стандартов (ГОСТ) и ДСТУ 3008-95.

Лабораторные работы написаны в соответствии с учебными планами и программами и подобраны так, чтобы время их выполнения не превышало двух часов.

Лабораторные работы проводят подгруппами, численностью до 10-15 учащихся. Для повышения самостоятельности в проведении испытаний подгруппы делят на бригады, при этом необходимо, чтобы каждый студент работал самостоятельно и активно.

К каждой работе имеется краткое теоретическое введение, которое при самостоятельной подготовке позволит лучше подготовиться к выполнению предложенной работы.

В конце каждой работы приведены контрольные вопросы, фиксирующие внимание студентов на наиболее важных моментах изучаемого материала.

Лабораторную работу выполняют после изучения соответствующих теоретических вопросов по предлагаемой литературе.

1. Попов Л.Н. Лабораторный практикум по предмету “Строительные материалы и детали”. – М.: Стройиздат, 1988. – 233 с.

2. Дворкин Л.И. Строительные материалы и изделия. – Практикум. Киев: Высш.шк., 1988. – 160с.

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ

Для успешного выполнения лабораторных работ каждый студент в лаборатории обязан содержать свое место в чистоте и порядке; работать в лаборатории только в халатах. Приступая к работе необходимо ознакомиться с устройством приборов и аппаратов, их принципом действия, знать методы безопасной работы при проведении испытаний. После окончания занятий студенты должны привести в порядок свое рабочее место и использованное лабораторное оборудование.

При испытаниях руководствоваться требованиями ГОСТов и настоящими указаниями.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ

1. Помещение лаборатории, лабораторные места и столы общего пользования должны содержаться в порядке и чистоте и быть свободны от ненужных для работы предметов. Каждый работающий в лаборатории должен иметь защитные средства в зависимости от вида работы: халат, защитные очки, рукавицы, перчатки и др.

2. Электронагревательные приборы следует проверять каждый раз перед началом занятий и включать в сеть только соответствующего напряжения. Электропровода не должны иметь оголенных мест, контакты должны быть чистыми. Запрещается вытаскивать штепсельные вилки из розеток дерганием за провод.

3. Запрещается оставлять без надзора включенные работающее оборудование и приборы. При обнаружении дефектов в приборах немедленно сообщить преподавателю или ответственному лаборанту. Студентам запрещается устранять неисправности.

4. Под нагревательные приборы должны быть подложены керамические плитки и асбестовый картон.

5. Вблизи нагревательных приборов не должны находиться огнеопасные вещества.

6. В случае короткого замыкания или воспламенения нагревательного материала следует нагревательный прибор немедленно отключить от сети. Место горения накрывают мокрой тряпкой. Огнетушитель применять нельзя.

7. В лабораторной аптечке обязательно должны находиться медикаменты применительно к особенностям выполняемых работ.

8. Запрещается пробовать на вкус какие-либо растворители и соли, а также пить воду из химической посуды.

9. Запрещается загромождать подступы к оборудованию (прессы, вибросито, круг истирания и т.д.).

10. При взвешивании сыпучих веществ категорически запрещается сдвигать излишки, оставленные на весах.

11. После окончания работ в лаборатории необходимо выключить рубильник на главном лабораторном щите.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ

В процессе выполнения лабораторных студент должен наблюдать за ходом эксперимента, отмечая все его особенности. Результаты наблюдений записывают в лабораторный журнал в следующей последовательности:

1. Назначение лабораторной работы, дата выполнения.
2. Цель работы.
3. Применяемое оборудование и испытуемый материал.
4. Кратко ход работы с указанием схемы прибора и приведение необходимых формул и графиков.
5. Результаты эксперимента заносятся в таблицу.
6. Выводы о результатах работы.

Записи в лабораторном журнале (в 12-ти листовой тетради) производят шариковой ручкой с синей пастой. Рисунки, графики выполняют карандашом. Значение символов и коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены под формулой в той последовательности, в какой они приведены в формуле.

В конце занятия студент должен предъявить преподавателю полностью оформленный отчет и защитить его.

1. Физические свойства

Основными физическими характеристиками шахтостроительных материалов являются следующие: истинная плотность, средняя плотность, относительная плотность, пористость, пустотность, влажность, водопоглощение, теплопроводность, морозостойкость, огнестойкость, огнеупорность.

РАБОТА 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИННОЙ ПЛОТНОСТИ МАТЕРИАЛА (ГОСТ 6427-75)

Истинная плотность – это масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии, т.е. без пор и пустот.

Цель работы – углубить знания о свойствах строительных материалов и ознакомиться с методами определения истинной плотности материала.

Оборудование и материалы. Прибор Ле-Шателье (рисунок 1), весы технические, сушильный шкаф, разновески, ступка стальная, сито с сеткой №0,125, чашка для взвешивания, вода дистиллированная или другая нейтральная жидкость, инертная к испытуемому материалу, фильтровальная бумага, испытуемый материал.

Ход работы. Чтобы получить материал в абсолютно плотном состоянии, т.е. ликвидировать пористость, навеску испытуемого материала

около 200 г измельчают в ступке до прохождения через сито № 0,125. Порошок высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при $t = 105-110^{\circ}\text{C}$ и охлаждают до комнатной температуры $+20^{\circ}\text{C}$.

Прибор Ле-Шателье наполняют жидкостью до нижней нулевой черты, причем уровень устанавливают по нижнему мениску. Свободную часть объемметра тщательно осушают фильтровальной бумагой.

От высушенной пробы материала берут навеску 100 г с точностью до 0,01 г и высыплют небольшими порциями в прибор Ле-Шателье (большие порции мешают выходу воздуха и образуют в горлышке пробки) до тех пор, пока уровень жидкости в приборе не достигнет черты с делением 20 см^3 или

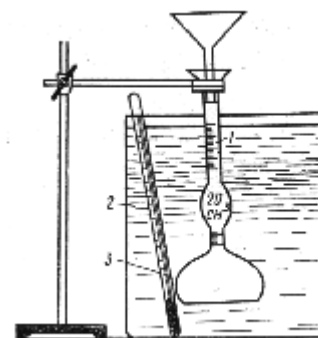


Рисунок 1– Объеммер Ле-Шателье

1 - объеммер; 2 - сосуд с водой; 3 - термометр

одного из делений в пределах верхней градуированной части. Перед отсчетом удаляют пузырьки воздуха, попавшего в жидкость вместе с порошком, путем переворачивания прибора в наклонном положении на гладком резиновом коврике в течение 10 мин. После этого производят отсчет уровня жидкости в приборе, который показывает объем порошка, высыпанного в прибор. По разности масс начальной пробы и остатка (его взвешивают) определяют массу порошка, всыпанного в объеммер.

Истинную плотность ρ , г/см^3 , материала вычисляют по формуле:

$$\rho = 1000 \cdot (m - m_1) / V_a, \quad (1)$$

где m - навеска материала до опыта, г;
 m_1 - остаток от навески, г;
 V_a - объем жидкости, вытесняемой навеской материала (объем порошка в объеммере), см^3 .

Истинную плотность вычисляют с точностью до 0,01 г/см^3 как среднее арифметическое двух определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,02 г/см^3 .

Результаты испытаний и вычислений заносят в таблицу по образцу:

Наименование материала	m, г	m ₁ , г	m _{ср} , г	V _а , см ³	ρ, г/см ³	ρ _{ср} , г/см ³
------------------------	---------	-----------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------	--

Экспериментальные данные сравнивают с данными, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Истинная и средняя плотности некоторых строительных материалов

Материал	Истинная плотность, г/см ³	Средняя плотность, г/см ³
Гранит	2800-2900	2600-2700
Кирпич керамический	2600-2800	1600-1900
Песок	2500-2700	1400-1600
Древесина сосны	1500-1600	450-600
Сталь	7850-7900	7800-7850
Гипс строительный	2600-2700	1250-1450
Портландцемент	3050-3150	1400-1700
Цемент	3000-3100	300-1300
Бетон тяжелый	2600-2900	1800-2500

Основываясь на полученных результатах, студент должен сделать вывод в соответствии с целью работы.

Вопросы для самоконтроля.

Что называется истинной плотностью? Как определяют истинную плотность? Зачем измельчают материал?

РАБОТА № 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ МАТЕРИАЛОВ (ГОСТ 6427-75)

Средняя плотность – это масса единицы объема материала в естественном состоянии, т.е. с порами и пустотами. Метод определения средней плотности зависит от формы образца материала.

Цель работы – углубить знания о свойствах и знать методы определения средней плотности строительного материала правильной и произвольной формы.

РАБОТА № 2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ ОБРАЗЦА ПРАВИЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ (ГОСТ 6427-75)

Оборудование и материалы - штангенциркуль, весы технические, шкаф сушильный, образцы в виде куба и параллелепипеда.

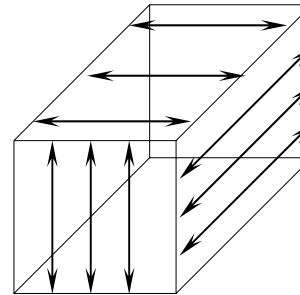


Рисунок 2 – Измерения образцов

Ход работы. Образцы после изготовления высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 110⁰С и затем охлаждают до комнатной температуры. Штангенциркулем измеряют с точностью до 0,1 мм каждую грань образцов в трех местах их по длине, ширине и высоте и за окончательный результат принимают среднее арифметическое трех измерений каждой грани. (Рисунок 2)

Объем образца, см³, вычисляют по формуле:

$$V = a \cdot b \cdot h, \quad (2)$$

где a , b , h – среднее арифметическое измерений, см

После определения объема образец взвешивают и вычисляют среднюю плотность с точностью до 0,01 г/см³ по формуле:

$$\rho_0 = m / V, \quad (3)$$

где m - масса образца, г;
 V - объем образца, см³.

Результаты опыта заносят в следующую таблицу:

Наименование	Размеры, (см)												V см ³	m , г	ρ , г/см ³	ρ_0 , г/см ³
	a_1	a_2	a_3	a	b_1	b_2	b_3	b	h_1	h_2	h_3	h				
Материала																

Данные эксперимента сравнивают с таблицей 1 и в соответствии с целью работы делают вывод.

РАБОТА № 2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ ОБРАЗЦА НЕПРАВИЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ МЕТОДОМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ВЗВЕШИВАНИЯ (ГОСТ 6427-75)

Оборудование и материалы. Весы технические с приспособлением для гидростатического взвешивания, шкаф сушильный, стакан стандартный емкостью 1000 мл, баня парафиновая, нить шелковая, образцы, испытуемого строительного материала.

Ход работы: высушенные при $t = 105-110^{\circ}\text{C}$, охлажденные до комнатной температуры образцы пронумеровывают и взвешивают до 0,01 г, парафинируют и опять взвешивают. После парафинирования образец перевязывают нитью, подвешивают к крючку коромысла весов и погружают в стакан с водой так, чтобы образец не касался стенок и определяют массу образца в воде (рисунок 3). Среднюю плотность образца ρ_0 , г/см³, вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ как среднее арифметическое полученных результатов по формуле:

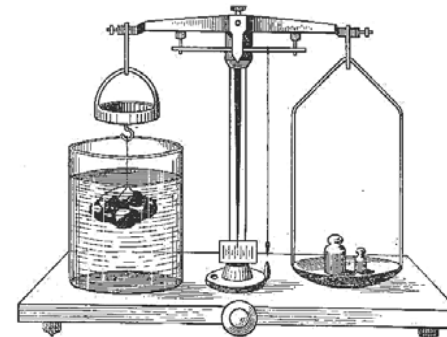


Рисунок 3 – Технические весы для гидростатического взвешивания

$$\rho_0 = m / [(m_1 - m_2) / \rho_v - (m_1 - m) / \rho_n], \quad (4)$$

где m - масса сухого образца, г;

m_1 - масса парафинированного образца, г;

m_2 - масса парафинированного образца в воде, г;

ρ_v и ρ_n - плотность воды 1 г/см³ и плотность парафина 0,93 г/см³;

В этой формуле $(m_1 - m_2) / \rho_v$ – объем образца с парафином, см³, численно равный массе воды, вытесненной образцом; $(m_1 - m) / \rho_n$ – объем парафина, затраченного на покрытие образца, см³.

Результаты испытаний записывают в следующую таблицу:

Наименование материала	m , г	m_1 , г	m_2 , г	ρ_v , г/см ³	ρ_n , г/см ³	ρ_0 , г/см ³	ρ_0^{cp} , г/см ³
------------------------	---------	-----------	-----------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------------------------

Данные опыта сравнивают с таблицей 1 и в соответствии с целью работы делают вывод.

Вопросы для самопроверки.

Различия между истинной и средней плотностью? Каков принцип геометрических измерений образцов правильной формы? Зачем парафинируют образцы при определении средней плотности? Какова суть метода гидростатического взвешивания?

РАБОТА 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ (ГОСТ 8735-75)

Насыпная плотность - это масса единицы объема рыхлонасыщенного материала. При транспортировании и хранении сыпучие материалы уплотняются и их насыпная плотность оказывается на 10-30% выше, чем в рыхлонасыпанном состоянии.

Цель работы - ознакомиться с методом определения насыпной плотности сыпучих строительных материалов.

Оборудование и материалы.

Мерный цилиндр емкостью 1л, весы технические или торговые, шкаф сушильный, линейка металлическая, сито № 5, воронка ЛОВ, совок, средняя проба песка.

Ход работы. Пробы высушивают до постоянной массы при $t=105-110^0\text{C}$ и просеивают через сито № 5. Взвешивают мерный цилиндр с точностью до 1 г и ставят его под воронку ЛОВ. Выпускное отверстие воронки закрывают задвижкой и насыпают испытуемый материал. После этого открывают задвижку воронки и заполняют с верхом. Закрывают задвижку и металлической линейкой срезают от середины в обе стороны излишек материала

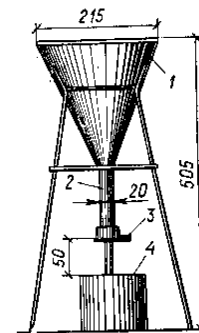


Рисунок 4 – Стандартная воронка

вровень с краями цилиндра (рисунок 4).

Затем цилиндр с материалом взвешивают с погрешностью до 1 г.

Насыпную плотность материала в рыхлонасыпанном состоянии ρ_n , г/см³, вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ как среднее арифметическое по формуле:

$$\rho_n = (m_1 - m_2) / V, \quad (5)$$

где m_1 - масса цилиндра с материалом, г;
 m_2 - масса цилиндра без материала, г;
 V - объем цилиндра, см³.

Результаты испытаний заносят в таблицу:

Наименование материала	m , г	m_1 , г	V , см ³	ρ_n , г/см ³	ρ_n^{cp} , г/см ³
------------------------	---------	-----------	-----------------------	------------------------------	-----------------------------------

Данные опыта сравнивают с насыпной плотностью речного песка 1500-1800 кг/м³ или горного кварцевого песка 1500-1600 кг/м³. Обычно пески имеют насыпную плотность более 1200 кг/м³.

Вопросы для самопроверки.

Что называется насыпной плотностью материала? Для чего просушивают материалы? Можно ли удалять избыток материала в мерном цилиндре путем его уплотнения? В чем различие между средней и насыпной плотностями?

РАБОТА 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ, ПОРИСТОСТИ И ПУСТОТНОСТИ

Цель работы – углубить знания о свойствах строительных материалов и ознакомиться с методами определения их плотности, пористости и пустотности.

Оборудование. Калькулятор.

Относительная плотность – это степень заполнения объема материала веществом, из которого состоит данный материал. Выражается она отношением средней плотности к плотности:

$$d = \rho_0 / \rho, \quad (6)$$

где ρ_0 – средняя плотность материала, г/см³;
 ρ – истинная плотность материала, г/см³.

Пористость – это степень заполнения объема материала порами. Пористость вычисляют с точностью до 0,1% по формуле:

$$P_0 = (1 - \rho_0 / \rho) \cdot 100, \quad (7)$$

где ρ_0 - средняя плотность материала, г/см³;
 ρ - истинная плотность материала, г/см³.

Пустотность – это отношение суммарного объема пустот в зернистом материале (песке, гравии, щебне) ко всему объему, занимаемому этим материалом. Пустотность определяется с точностью до 0,1% по формуле:

$$P_n = (1 - \rho_n / \rho) \cdot 100, \quad (8)$$

где ρ_n - насыпная плотность материала, г/см³;
 ρ - истинная плотность материала, г/см³.

Для выполнения этой работы используются данные, полученные в работах 1,2,3,4. По приведенным выше формулам полученные значения относительной плотности, пористости и пустотности заносят в следующую таблицу:

Наименование материала	ρ , г/см ³	ρ_0 , г/см ³	ρ_n , г/см ³	d, %	P_0 , %	P_n , %
------------------------	-------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	------	-----------	-----------

Пористость в значительной степени определяет эксплуатационные свойства материалов, поэтому в работе следует данные испытаний сравнить с известными значениями пористости, которые, например, для стали составляют 0%, кирпича – 25-40%, обычного тяжелого бетона – 5-10%, газобетона – 55-85%.

В соответствии с темой работы и полученными результатами студент должен сделать вывод.

Вопросы для самопроверки.

Что такое пористость, относительная плотность, пустотность?

РАБОТА 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ МАТЕРИАЛА (ГОСТ 7025-78)

Влажность – это отношение массы воды, содержащейся в данный момент в порах и на поверхности строительного материала, к массе его в сухом состоянии.

Цель работы – Углубить знания о свойствах строительных материалов и ознакомиться с методами определения их влажности.

Оборудование и материалы. Сушильный шкаф, бюксы, весы товарные и технические, испытуемый материал.

Ход работы. Образцы плотного (кирпич) или сыпучего (песок) материала в естественном влажном состоянии помещают в заранее взвешенные бюксы и взвешивают. Затем их устанавливают в сушильный шкаф и высушивают до постоянной массы. После этого бюксы с высушенными образцами охлаждают до комнатной температуры и опять взвешивают. Влажность вычисляют с точностью до 0,1% по формуле:

$$W = [(m - m_1) / m_1] \cdot 100, \quad (9)$$

где m – масса материала в естественном влажном состоянии
(в данный момент), г;

m_1 – масса сухого материала, г.

Результаты испытаний и вычислений заносят в следующую таблицу:

Наименование материала	m , г	m_1 , г	W , %
---------------------------	---------	-----------	---------

Вывод: влажность образца%.

Вопросы для самопроверки.

Что называется влажностью? Можно ли считать постоянной массу материала, если результаты двух последних измерений массы в процессе сушки будут одинаковые?

РАБОТА 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ (ГОСТ 7025-78)

Водопоглощение – это свойство строительного материала впитывать и удерживать в своих порах воду при непосредственном соприкосновении с ней.

Цель работы – ознакомиться с методом определения водопоглощения строительного материала.

Оборудование и материалы. Шкаф сушильный, весы технические, сосуд с водой, нагревательные приборы, образцы испытуемого материала в соответствии с ГОСТом.

Ход работы. Образцы просушивают до постоянной массы, охлаждают до комнатной температуры и погружают в воду так, чтобы уровень воды в сосуде был выше образца не менее 20 и не более 100 мм. Образцы удерживают в воде в течение 48 часов. После этого их вынимают из воды, обтирают влажной тряпкой и взвешивают с точностью до 0,01 г.

Водопоглощение по массе B_m и по объему $B_{об}$ вычисляют с точностью до 0,1% по формулам:

$$B_m = [(m_1 - m) / m] \cdot 100; B_{об} = [(m_1 - m) / V] \cdot 100, \quad (10)$$

где m – масса сухого образца, г;

m_1 – масса водонасыщенного образца, г.

V – объем сухого образца, см^3 .

Водопоглощение вычисляют как среднее арифметическое результатов испытаний всех образцов и заносят в следующую таблицу:

Наименование материала	m , г	m_1 , г	V , см^3	B_m , %	$B_m^{\text{ср}}$, %	$B_{об}$, %	$B_{об}^{\text{ср}}$, %
------------------------	---------	-----------	---------------------	-----------	-----------------------	--------------	--------------------------

При необходимости перехода от одного вида водопоглощения к другому пользуются формулой:

$$B_{об} = B_m \cdot \rho_0 \quad (11)$$

Данные испытаний следует сравнивать с известными значениями водопоглощаемости, которые, например, для гранита составляют 0,1-0,5%, песчаников 0,2-18%, кирпича – не менее 8%, керамических плиток – до 4%.

По результатам испытаний и в соответствии с целью работы следует сделать вывод.

Вопросы для самопроверки.

Что такое водопоглощение? Как определяется водопоглощение? Какое влияние оказывает пористость на водопоглощение?

2. Механические свойства

Основными механическими свойствами строительных материалов являются прочность, сопротивление удару, истираемость.

РАБОТА 8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ (ГОСТ 8462-85)

Прочность – это свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений (сжатие, изгиб, срез и др.), возникающих от внешних нагрузок.

Прочность строительных материалов характеризуется в основном пределом прочности при сжатии и изгибе, ее определяют путем испытания образцов в лаборатории на гидравлических прессах.

Цель работы - освоить методику определения прочностных свойств строительных материалов.

8.1 Прочность при сжатии

Оборудование и материалы. Гидравлический пресс, совок, щетка, испытываемые образцы (куб, параллелепипед).

Ход работы. Приготовленные образцы осматривают, проверяя отсутствие дефектов, так как они снижают прочность. Верхнюю и нижнюю грани образцов, соприкасающихся с плитами, пресса тщательно выравнивают, подмазывая раковины и трещины гипсовым тестом. Образцы замеряют с точностью до 0,1 мм и вычисляют площадь рабочего сечения. После этого образец устанавливают на нижнюю опорную плиту пресса точно по ее центру,

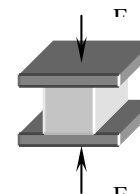


Рисунок 5 – Схема испытания образца на сжатие

а верхнюю плиту винтом опускают на образец и закрепляют его между двумя опорными плитами. Проверив правильность установки образца включают пресс и дают на образец возрастающую нагрузку, при этом внимательно следят за показаниями стрелки. Момент разрушения образца устанавливают по началу обратного движения стрелки силоизмерителя при действии нагружающего устройства. Предельную разрушающую нагрузку устанавливают по положению фиксирующей стрелки на

шкале силоизмерителя. Схема испытания приведена на рисунок 5.

Предел прочности при сжатии вычисляют с точностью до 0,1 МПа по формуле:

$$\sigma_{сж} = F / A, \quad (12)$$

где F – разрушающая сила, Н;

A – площадь рабочего сечения образца, м^2 .

Предел прочности при сжатии определяется как среднеарифметическое значение результатов испытаний всех образцов; данные испытаний заносят в таблицу:

Наименование материалов	F , Н	A , м^2	$\sigma_{сж}$, Н/ м^2	$\sigma_{сж}^{ср}$, Н/ м^2
-------------------------	---------	--------------------	---------------------------------	--------------------------------------

Результаты опытов сравнивают с ГОСТом на данный материал.

Выводы: предел прочности при сжатии материала..... МПа.

8.2 Прочность при изгибе

Оборудование и материалы. Гидравлический пресс, совок, щетка, приспособление для испытания на изгиб, испытываемые образцы.

Ход работы. Образцы осматривают и при наличии допустимых трещин ориентируют перед испытанием так, чтобы трещины располагались в растянутой зоне (внизу). Верхняя и нижняя грани образцов должны быть плоскими и параллельными. Образцы размещают тремя линиями, где первая – фиксирует положение рабочего сечения, две другие параллельные ей – фиксируют слева и справа от рабочего сечения величину расчетного пролета, который определяется стандартами на испытываемый материал. Схема разметки испытания образца на изгиб представлена на рисунок 6.

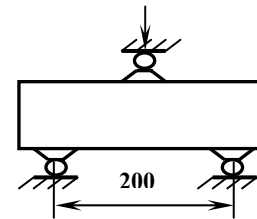


Рисунок 6 – Схема испытания образца на изгиб

Предел прочности при изгибе вычисляют с точностью до 0,1 МПа по формуле:

$$\sigma_{и} = 3 \cdot F \cdot l / 2 \cdot b \cdot h^2, \quad (13)$$

где F – разрушающая сила, Н;

l – расстояние между опорами, м;

b – ширина рабочего сечения, м;

h – высота рабочего сечения, м.

Предел прочности при изгибе принимают как среднеарифметическое значения результатов всех испытаний. Данные испытаний заносят в таблицу:

Наименование материала	F, Н	Размеры, м			$\sigma_{и}$, МПа	$\sigma_{и}^{cp}$, МПа
		l	b	h		

Выводы: предел прочности при изгибе материала.....МПа.

Вопросы для самопроверки.

Что называется пределом прочности при сжатии и при изгибе? Как правильно устанавливать образцы в пресс при испытании на сжатие и на изгиб?

РАБОТА 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ УДАРУ

Сопротивление удару – это способность материала противостоять ударным (динамическим) воздействиям.

Цель работы – научить студентов определять сопротивление удару строительных материалов.

Оборудование и материалы. Копер лабораторный (рисунок 7), штангенциркуль, щетка, совок, цилиндрические образцы высотой 25 мм.

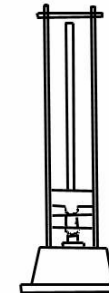


Рисунок 7– Копер лабораторный

Ход работы. Образцы нумеруют и измеряют, результаты заносят в лабораторный журнал. Образец ставят на наковальню копра и наносят удары по образцу бабой, высоту падения которой увеличивают каждый раз на 1 см. первый удар наносят с высоты 1 см. Испытания продолжают до появления в образце первой трещины. После этого образец убирают, а копер готовят к испытанию следующего образца и т.д.

Сопротивление удару характеризуется работой, затраченной на разрушение образца, отнесенной к 1 м^3 , МДж/м³. Подсчет ведется по формуле:

$$A = [10 \cdot m \cdot (1 + 2 + 3 + \dots + n)] / V, \quad (14)$$

где m – масса груза, кг;

V – объем образца, см^3 ;

n – порядковый номер удара, при котором образец разрушается; численно равный высоте падения груза;

10 – коэффициент пересчета.

Показателем сопротивления удару (СП) служит порядковый номер удара, предшествующий разрушению.

Например, первая трещина появилась после 24-го удара с высоты 24 см, то считают, что СП материала равно 23. По сопротивлению удару каменные материалы делят на группы: очень хрупкие (СП менее 2), хрупкие (2-5), вязкие (6-10), очень вязкие (более 10).

Данные испытаний и расчетов заносят в таблицу:

Наименование материала	Размеры образца, см		V , см^3	n , см	m , кг	A , МДж / м^3
	диаметр	высота				

Вывод: сопротивление материала ударуМДж/ м^3 .

Вопросы для самопроверки.

Что такое СП? Как определяется сопротивление удару.

РАБОТА 10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТИРАЕМОСТИ МАТЕРИАЛОВ (ГОСТ 11529-86)

Истираемость – это стойкость материалов к абразивному износу.

Цель работы – научить студентов определять истираемость материалов.

Оболудование и материалы. Прибор ЛКИ-3 (рисунок 8), весы технические, песок кварцевый, испытываемые образцы.

Ход работы. Образцы высушивают и взвешивают с точностью до 0,1 г. На поверхность круга истирания равномерным слоем насыпают 20 г кварцевого песка. Образцы укладывают на диск лицевой поверхностью и прижимают грузом из расчета 0,06 Мпа (0,6 $\text{кг}/\text{см}^2$). Затем включают привод круга и через 28 оборотов диска (30 м пути истирания) прибор останавливают, образец очищают от пыли, поворачивают на 90° и повторяют цикл испытания. Указанную операцию проводят 5 раз, то есть общая длина пути истирания должна составлять 150 м, а расход песка – 100 г.

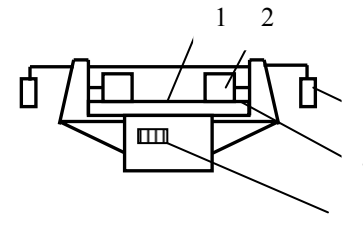


Рисунок 8 – Прибор ЛКИ-3
 1 – Абразивный порошок;
 2 – Образец;
 3 – Груз;
 4 – Диск;
 5 – Счетчик.

После испытания образец очищают от пыли, взвешивают и вычисляют потерю массы, кг/м^2 , по формуле:

$$\Delta m = (m_1 - m_2) / A, \quad (15)$$

где m_1 – масса образца до испытания, г;
 m_2 – масса образца после испытания, г;

A – площадь плитки, см^2 .

За потерю массы при истирании принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний всех образцов. Потеря массы при истирании не должна превышать $0,07 \text{ г/см}^2$.

Данные испытаний заносят в таблицу:

Наименование материала	m_1 , г	m_2 , г	A , см^2	Δm , г/см^2
------------------------	-----------	-----------	---------------------	------------------------------

Вывод: степень истираемости материала..... кг/м^2
 (по ГОСТу.....).

Вопросы для самопроверки

Как определяют истираемость? Каков принцип установки грузов на образцы?

3.Керамические материалы

Керамическими называют искусственные каменные материалы, получаемые из глиняных масс путем формирования, сушки и последующего обжига. После обжига керамические материалы приобретают значительную прочность, водостойкость, морозостойкость и т.д.

РАБОТА № 11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ КИРПИЧА (ГОСТ 8462-85)

Марку кирпича определяют по пределу прочности при сжатии и изгибе подготовленных и испытанных на гидравлическом прессе образцов.

Цель работы – научить студентов определять марку кирпича.

Оборудование и материалы. Пресс гидравлический, пластины стеклянные, металлическая линейка, станок для распиловки материалов, опора виде цилиндрических катков диаметром 20-30 мм, чаша для цементного раствора, лопатка, бумага оберточная, цемент М 400, песок, образцы кирпича.

Ход работы. Предел прочности при сжатии определяют следующим образом. Кирпичи распиливают на две равные части так, чтобы из половинок изготовить образцы кубовидной формы (рисунок 9).

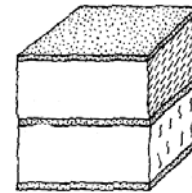


Рисунок 9 – Схема образца

Приготавливают раствор из равных по массе частей: цемента марки 400 и песка, просеянного через сито № 1,25 ($V/C = 0,4 / 0,42$). Половинки полностью погружают в воду на 1 минуту. Для склейки половинок на горизонтальную плоскость кладут стекло, покрытое смоченной

бумагой и по бумаге расстилают приготовленный раствор слоем 3 мм.

Затем одну половинку кирпича укладывают на раствор и слегка прижимают, а верх половинки покрывают этим же раствором и укладывают на него слегка прижимая вторую половинку так, чтобы поверхности распила были направлены в противоположные стороны, при этом толщина слоя между половинками должна быть не более 5 мм. Верхнюю часть второй половинки также покрывают раствором толщиной 3 мм и прижимают стеклом со смоченной бумагой. Излишки раствора срезают и края слоев выравнивают линейкой. В таком положении образец переворачивают на другую опорную поверхность образца. Отклонение от параллельности выравненных опорных плоскостей не должно превышать 2 мм. Готовые образцы до испытания 3 суток выдерживают в лаборатории для затвердевания раствора при температуре 20°C и относительной влажности воздуха 60-80%, после чего их испытывают на сжатие.

Перед испытанием определяют площадь поперечного сечения образца, равную произведению двух взаимно перпендикулярных сторон по плоскости склейки половинок кирпича. При этом каждую сторону вычисляют как среднеарифметическую величину двух измерений (точность измерений 1 мм) противоположащих сторон.

Образец устанавливают в центре нижней плиты прессы и прижимают верхней плитой, доводя его до разрушения. Значение разрушающего усилия фиксируют по стрелке. Предел прочности при сжатии вычисляют с точностью до 0,1 МПа по формуле (12).

Результаты испытаний заносят в следующую таблицу:

Наименование материала	F, Н	A, м ²	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_{сж}^{cp}$, МПа
------------------------	------	-------------------	---------------------	--------------------------

Предел прочности при изгибе определяют путем испытаний на прессе целого кирпича, уложенного плашмя на две опоры, расположенные на расстоянии 200 мм друг от друга (рисунок 10).

Нагрузку прикладывают в середине пролета. Для более плотного и правильного прилегания образца к опорам на кирпиче по уровню наносят три полоски шириной 2-3 см; две – в местах опирания на нижние опоры, одну под опору, передающую нагрузку. Если в кирпиче имеются трещины, то полоски располагают так, чтобы при испытании самые значительные трещины оказались на нижней грани образца.

Подготовленные образцы выдерживают в лаборатории 3 суток для затвердевания цементного теста. Перед испытанием измеряют размеры поперечного сечения кирпича по середине пролета (между опорами) с точностью до 1 мм. Предел прочности при изгибе вычисляют с точностью до 0,05 МПа по формуле (13).

Результаты испытаний записывают в следующую таблицу:

Наименование материала	F, Н	Размеры, м			σ_n , МПа	σ_n^{cp} , МПа
		l	b	h		

По результатам испытаний при сжатии и изгибе устанавливают марку кирпича, сравнивая полученные данные с требованиями стандарта.

Вывод: По результатам испытаний установлена следующая марка кирпича.....

Вопросы для самопроверки.

Для чего выравнивают поверхность кирпича цементным раствором?
Как определяется марка кирпича?

РАБОТА № 12 ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ КИРПИЧА (ГОСТ 7025-78)

Оборудование и материалы. Шкаф сушильный, весы технические, сосуд с деревянной решеткой, образцы кирпича.

Ход работы. Образцы кирпича высушивают до постоянной массы, охлаждают и взвешивают. Затем их укладывают в сосуд с водой 1 температурой 15-20°C в один ряд на решетку 2 так, чтобы уровень воды в нем был выше верха образцов 3 на 2-10 см. Образцы выдерживают в воде в течение 48 часов, после чего их вынимают из сосуда, обтирают влажной тканью и не медленно взвешивают. Водопоглощение по массе в процентах вычисляют по формуле 10.

Водопоглощение кирпича должно быть для полнотелого кирпича не менее 8%, для пустотелого кирпича не менее 6%.

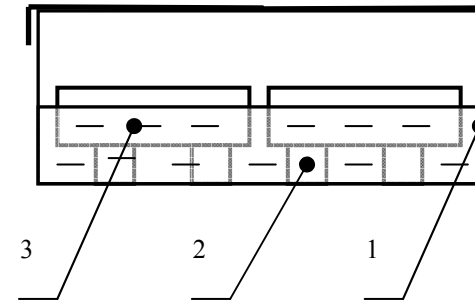


Рисунок 10 – Схема испытания образца на водопоглощение

Вывод: Водопоглощение кирпича составляет%.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов Л.Н. Лабораторный практикум по предмету “Строительные материалы и детали”. – М.: Стройиздат, 1989. – 223 с.
2. Дворкин Л.И. Строительные материалы и изделия. – Практикум. Киев: Высш.шк., 1988. – 160с.
3. Понкратьева М.Д., Соловей Ю.М. Основы строительного дела. М.: Стройиздат, - 1982.
4. Куликов Ю.Н., Максимов А.П. Проектирование и строительство горно-технических зданий и сооружений. Учеб. для вузов / Под ред. И.В. Баклашова. – М.: Недра, 1991. – 264 .
5. Литвинов О.О. Технология строительного производства. Изд. 3-е, переработанное. Киев: Вища школа, 1977. – 456 с.
6. Комар А.Г. Строительные материалы и изделия. Учебн. для вузов. – М.: Высшая школа, 1989. – 527 с.
7. Попов Л.Н. Строительные материалы и детали. М.: Стройиздат, 1986. – 336 с.
8. Общий курс стройматериалов: Учебн. пособие для вузов / Под ред. М.А. Рыбьева. –М.: Высшая школа, 1987. – 584 с.
9. Межгосударственный стандарт 2.105-95 ЕСКД.
10. ДСТУ. ВБ 3008-95.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие сведения	3
Общие правила работы в лаборатории	3
Правила техники безопасности при работе в лаборатории	4
Порядок оформления работ	5
1 Физические свойства	5
Работа 1 определение истинной плотности материала	5
Работа 2 Определение средней плотности материалов	7
Работа 2.1 Определение средней плотности образца правильной геометрической формы	8
Работа 2.2 Определение средней плотности образца неправильной геометрической формы методом гидростатического взвешивания	9
Работа 4 Определение насыпной плотности	10
Работа 5 Определение относительной плотности, пористости и пустотности	11
Работа 6 Определение влажности материала	13
Работа 7 Определение водопоглощения материала	13
2 Механические свойства	15
Работа 8 Определение прочности материалов	15
Работа 8.1 Прочность при сжатии	15
Работа 8.2 Прочность при изгибе	16
Работа 9 Определение сопротивления удару	17
Работа 10 Определение истираемости материалов	18
3. Керамические материалы	19
Работа 11 Определение марки кирпича	19
Работа 12 Водопоглощение кирпича	22
Список рекомендуемой литературы	23

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К лабораторным работам по курсу
"Материалы конструкций подземных сооружений"

[для студентов специальностей: 7.090303
"Шахтное и подземное строительство",
7.070902 "Инженерная геодезия"]

Составители:

Сергей Васильевич Борщевский
Валерий Александрович Бабичев
Валерий Федорович Формос
Иван Владимирович Купенко

