



ВГТУ

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИСПЫТАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ЖУРНАЛ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Студента гр. _____

Ф.И.О

Принял _____

подпись

дата

Воронеж 20____год

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

А. И. Макеев, В. В. Власов

ИСПЫТАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

2-е издание, переработанное и дополненное

Воронеж 2023

УДК 666.97(07)

ББК 38.3я7

М156

Рецензенты:

*кафедра конструкций зданий и сооружений Тамбовского
государственного технического университета*

(зав. кафедрой канд. техн. наук, доц. О. В. Умнова);

В. И. Смотров, советник ген. директора ОАО «Завод ЖБК», г. Воронеж

Макеев, А. И.

Испытания строительных материалов: учебное пособие [Электронный ресурс]: Электрон. текстовые и граф. данные (1,8 Мб) / А. И. Макеев, В. В. Власов. 2-е изд., перераб. и доп. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2023. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM): цв. – Систем. требования: ПК 500 и выше; 256 Мб ОЗУ; Windows XP; SVGA с разрешением 1024×768; Adobe Acrobat; CD-ROM дисковод; мышь. – Загл. с экрана

ISBN 978-5-7731-1096-5

Учебное пособие выполнено в форме журнала лабораторных работ, являющегося основным отчетным документом лабораторного практикума студентов всех форм обучения по дисциплине «Строительные материалы». Содержит правила техники безопасности при проведении испытаний для допуска студента к занятиям в лаборатории. Предназначено для оформления результатов изучения параметров структуры и физико-механических свойств строительных материалов, испытаний древесины, природного камня, керамического кирпича, воздушных и гидравлических минеральных вяжущих веществ, нефтяного битума, заполнителей, цементных и асфальтовых бетонов и растворов.

Издание предназначено для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство».

Ил. 43. Табл. 70. Библиогр.: 10 назв.

УДК 666.97(07)

ББК 38.3я7

*Издаётся по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ISBN 978-5-7731-1096-5

© Макеев А. И., Власов В. В., 2023

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет», 2023

Правила техники безопасности

К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте. Лабораторные работы выполняются в присутствии лаборанта и преподавателя согласно расписаниям занятий. Не допускается включать электроприборы и открывать емкости с химическими реактивами в отсутствие лаборанта и преподавателя или без их разрешения.

Студенты, работающие в лаборатории, должны:

- 1) выполнять требования по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности;
- 2) при работе с нагревательными приборами:
 - нагретую посуду брать специальными щипцами, а подогретые формы – в рукавицах;
 - стеклянную химическую посуду нагревать через асбестовую прокладку;
 - легковоспламеняющиеся жидкости подогреть только в водяной бане;
 - не использовать электронагревательные приборы с открытой спиралью;
- 3) работы, связанные с выделением газов, а также с использованием кислот и щелочей, проводить в вытяжном шкафу;
- 4) не оставлять открытыми емкости с химическими реактивами и не выливать их в раковину;
- 5) проявлять предельную осторожность при работе с ртутными термометрами;
- 6) при приготовлении растворов кислот и известкового теста помнить, что следует приливать кислоту и засыпать известь небольшими порциями в воду, а не наоборот;
- 7) в случае аварийной ситуации:
 - при поломке оборудования – выключить пусковое устройство и поставить в известность лаборанта и преподавателя;
 - при возгорании – отключить электропитание, воспользоваться средствами пожаротушения, вызвать пожарную команду по телефону 01;
 - при несчастном случае – уметь оказать доврачебную помощь пострадавшему:
 - а) при механической травме обработать рану раствором йода (зеленки, раствором марганцовки) и забинтовать или заклеить ее пластырем;
 - б) при поражении электрическим током положить пострадавшего на деревянный настил и сделать ему искусственное дыхание;
 - в) при обмороке создать приток свежего воздуха, дать вдохнуть пострадавшему пары нашатырного спирта;
 - г) при попадании на кожу кислот, щелочей и извести место поражения обильно промыть водой и нейтрализовать соответственно 5-процентным раствором питьевой соды, 2-процентным раствором борной кислоты или 1-процентным раствором соляной кислоты;
 - д) при попадании на кожу расплавленного битума смыть его керосином и ни в коем случае не сдирать;
 - е) при ожоге присыпать обожженное место содой;
- 8) по окончании работ:
 - отключить электропитание, очистить оборудование от остатков материалов;
 - удалить остатки материалов в специальный контейнер на хозяйственном дворе;
 - «сдать» рабочее место лаборанту кафедры.

С правилами ознакомлен

_____ / _____
подпись

_____ / _____
расшифровка подписи

ВВЕДЕНИЕ

Журнал предназначен для оформления отчета по лабораторным работам, выполняемым студентами, обучающимися по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», в процессе изучения дисциплины «Строительные материалы». Лабораторные работы являются активной формой обучения, способствуют формированию у выпускников следующих компетенций: ОПК-5 (Способен участвовать в инженерных изысканиях, необходимых для строительства и реконструкции объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства) и ОПК-8 (Способен осуществлять и контролировать технологические процессы строительного производства и строительной индустрии).

В результате выполнения лабораторного практикума по дисциплине «Строительные материалы» студенты:

- овладевают методикой оценки параметров состава, структуры и состояния строительных материалов, их физических и механических свойств;
- знакомятся с основными техническими характеристиками древесины и овладевают методикой их определения;
- изучают генетическую классификацию горных пород, знакомятся с составом и свойствами основных породообразующих минералов, минералогическим составом, свойствами и областью применения в строительстве природного камня;
- знакомятся с основными техническими требованиями к качеству керамического кирпича и овладевают методикой определения основных его характеристик;
- знакомятся с номенклатурой вяжущих веществ, применяемых в современном строительстве для изготовления бетонов и растворов, получают навыки экспериментального определения их основных технических характеристик;
- изучают технические требования к крупному и мелкому заполнителям для бетонов и строительных растворов и приобретают навыки оценки их соответствия этим требованиям;
- осваивают методику проектирования состава растворов и бетонов по требуемым их характеристикам и методику оценки этих характеристик.

Выполнению каждой лабораторной работы должна предшествовать самостоятельная подготовка студента на основе изучения лекционного материала и рекомендуемой литературы.

К лабораторным работам допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности и ответившие на контрольные вопросы преподавателя.

Лабораторные испытания выполняются в учебных аудиториях университета на лабораторном оборудовании кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ. При самостоятельном оформлении отчета по выполненной работе студенты заносят основные теоретические сведения, схемы приборов и оборудования, расчетные формулы в специально отведенные поля. Результаты экспериментов заносятся в таблицы. По итогам испытаний студентами формулируются выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ПАРАМЕТРЫ СТРУКТУРЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы - изучение методики и порядка определения структурных параметров и показателей основных физических свойств строительных материалов.

Задачи:

1. Закрепление на практике теоретических сведений о совокупности и значениях основных количественных параметров состава, структуры, состояния и физических свойств типичных строительных материалов.

2. Овладение методикой нормативных испытаний и расчетов следующих характеристик материалов:

- истинной, средней и насыпной плотности;
- пористости;
- пустотности;
- влажности;
- водопоглощения.

3. Проведение испытаний образцов материалов по указанным характеристикам с сопоставлением полученных результатов со справочными данными в соответствующих выводах по работе.

Выполнение работы

1. Определение истинной плотности материала

Истинная плотность материала – это _____



где _____

Знание величины истинной плотности материала необходимо для вычисления его

_____.

Для получения материала в абсолютно плотном состоянии (без пор и пустот) его высушивали и измельчали (размалывали) в порошок до полного прохождения через сито с диаметром отверстий 0,063 мм. Частицы такого порошка мельче пор (рис. 1), поэтому можно считать, что их материал находится в абсолютно плотном состоянии. Вычислить его объем можно по объему вытесняемой порошком жидкости. При испытаниях строительных материалов для этого используют три способа: с помощью мерного цилиндра, с помощью объеммера Ле Шателье и с помощью пикнометра (методы перечислены в порядке возрастания их точности).

1.1. Определение истинной плотности с помощью мерного цилиндра

Мерный цилиндр объемом 250...500 мл примерно до половины высоты шкалы заполняли инертной жидкостью и определяли ее объем (рис. 2). Отвешивали 50...100 г порошка, засыпали его в цилиндр и определяли объем жидкости с порошком.

Рис. 1. Схема разрушения материала при помол

Рис. 2. Схема определения истинной плотности материала с помощью мерного цилиндра

Истинную плотность материала ρ , г/см³, вычисляли по формуле:

где _____

Таблица 1

Результаты определения истинной плотности _____
с помощью мерного цилиндра

Номер опыта	Масса порошка, г	Объем жидкости, см ³	Объем жидкости и порошка, см ³	Истинная плотность, г/см ³	
				текущее значение	среднее значение
1					
2					
3					

1.2. Определение истинной плотности с помощью прибора Ле-Шателье

Прибор Ле-Шателье (по имени французского ученого XIX века - изобретателя этого метода) наполняли инертной жидкостью до нулевой отметки по нижнему мениску (рис. 3). Отвешивали не менее 70 г порошка и засыпали его в прибор до тех пор, пока уровень жидкости не поднялся до любого деления в пределах градуированной части прибора выше компенсатора. Остаток порошка взвешивали.

Истинную плотность ρ , г/см³, вычисляли по формуле

где _____

Рис. 3. Схема определения истинной плотности с помощью прибора Ле Шателье

Таблица 2

Результаты определения истинной плотности _____
с помощью прибора Ле-Шателье

Номер опыта	Масса порошка, г	Масса остатка, г	Объем вытесненной жидкости, см ³	Истинная плотность, г/см ³	
				текущее значение	среднее значение
1					
2					
3					

1.3. Определение истинной плотности с помощью пикнометра

Навеску порошка материала массой 10...30 г высыпали в предварительно взвешенный пикнометр вместимостью 50...200 мл. Пикнометр взвешивали вместе с навеской, заполняли инертной жидкостью до метки и вновь взвешивали. Затем пикнометр освобождали от содержимого, промывали, заполняли той же жидкостью до метки и взвешивали (рис. 4).

Истинную плотность материала ρ , г/см³, вычисляли по формуле:

где _____

Рис. 4. Схема определения истинной плотности с помощью пикнометра

Таблица 3

Результаты определения истинной плотности _____
 с помощью пикнометра

Но- мер опыта	Масса пикно- метра, г	Масса пик- нометра с навеской, г	Масса пикнометра с навеской и жид- костью, г	Масса пик- нометра с жидкостью, г	Истинная плотность, г/см ³	
					текущее значение	среднее значение
1						
2						
3						

Выводы: _____

2. Определение средней плотности материала

Средняя плотность материала – это _____



где _____

Зная среднюю плотность материала, можно рассчитать его объем по известной массе и наоборот, а также рассчитать _____ материала.

Чтобы определить среднюю плотность материала, достаточно знать объем и массу его образца в высушенном состоянии. Когда образец имеет правильную геометрическую форму, его объем легко вычислить. Но бывают случаи, когда образец правильной формы по каким-либо причинам получить не удастся. Тогда, как и для истинной плотности, объем образца определяют по объему вытесняемой им жидкости (установлено, что точность определения плотности в этом случае выше, чем на образцах правильной формы).

2.1. Определение средней плотности образцов правильной геометрической формы

Размеры образца в форме _____ (рис. 5) измеряли с помощью _____, затем образец взвешивали.

Среднюю плотность материала ρ_m , г/см³, вычисляли по формуле:



где _____

Рис. 5. Схема образца правильной формы

Таблица 4

Результаты определения средней плотности _____
на образцах правильной формы

Номер опыта	Масса образца, г	Размеры образца, см	Объем образца, см ³	Средняя плотность, г/см ³ (кг/м ³)	
				текущее значение	среднее значение
1					
2					
3					

2.2. Определение средней плотности образцов неправильной геометрической формы с помощью мерного цилиндра

Цилиндр объемом 250...500 мл примерно до половины высоты шкалы заполняли инертной жидкостью и определяли ее объем. Предварительно высушенный и взвешенный образец материала покрывали пленкой из расплавленного парафина, охлаждали, взвешивали и помещали в мерный цилиндр (рис. 6).

Среднюю плотность материала ρ_m , г/см³, вычисляли по формуле:

где _____

Рис. 6. Схема определения средней плотности материала на образцах неправильной формы с помощью мерного цилиндра

Таблица 5

Результаты определения средней плотности _____
на образцах неправильной формы с помощью мерного цилиндра

Номер опыта	Масса образца, г		Объем жидкости, см ³	Объем жидкости и образца, см ³	Средняя плотность, г/см ³ (кг/м ³)	
	без парафина	с парафином			текущее значение	среднее значение
1						
2						
3						

2.3. Определение средней плотности образцов неправильной геометрической формы методом гидростатического взвешивания

Метод гидростатического взвешивания основан на законе Архимеда, гласящего, что всякое тело, погруженное в жидкость, испытывает давление снизу вверх, равное весу жидкости в объеме данного тела, и, следовательно, теряет в своем весе столько, сколько весит жидкость в объеме данного тела.

Согласно данному методу, предварительно высушенный и взвешенный образец материала покрывали тонкой пленкой из расплавленного парафина, охлаждали и взвешивали сначала на воздухе, затем на гидростатических весах в воде (рис. 7).

Рис. 7. Схема определения средней плотности материала на образцах неправильной формы с помощью гидростатического взвешивания

Среднюю плотность материала ρ_m , г/см³, вычисляли по формуле:

где _____

Таблица 6

Результаты определения средней плотности _____
 на образцах неправильной формы методом гидростатического взвешивания

Номер опыта	Масса образца, г	Масса парафинированного образца на воздухе, г	Масса парафинированного образца в воде, г	Средняя плотность, г/см ³ (кг/м ³)	
				текущее значение	среднее значение
1					
2					
3					

Выводы: _____

3. Определение пористости материала

Пористость материала – это _____

где _____

Различают общую, замкнутую и открытую пористость. Замкнутыми считаются поры, _____

Открытыми называют поры, _____

От величины пористости и ее структуры зависят практически все основные эксплуатационные свойства материалов.

Общую пористость $P_{\text{общ}}$, %, рассчитывали по формуле:

где _____

За величину открытой пористости P_0 принимали водопоглощение материала по объему (табл. 9). Закрытую пористость P_3 рассчитывали как разность между общей и открытой пористостью.

Таблица 7

Результаты определения пористости _____

Номер опыта	Истинная плотность, г/см ³ (табл. 1, 2 или 3)	Средняя плотность, г/см ³ (табл. 4)	Пористость, %		
			общая	замкнутая	открытая
1					
2					
3					

Выводы: _____

4. Определение влажности материала

Влажность материала – это _____

- по массе

- по объему

где _____

Влажность материала оказывает значительное влияние на его физические и механические свойства. Влияние это носит негативный характер: с увеличением влажности материала его прочность снижается, а теплопроводность возрастает. Изменение влажности материала сопровождается деформациями усадки-набухания, вызывающими его разрушение.

Для определения влажности образцы материала в его естественном состоянии взвешивали, затем высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы. После охлаждения до комнатной температуры образцы вновь взвешивали.

Влажность материала, %, вычисляли по формулам:

(по массе)

(по объему)

где _____

Таблица 8

Результаты определения влажности _____

Номер опыта	Масса образца в естественном состоянии, г	Масса высушенного образца, г	Объем образца, см ³	Влажность отдельного образца, %		Среднее значение влажности, %	
				W _m	W _v	W _m	W _v
1							
2							
3							

5. Определение водопоглощения материала

Водопоглощение материала характеризует _____

Оценивается водопоглощение по максимально возможному содержанию в материале жидкой фазы

- по массе

- по объему

где _____

По сути, величина водопоглощения материала показывает максимальную влажность, которую он может иметь. Зависит водопоглощение главным образом от объема и структуры пористости – чем больше в материале открытых пор, тем больше влаги он способен поглотить из окружающей среды. Высокое водопоглощение отрицательно сказывается на многих свойствах материалов, особенно на их морозостойкости.

Для определения водопоглощения образцы предварительно высушивали в сушильном шкафу до постоянной массы, охлаждали до комнатной температуры, взвешивали, обмеряли и вычисляли объем. Затем укладывали в емкость с водой, имеющей температуру +20 °С, где образцы выдерживали до установления постоянной массы, после чего их вынимали, обтирали влажной мягкой тканью и сразу взвешивали.

Водопоглощение образцов, %, вычисляли по формулам:

(по массе)

(по объему)

где _____

Результаты определения водопоглощения _____

Номер опыта	Масса высушенного образца, г	Масса насыщенного водой образца, г	Объем образца, см ³	Водопоглощение отдельного образца, %		Среднее значение водопоглощения, %	
				V_m	V_v	V_m	V_v
1							
2							
3							

6. Определение насыпной плотности материала

Насыпная плотность – это _____



где _____

Зная насыпную плотность рыхлозернистого материала, можно рассчитать его объем по известной массе и наоборот, а также рассчитать _____ материала.

Насыпную плотность рыхлозернистого материала определяют по его массе в сосуде известного объема. Для этого используют сосуды объемом от 1 до 50 л. Выбор сосуда зависит от крупности частиц, из которых состоит материал: чем крупнее частицы, тем больше должен быть мерный сосуд.

Насыпную плотность мелкозернистого материала (песка) определяли с помощью воронки в виде конуса с заслонкой в нижней части (рис. 8). Под воронку ставили заранее взвешенный мерный сосуд емкостью 1 дм³ (1 л). В воронку засыпали сухой материал, открывали заслонку и с высоты 10 см заполняли сосуд с избытком. Металлической линейкой срезали излишек материала вровень с краями сосуда (без уплотнения) и сосуд с материалом взвешивали.

Насыпную плотность ρ_n , г/см³, рассчитывали по формуле:



где _____

Рис. 8. Схема определения насыпной плотности

Результаты определения насыпной плотности _____

Номер опыта	Масса сосуда, г	Масса сосуда с материалом, г	Объем сосуда, см ³	Насыпная плотность, г/см ³ (кг/м ³)	
				текущее значение	среднее значение
1					
2					
3					

7. Определение межзерновой пустотности рыхлозернистого материала

Межзерновая пустотность рыхлозернистого материала – это _____

где _____

Межзерновая пустотность заполнителей для бетонов и строительных растворов является их важнейшей характеристикой, от которой зависит расход дорогостоящего вяжущего для получения бетонов и растворов оптимальной структуры, поэтому этот показатель учитывается при проектировании их состава.

Межзерновую пустотность $P_{мз}$, %, рассчитывали по формуле:

где _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы - изучение методики и порядка определения показателей механических свойств строительных материалов.

Задачи:

1. Закрепление на практике теоретических сведений о прочностных свойствах типичных строительных материалов.

2. Овладение методикой нормативных испытаний и расчетов следующих характеристик материалов:

- предела прочности при сжатии;
- предела прочности при изгибе;
- твердости;
- истираемости.

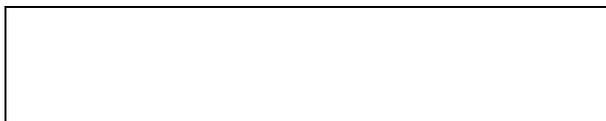
3. Проведение испытаний образцов материалов по указанным характеристикам с сопоставлением полученных результатов со справочными данными.

Выполнение работы

1. Определение предела прочности материала при сжатии

Прочность материала при сжатии характеризует _____

и оценивается величиной предела прочности при сжатии $R_{сж}$:



где _____

Перед испытанием образцы в форме _____ осматривали, выбирали опорные грани, определяли линейные размеры _____ и взвешивали. Затем устанавливали на нижнюю плиту пресса и подвергали сжимающей нагрузке до разрушения (рис. 9). По шкале пресса фиксировали значение разрушающей нагрузки.

Рис. 9. Схема испытания образца на сжатие

Предел прочности при сжатии для каждого образца $R_{сж}$, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$), вычисляли по формуле:

где _____

Таблица 12

Результаты определения предела прочности при сжатии _____

Номер образца	Размеры образца $a \times b \times h$, см	Масса образца, г	Средняя плотность		Разрушающая сила, Н (кгс)	Предел прочности при сжатии	
			текущее, $\text{г}/\text{см}^3$	среднее, $\text{кг}/\text{м}^3$		текущее, $\text{кгс}/\text{см}^2$	среднее, МПа
1							
2							
3							

Выводы: _____

2. Определение предела прочности при изгибе

Прочность материала при изгибе характеризует _____

и оценивается величиной предела прочности при изгибе $R_{изг}$, которая определяется как максимальное напряжение в нижнем растянутом слое изгибаемого образца, приводящее к его разрушению. Согласно положениям сопротивления материалов, это напряжение равно отношению изгибающего момента к моменту сопротивления сечения образца:

где _____

Предел прочности материала при изгибе определяют, испытывая на поперечный изгиб образцы в форме прямоугольных призм (балочек) до разрушения. Изгиб может осуществляться как одной сосредоточенной нагрузкой по центру пролета (одноточечный изгиб, рис. 10), так и двумя сосредоточенными нагрузками (двухточечный изгиб, рис. 11). В зависимости от принятой схемы и соответствующего ей изгибающего момента предел прочности при изгибе $R_{изг}$ рассчитывается по формуле:



Рис. 10. Схема одноточечного изгиба

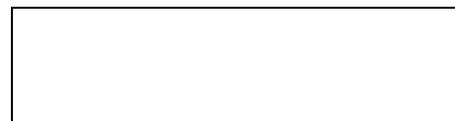


Рис. 11. Схема двухточечного изгиба

где _____

При испытаниях на изгиб кирпича, древесины, бетонных образцов малых размеров используют гидравлический или механический пресс. Для определения прочности при изгибе мелкозернистого бетона, строительного раствора, минеральных вяжущих веществ изготавливают стандартные образцы размером 40×40×160 мм и испытывают их на специальных изгибающих машинах, например, МИИ-100. Оставшиеся после разрушения стандартных призм половинки испытывают на прочность при сжатии, что позволяет экономить время и материалы. При испытаниях крупногабаритных образцов бетона и железобетона используют испытательные стенды.

2.1. Определение предела прочности при изгибе с помощью пресси

Перед испытанием образцы осматривали, измеряли линейные размеры и взвешивали. Затем с помощью специальных приспособлений или стальных стержней диаметром 10 мм составляли испытательную схему, соответствующую одному из типов изгиба (рис. 10 или 11), и подвергали образец сжимающей нагрузке до разрушения. По шкале пресси определяли значение разрушающей нагрузки в кгс. Предел прочности при изгибе каждого образца $R_{изг}$, МПа (кгс/см²), рассчитывали по формуле, соответствующей типу изгиба.

Результаты определения предела прочности _____
при _____ изгибе

Но- мер об- разца	Размеры образца b×h×c, см	Масса образ- ца, г	Средняя плотность		Расстоя- ние между опорами, см	Разруша- ющая си- ла, Н (кгс)	Предел прочности при изгибе	
			текущее, г/см ³	среднее, кг/м ³			текущее, кгс/см ²	среднее, МПа
1								
2								
3								

2.2. Определение предела прочности при изгибе с помощью универсальной изгибающей машины

Перед испытанием стандартные образцы-призмы 40×40×160 мм осматривали и взвешивали. Затем образец вставляли в захват предварительно уравновешенной машины (рис. 12), закрепляли там и включали двигатель. После разрушения образца со счетчика машины снимали значение предела прочности при изгибе $R_{изг}$ в кгс/см².

Оставшиеся после испытания на изгиб половинки образцов-балочек испытывали на сжатие с помощью специальных металлических пластин на прессе (рис. 13).

Рис. 12. Схема испытания образца на изгиб с помощью изгибающей машины

Рис. 13. Схема испытаний на сжатие половинок образцов-балочек

Предел прочности при сжатии каждой половинки образца $R_{сж}$, МПа (кгс/см²), рассчитывали по формуле:

где _____

Таблица 14

Результаты определения пределов прочности при изгибе и при сжатии

Номер образца	Масса образца, г	Средняя плотность		Предел прочности при изгибе		Разрушающая сила, кгс		Прочность при сжатии, МПа
		текущее, г/см ³	среднее, кг/м ³	текущее, кгс/см ²	среднее, МПа	текущее	среднее	
1								
2								
3								

Выводы: _____

3. Определение твердости

Твердостью материала называется _____

Твердость пластичных материалов (металлов) определяют путем вдавливания в них под определенной нагрузкой интандера – стального шарика или алмазного конуса (методы Роквелла, Бринелля, Виккерса). Твердость древесины и линолеума определяют путем вдавливания в них стального стержня или сферического пуансона под небольшим давлением. Для определения твердости хрупкого природного или искусственного камня (строительных материалов на основе минерального сырья) используют шкалу Мооса, состоящую из десяти минералов, расположенных по степени возрастания твердости.

Для определения твердости материала на гладкой поверхности его образца наносили черту каждым из минералов, входящих в шкалу Мооса, начиная с самого мягкого из них. За твердость принимали среднюю величину между условной твердостью того минерала, который оставил черту, и предыдущим, более мягким минералом, не оставившим черты на образце.

Результаты определения твердости _____:

4. Определение истираемости

Истираемостью материала называется _____

Истираемость характеризует стойкость материала, подвергаемого истирающим нагрузкам, к абразивному износу: чем выше истираемость, тем меньше износостойкость материала.

Для определения истираемости образцы материала в форме кубов 70,7×70,7×70,7 мм обмеряли, взвешивали и устанавливали в гнезда круга истирания под вертикальную нагрузку величиной 300 ± 5 Н (рис. 14). На истирающий диск равномерным слоем насыпали 20 г абразивного материала - _____ и включали привод круга. Через 28 оборотов (30 м пути истирания) круг автоматически останавливался. Остатки песка удаляли и насыпали новую порцию. Эту операцию повторяли 5 раз, после чего образцы вынимали из гнезд, поворачивали на 90° в горизонтальной плоскости и продолжали опыт до тех пор, пока образец полностью не поворачивался вокруг своей оси (путь истирания – 600 м). Затем образцы вынимали из гнезд и взвешивали.

Величину истираемости G , г/см^2 , определяли по формуле:

где _____

Рис. 14. Схема испытания образцов на круге истирания

Таблица 15

Результаты определения истираемости _____

Номер образца	Масса образца до испытания, г	Масса образца после испытания, г	Площадь истирания, A , см^2	Истираемость, г/см^2	
				текущая	средняя
1					
2					
3					

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИСПЫТАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Цель работы - изучение методики оценки основных физических и механических эксплуатационных свойств древесины.

Задачи:

1. Закрепление на практике теоретических сведений о структуре и основных эксплуатационных характеристиках лесных строительных материалов.

2. Овладение методикой нормативных испытаний и расчетов следующих характеристик древесины:

- содержания поздней древесины;
- эксплуатационной влажности;
- равновесной влажности;
- плотности;
- усушки;
- разбухания;
- прочности на сжатие вдоль волокон;
- прочности при статическом изгибе;
- прочности на скалывание вдоль волокон.

3. Проведение испытаний образцов материалов с сопоставлением полученных результатов со справочными данными в соответствующих выводах по работе.

Выполнение работы

1. Определение содержания поздней древесины в годичном слое

Поздней древесиной называется _____

Для определения содержания поздней древесины на торцевом срезе образца в радиальном направлении (перпендикулярно годовым слоям) наносили линию длиной $l =$ _____ мм (рис. 15). С помощью _____ измеряли толщину δ_i , мм, поздней летней части древесины каждого i -го годового слоя на участке l с точностью до 0,1 мм.

Содержание поздней древесины в годичном слое m , %, вычисляли по формуле:



где _____

Рис. 15. Схема определения содержания поздней древесины

По содержанию поздней древесины приближенно оценивали:
среднюю плотность $\rho_m^{12\%}$ –

прочность при сжатии вдоль волокон $R_{сж}^{12\%}$ -

прочность при статическом изгибе $R_{изг}^{12\%}$ -

Таблица 16

Результаты определения содержания поздней древесины

Номер образца	Общая ширина поздней древесины $\sum \delta_i$, мм	База изменений l , мм	Содержание поздней древесины m , %	Расчетные показатели при влажности $W = 12\%$		
				$\rho_m^{12\%}$, кг/м ³	$R_{сж}^{12\%}$, МПа	$R_{изг}^{12\%}$, МПа

Выводы: _____

2. Определение эксплуатационной влажности древесины

Влажность древесины существенно влияет на ее физические и механические свойства. Чем выше влажность, тем больше плотность древесины, выше ее тепло- и электропроводность и ниже прочность. Чтобы сопоставлять между собой свойства разных пород древесины, все их свойства с помощью переводных коэффициентов приводятся к стандартной влажности, за которую принимают 12 %. Изменение влажности древесины в процессе эксплуатации сопровождается влажностными деформациями: увеличение влажности приводит к разбуханию древесины, уменьшение – к ее усушке.

В зависимости от влажностного состояния различают древесину:

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

Для определения влажности образцы древесины в форме _____ помещали в металлические бюксы, предварительно взвешенные вместе с крышками, взвешивали и устанавливали в сушильный шкаф со снятыми крышками, где высушивали при $t = \underline{\hspace{2cm}}$ °С до постоянной массы, взвешивая каждые 2 ч. По окончании высушивания бюксы с образцами закрывали крышками и охлаждали до комнатной температуры в эксикаторе, после чего взвешивали.

Влажность древесины W , %, вычисляли с точностью до 0,1 % по формуле

где _____

Таблица 17

Результаты определения влажности древесины

Номер бюксы	Масса, г					Влажность древесины, %
	пустой бюксы	с образцом до высушивания	с образцом после высушивания	испарившейся воды	абсолютно сухой древесины	

Выводы: _____

3. Определение равновесной влажности древесины

Равновесной называют такую влажность древесины, при которой _____

Равновесную влажность определяли по номограмме Н.Н. Чулицкого с помощью психрометрического гигрометра (рис. 16).

Определяли температуру сухого термометра $t_{\text{сух}} = \underline{\hspace{2cm}}$ °С, влажного термометра $t_{\text{вл}} = \underline{\hspace{2cm}}$ °С и рассчитывали психрометрическую разницу $\Delta t = t_{\text{сух}} - t_{\text{вл}} = \underline{\hspace{2cm}}$ °С. По значениям Δt и $t_{\text{сух}}$ с помощью психрометрической таблицы находили относительную влажность воздуха $\varphi = \underline{\hspace{2cm}}$ %. По величине φ и $t_{\text{сух}}$ по диаграмме Н.Н. Чулицкого определили равновесную влажность древесины $W_{\text{равн}} = \underline{\hspace{2cm}}$ %.

Выводы: _____

Рис. 16. Схема психрометра:

4. Определение средней плотности древесины

Плотность древесины оказывает существенное влияние на ее свойства, особенно прочностные. Чем выше плотность древесины, тем она прочнее. Плотность древесины зависит от породы дерева, условий его произрастания и от влажности в момент испытаний.

Плотность древесины определяли на образцах в форме _____. Образцы обмеряли _____ и взвешивали. Плотность древесины в состоянии естественной влажности ρ_m^W , кг/м³, рассчитывали по формуле

где _____

На стандартную влажность плотность древесины $\rho_m^{12\%}$, кг/м³, пересчитывали по формуле

где _____

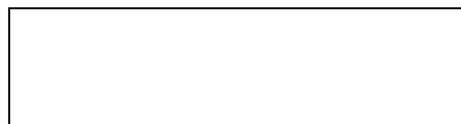
Результаты определения плотности древесины в лаборатории

Номер образца	Масса, г	Размеры, см			Объем, см ³	Влажность, %	Плотность, г/см ³ (кг/м ³)		
		a^w	b^w	l^w			ρ_m^w		$\rho_m^{12\%}$
							текущая	средняя	

5. Определение плотности древесины в полевых условиях

Плотность древесины в полевых условиях определяли на образцах _____ . Измеряли длину образца, а затем образец погружали вертикально в цилиндр с водой и измеряли выступающую над водой часть образца (рис. 17).

Плотность древесины в состоянии естественной влажности ρ_m^w , кг/м³, рассчитывали по формуле:



где _____

Рис. 17. Схема определения плотности древесины в полевых условиях

Результаты определения плотности древесины в полевых условиях

Номер образца	Длина образца, см	Высота выступающей над водой части, см	Средняя плотность, г/см ³ (кг/м ³)	
			текущее	среднее

6. Определение усушки древесины

Усушкой называют _____

Усушка является отрицательным свойством древесины, так как неравномерные деформации усушки в разных направлениях, обусловленные _____ древесины, сопровождаются возникновением внутренних напряжений и являются причиной растрескивания и коробления пиломатериалов и деревянных изделий. Чтобы избежать усушки в период эксплуатации в помещениях, влажность изделий и конструкций из древесины должна быть близкой к равновесной. При распиловке бревен на доски предусматривают припуски на усушку с тем, чтобы после высыхания пиломатериалы и заготовки имели заданные размеры.

Для определения усушки образцы в форме _____ погружали в сосуд с дистиллированной водой температурой 20 ± 5 °С и выдерживали до прекращения изменения размеров, измеряя образцы _____

_____ (рис 18).

Вымачивание прекращали, когда разница между двумя последовательными измерениями стала не более _____ мм. Фиксировали размеры водонасыщенных образцов, после чего их высушивали сперва на воздухе, а затем в сушильном шкафу до постоянных размеров (массы) при температуре _____ °С, измеряя через каждые 2 ч. Высушенные образцы охлаждали до комнатной температуры в эксикаторе и измеряли.

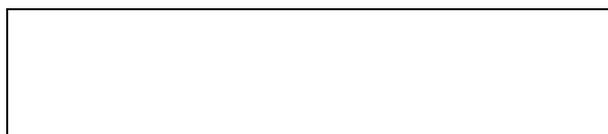
Усушку вычисляли в трех направлениях (тангенциальном U_t , радиальном U_r и вдоль волокон U_l) в процентах по формулам:

Рис. 18. Схема измерения образцов для определения усушки и разбухания

для тангенциального направления



для радиального направления



для направления вдоль волокон



где _____

Объемную усушку U_v определяли по формуле:

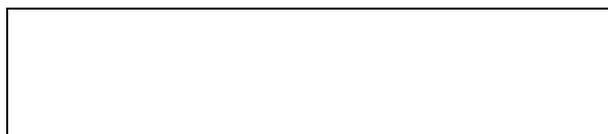


Таблица 20

Результаты определения полной усушки древесины

Номер образца	Размеры образца, мм						Усушка, %			
	в водонасыщенном состоянии			в абсолютно сухом состоянии			U_r	U_t	U_l	U_v
	r_{max}	t_{max}	l_{max}	r_{min}	t_{min}	l_{min}				

Выводы: _____

7. Определение разбухания древесины

Разбуханием называют _____

Разбухание, как правило, менее опасно, чем усушка, а в ряде случаев играет положительную роль, обеспечивая плотность соединений досок в судах, лодках, деревянных трубах и бочках.

Для определения разбухания образцы в форме _____ высушивали в сушильном шкафу до постоянных размеров, измеряя через каждые 2 ч. После этого образцы охлаждали до комнатной температуры в эксикаторе и измеряли _____ (рис 18).

Высушенные образцы погружали в сосуд с дистиллированной водой температурой _____ °С и выдерживали до прекращения изменения размеров, измеряя образцы через каждые _____. Вымачивание прекращали, когда разница между двумя последовательными измерениями стала не более _____ мм.

Разбухание вычисляли в трех направлениях в процентах по формулам:
для тангенциального направления P_t



для радиального направления P_r

для направления вдоль волокон P_l

Объемное разбухание P_v определяли по формуле

Таблица 21

Результаты определения максимального разбухания древесины

Номер образца	Размеры образца, мм						Разбухание, %			
	в абсолютно сухом состоянии			в водонасыщенном состоянии			P_r^{max}	P_t^{max}	P_l^{max}	P_v^{max}
	r_{min}	t_{min}	l_{min}	r_{max}	t_{max}	l_{max}				

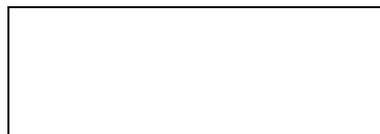
Выводы: _____

8. Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон

Древесина обладает высокой прочностью при действии сжимающих и растягивающих напряжений, и по прочности на сжатие соответствует высокопрочным бетонам, а по прочности на растяжение и на изгиб – намного превосходит их. Прочность древесины зависит от породы дерева, содержания поздней древесины, пористости и влажности. Кроме этого, прочность древесины зависит от направления действия механических сил по отношению к расположению волокон. Это явление называется _____ и обусловлено _____.

Предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон определяли на образцах _____. Измеряли размеры сечения образцов и площадь опорной грани, затем образцы помещали в специальное приспособление, устанавливали на опорную плиту прессы и испытывали до разрушения (рис. 19). По шкале прессы устанавливали разрушающую нагрузку.

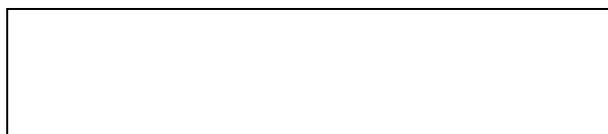
Предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон в состоянии естественной влажности $R_{сж}^W$, МПа, вычисляли по формуле



где _____

Рис. 19. Схема испытания образцов древесины на прочность при сжатии вдоль волокон

Полученные значения приводили к прочности при стандартной влажности 12 % $R_{сж}^{12\%}$, МПа, по формуле



где _____

Таблица 22

Результаты определения прочности древесины при сжатии вдоль волокон

Номер образца	Размеры сечения $a \times b$, см	Разрушающая нагрузка P_p , Н (кгс)	Влажность древесины W , %	Предел прочности при сжатии, МПа		
				$R_{сж}^W$		$R_{сж}^{12\%}$
				текущее	среднее	

9. Определение предела прочности древесины при статическом изгибе

Прочность древесины при изгибе составляет около 70 % прочности при растяжении вдоль волокон и примерно в 1,8 раза превышает прочность при аналогичном сжатии.

Предел прочности древесины при статическом изгибе определяли на образцах _____

с помощью специальных приспособлений.

Образцы испытывали на гидравлическом прессе до разрушения по схеме, представленной на рис. 20. По шкале прессы устанавливали разрушающую нагрузку.

Предел прочности древесины при статическом изгибе в состоянии естественной влажности $R_{изг}^W$, МПа, вычисляли по формуле:



где _____

Рис. 20. Схема испытания образцов древесины на прочность при статическом изгибе

Полученные значения приводили к прочности при стандартной влажности 12 % $R_{изг}^{12\%}$, МПа, по формуле



где _____

Таблица 23

Результаты определения прочности древесины при статическом изгибе

Номер образца	Размеры сечения $b \times h$, см	Разрушающая нагрузка P_p , Н (кгс)	Влажность древесины W , %	Предел прочности при изгибе, МПа		
				$R_{изг}^W$		$R_{изг}^{12\%}$
				текущее	среднее	

10. Определение предела прочности древесины при скалывании вдоль волокон

Особенностью древесины является то, что у нее очень низкая сопротивляемость скалыванию. Именно по этой причине не удается реализовать высокую прочность древесины на растяжение, поскольку разрушение растянутых элементов будет происходить не от разрыва, а от скалывания и смятия в местах их крепления. Поэтому древесину используют в основном в изгибаемых и сжимаемых конструкциях (балках, стойках, настилах) и реже – в растягиваемых элементах (затяжках стропильных ферм).

Форма, размеры и схема испытания образцов на прочность при скалывании вдоль волокон представлены на рис. 21. Образец в специальном приспособлении устанавливали на нижнюю плиту пресса и испытывали на сжатие до разрушения. По шкале пресса устанавливали разрушающую нагрузку.

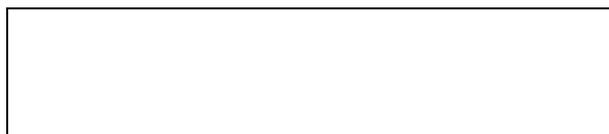
Предел прочности древесины при скалывании вдоль волокон в состоянии естественной влажности $R_{ск}^W$, МПа, вычисляли по формуле:



где _____

Рис. 21. Схема испытания образцов древесины на прочность при скалывании вдоль волокон

Полученные значения приводили к прочности при стандартной влажности 12 % $R_{ск}^{12\%}$, МПа, по формуле



где _____

Таблица 24

Результаты определения прочности древесины при скалывании вдоль волокон

Но- мер об- разца	Размеры плос- кости скалы- вания $b \times l$, см	Разрушающая нагрузка P_p , Н (кгс)	Влажность древесины W , %	Предел прочности при скалывании, МПа		
				$R_{ск}^W$		$R_{ск}^{12\%}$
				текущее	среднее	

Выводы: _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Цель работы - изучение генетической классификации горных пород, основных свойств породообразующих минералов, горных пород и области их применения в строительстве.

Задачи:

1. Дать определение понятиям «горная порода» и «минерал».
2. Изучить генетическую классификацию горных пород.
3. Представить данные о составе, свойствах и породообразующей роли минералов из заданного списка.
4. Представить данные о генезисе (происхождении), составе, свойствах и применении в строительстве заданных горных пород.

Выполнение работы

Природными каменными материалами называют продукты, получаемые из горных пород путем их обработки или вовсе без нее. Горной породой называют

Генетическая классификация горных пород представлена на рис. 22.

В современном строительстве природный камень используют по двум направлениям:

1) При изготовлении изделий для кладки стен, облицовки, настила пола, устройства дорожных покрытий, оснований под фундаменты и дороги, гидротехнического строительства (стенной камень, плитка, брусчатка, бортовой камень, ступени, подоконники, карнизы, бутовый камень и т.п.). Поскольку эти изделия получают только механической обработкой, состав, структура и свойства изделий остаются такие же, как и у исходной горной породы;

2) В качестве сырья при изготовлении искусственных строительных материалов и изделий: стекла, керамики, минеральных вяжущих веществ, бетонов и растворов на их основе (в основном для этого используются осадочные горные породы). В результате происходящих в процессе производства физико-химических превращений состав, структура и свойства исходных пород существенным образом изменяется.

Основные эксплуатационные свойства изделий из природного камня (прочность, плотность, морозостойкость, декоративные характеристики), а также возможности использования горных пород в качестве сырья предопределяются главным образом их минералогическим (минеральным) составом, под которым понимается _____

Минералы – это _____

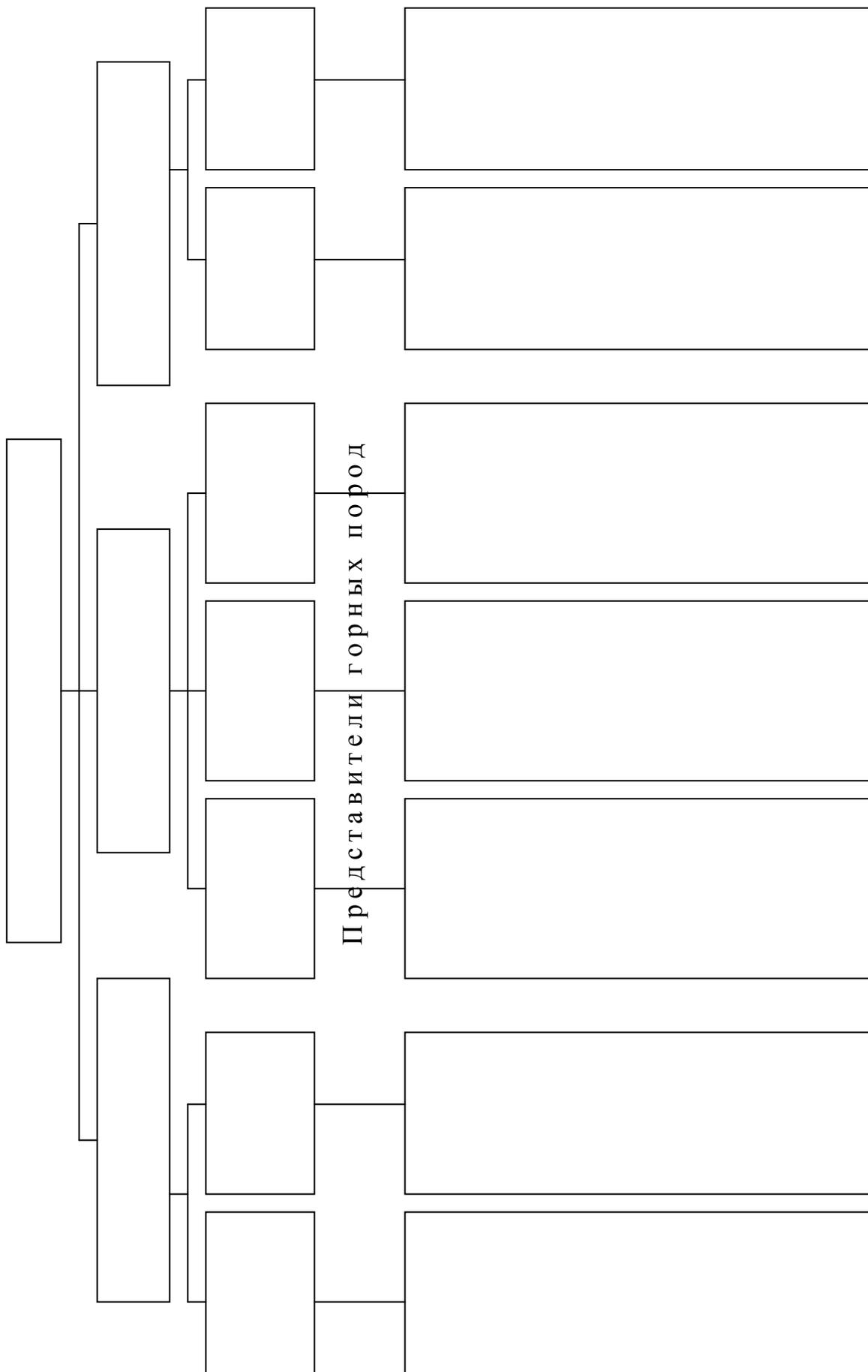


Рис. 22. Генетическая классификация горных пород

Таблица 25

Основные свойства породообразующих минералов

Наименование минерала	Химическая формула	Цвет	Твердость	Плотность, г/см ³	Прочность, МПа	Особые свойства	Горная порода

Окончание табл. 25

Наименование минерала	Химическая формула	Цвет	Твердость	Плотность, г/см ³	Прочность, МПа	Особые свойства	Горная порода

Таблица 26

Основные свойства и применение в строительстве горных пород

Наименование породы	Происхождение	Породообразующие минералы	Основные свойства	Достоинства	Недостатки	Применение в строительстве

Окончание табл. 26

Наименование породы	Происхождение	Породообразующие минералы	Основные свойства	Достоинства	Недостатки	Применение в строительстве

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИСПЫТАНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

Цель работы - изучение типоразмеров керамического кирпича и основных технических требований к его качеству, овладение методикой оценки основных характеристик.

Задачи:

1. Ознакомиться с типоразмерами и разновидностями керамического кирпича.
2. Изучить методику оценки показателей качества керамического кирпича:
 - внешнего вида и размеров;
 - средней плотности;
 - водопоглощения;
 - прочности при изгибе;
 - прочности при сжатии.
3. Провести испытания предложенного кирпича, определить его марку и дать заключение о возможности использования в строительстве.

Выполнение работы

1. Общая характеристика, классификация керамического кирпича

Керамическим кирпичом называется _____

_____.

Керамический кирпич применяют для устройства кладок на строительных растворах, а в ряде случаев – и в декоративных целях.

Таблица 27

Классификация керамического кирпича (ГОСТ 530-2012)

Классификационный признак	Разновидности керамического кирпича
По назначению	
По наличию и расположению пустот	
По размерам (формату)	
По прочности	
По средней плотности	
По морозостойкости	

2. Оценка качества керамического кирпича по его внешнему виду и размерам

Отклонения размеров керамического кирпича от номинальных (стандартных), их колебания, разброс снижают качество кладки стен, поэтому они не должны превышать предельно допустимых ГОСТом значений. Качество кладки особенно заметно при отделке фасадов зданий, поэтому к лицевому кирпичу предъявляются повышенные требования по отклонению размеров. По внешнему виду кирпича определяют наличие дефектов, которые также снижают качество кладки, ухудшают ее внешний вид.

Внешний вид и размеры _____
кирпича (рис. 23) оценивали путем его осмотра и обмера.

Размеры изделия, глубину отбитости ребер и углов измеряли с помощью _____

_____ с точностью до 1 мм. Длину и ширину кирпича определяли на двух ребрах и середине постели, толщину – на двух ребрах и середине тычка. За результат измерений принимали среднее арифметическое. Глубину отбитостей углов, граней и ребер измеряли по перпендикуляру от вершины угла или ребра, образованного угольником, до поврежденной поверхности. Полученные значения сравнивали с требованиями ГОСТ 530-2012 (табл. 28 и 29).

Рис. 23. Обозначения граней и номинальные размеры кирпича

Таблица 28

Отклонения размеров _____ кирпича от номинальных

Размер	Значение, мм		Отклонения, мм	
	наблюдаемое	номинальное	наблюдаемые	допустимые
Длина				
Ширина				
Толщина				

Таблица 29

Дефекты внешнего вида _____ кирпича

Вид дефекта	Значения	
	наблюдаемые	допустимые
Отбитости углов глубиной, отбитости ребер и граней длиной более 15 мм, шт		
Отбитости углов глубиной, отбитости ребер и граней длиной не более 15 мм, шт		
Трещины, шт		

Выводы: _____

3. Определение средней плотности керамического кирпича

От средней плотности кирпича зависит теплопроводность кладки: чем ниже средняя плотность, тем ниже теплопроводность кладки. Соответственно, для обеспечения требуемого термического сопротивления стены потребуется кладка меньшей толщины, что значительно удешевляет строительство. Среднюю плотность керамического кирпича стремятся уменьшить за счет повышения пористости керамического черепа и введения технологических пустот (пустотелый кирпич). Керамический кирпич делится на классы по средней плотности, каждому из которых соответствует группа по теплотехнической эффективности (ГОСТ 530-2012).

Среднюю плотность кирпича определяли на трех образцах по результатам измерения их размеров (табл. 28). Образцы высушивали в сушильном шкафу при температуре _____ °С до постоянной массы m , кг.

Среднюю плотность кирпича ρ_m , кг/м³, вычисляли по формуле

где _____

Результаты вычислений округляли до 10 кг/м³.

Таблица 30

Результаты определения группы кирпича по теплотехническим характеристикам

Номер образца	Размеры образца, см	Масса образца, г	Средняя плотность, кг/м ³		Класс	Группа
			текущее	среднее		
1						
2						
3						

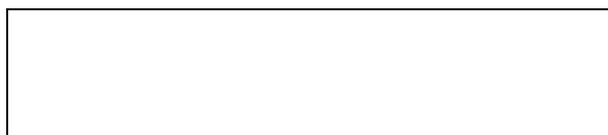
4. Определение водопоглощения кирпича

Средняя плотность кирпича определяется по отношению массы изделия ко всему занимаемому им объёму, включая пустоты и поры, поэтому не дает представления о величине пористости керамического черепа, которая также оказывает существенное влияние на теплотехнические характеристики кладок. Прямое определение пористости (см. лаб. раб. № 1) требует существенных трудозатрат и высокой квалификации персонала лаборатории. Поэтому пористость и, соответственно, теплопроводность черепа оценивают косвенно по величине водопоглощения кирпича по массе, используя простейшую методику.

ГОСТ 530-2012 устанавливает, что для обеспечения требуемых теплотехнических характеристик кладки водопоглощение обычного кирпича должно быть не менее 6,0 %. У клинкерного кирпича, напротив, водопоглощение не должно превышать 6,0 %, так как для него важнее показатель стойкости к воздействиям агрессивных сред.

Для определения водопоглощения керамического кирпича по ГОСТ 7025-91 три его образца высушивали до постоянной массы при температуре _____ °С. После взвешивания образцы укладывали на решетку сосуда с водой температурой _____ °С так, чтобы уровень воды был выше верха образцов на _____ см. Через _____ ч выдерживания образцов под водой их вынимали, вытирали влажной мягкой тканью и взвешивали. Массу воды, вытекшей из пор на чашку весов, включали в массу насыщенного водой образца.

Водопоглощение каждого кирпича по массе V_m , %, с точностью до 1 % вычисляли по формуле:



где _____

Таблица 31

Результаты определения водопоглощения керамического кирпича

Номер образца	Масса, г		Водопоглощение, %	
	в сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии	текущее значение	среднее
1				
2				
3				

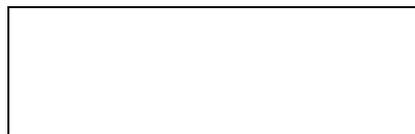
Выводы: _____

5. Определение предела прочности кирпича при изгибе

Значение предела прочности кирпича при изгибе (см. лаб. раб. №2) учитывается при определении его _____.

Предел прочности при изгибе керамического кирпича определяли по ГОСТ 8462-85 при помощи гидравлического пресса по схеме, представленной на рис. 24. Образец размечали и устанавливали постелью на две опоры, расположенные параллельно на нижней плите пресса на расстоянии 20 см друг от друга. Сверху по середине пролета устанавливали металлический стержень. Образец прижимали верхней плитой пресса и нагружали до разрушения. По шкале пресса устанавливали разрушающую нагрузку.

Предел прочности каждого кирпича при изгибе $R_{изг}$, МПа ($кгс/см^2$), вычисляли по формуле



где _____

Рис. 24. Схема испытания кирпича на изгиб

Результаты вычислений округляли до 0,05 МПа (0,5 $кгс/см^2$).

Таблица 32

Результаты определения предела прочности керамического кирпича при изгибе

Номер образца	Размеры образца $b \times h$, см	Расстояние между опорами, см	Разрушающая сила, Н (кгс)	Предел прочности при изгибе, МПа	
				текущее	среднее
1					
2					
3					

6. Определение предела прочности кирпича при сжатии

Значение предела прочности кирпича при сжатии (см. лаб. раб. №2) является основным показателем при определении его _____.

Предел прочности при сжатии кирпича определяли с помощью гидравлического пресса на образцах, состоящих из двух половинок, полученных после испытания кирпича на изгиб. Половинки укладывали постелями друг на друга, размещая их поверхностями раздела в противоположные стороны, устанавливали в центре нижней плиты пресса и прижимали верхней плитой пресса (рис. 25). Образец нагружали до разрушения и по шкале пресса устанавливали разрушающую нагрузку.

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа ($кгс/см^2$), каждого образца вычисляли по формуле:

Рис. 25. Схема испытания кирпича на сжатие



где _____

Результаты вычислений округляли до 0,1 МПа (1 кгс/см²).

Таблица 33

Результаты определения предела прочности керамического кирпича при сжатии

Номер образца	Размеры поверхности образца, см		Площадь поперечного сечения, см ²	Разрушающая сила, Н (кгс)	Предел прочности при сжатии, МПа (кгс/см ²)	
	нижней	верхней			текущее	среднее
1						
2						
3						

7. Определение марки кирпича по прочности

Марка кирпича по прочности – это _____

Число маркировки означает, что _____

По полученным значениям предела прочности кирпича при сжатии с учетом предела его прочности при изгибе по ГОСТ 530-2012 устанавливали марку кирпича по прочности.

Выводы: представленный для испытаний кирпич имеет марку по прочности _____, так как _____.

Общие выводы по лабораторной работе № 5

Аттестационные вопросы

1. Что служит сырьем для производства керамического кирпича?
2. Назовите разновидности керамического кирпича и его геометрические размеры.
3. Перечислите основные показатели качества керамического кирпича.
4. Как производится оценка качества керамического кирпича по внешнему виду?
5. Какие отклонения допускаются в размерах кирпича?
6. Опишите методику оценки средней плотности кирпича. Как классифицируется кирпич по средней плотности?
7. Как определяется водопоглощение кирпича? Какие требования предъявляются к рядовому и лицевому кирпичу по величине водопоглощения и почему?
8. Опишите методику определения предела прочности кирпича при изгибе.
9. Опишите методику определения предела прочности кирпича при сжатии.
10. Что такое марка керамического кирпича по прочности и как она определяется?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИСПЫТАНИЯ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

Цель работы – освоить методику испытаний гипсовых вяжущих.

Задачи:

1. Ознакомиться с основными требованиями, предъявляемыми к качеству гипсовых вяжущих.
2. Изучить методику оценки следующих показателей гипсовых вяжущих:
 - тонкости помола;
 - нормальной густоты гипсового теста;
 - сроков схватывания;
 - прочности при изгибе;
 - прочности при сжатии.
3. Провести испытания гипсового вяжущего, определить его марку и область применения в строительстве.

Выполнение работы

Гипсовым вяжущим называется _____

Достоинством гипсовых вяжущих является их самая низкая себестоимость среди минеральных вяжущих, самая высокая скорость твердения, сравнительно высокая прочность при низкой плотности. В то же время, изделия на основе гипсовых вяжущих характеризуются низкой водостойкостью, поэтому не допускается применять их в помещениях с влажностью более 65 %. Применяют гипсовые вяжущие для изготовления строительных изделий; производства штукатурных работ и затирки швов; изготовления форм и моделей в фарфоро-фаянсовой, керамической, машиностроительной и других отраслях промышленности; медицинских целей.

1. Определение тонкости (степени) помола

Тонкость помола (дисперсность) гипсовых вяжущих оказывает существенное влияние на их водопотребность: чем тоньше вяжущее размолото, тем больше суммарная поверхность его частиц и тем активнее оно вступает во взаимодействие с водой. Соответственно этому, растет скорость схватывания и прочность полученного камня. Однако чрезмерная дисперсность может приводить к повышенной пористости этого камня и, напротив, к снижению прочности. Тонкость помола гипсовых вяжущих оценивают по остатку на сите после просеивания. Чем выше эта величина, тем грубее вяжущее.

Для определения тонкости помола навеску вяжущего массой 50 г просеивали через сито с диаметром отверстий _____ мм, снабженное крышкой и доньшком. Остаток на сите взвешивали с точностью до 0,1 г.

Тонкость помола $ТП$, %, определяли по формуле

где _____

Таблица 34

Результаты определения тонкости помола гипсового вяжущего

Номер опыта	Масса начальной навески, г	Масса остатка, г	Тонкость помола, %		Маркировка вяжущего
			полученное значение	среднее значение	
1					
2					

2. Определение стандартной консистенции (нормальной густоты) гипсового теста

Гипсовым тестом называют текучую смесь гипса с водой затворения. От того, в каком соотношении содержатся в тесте вода и гипс (В/Г-отношение), зависят реологические свойства гипсового теста, сроки его схватывания и прочность затвердевшего теста. В то же время, при одном и том же В/Г-отношении гипсовые вяжущие с разной тонкостью помола покажут разные свойства. Поэтому для определения основных свойств гипсовых вяжущих (сроков схватывания и марки по прочности) условились проводить испытания при таком В/Г-отношении, которое обеспечивает одинаковую реологию (текучесть) гипсового теста. Это В/Г-отношение назвали нормальной густотой (стандартной консистенцией) гипсового теста. У строительного гипса она составляет _____ %.

Нормальную густоту гипсового теста определяли с помощью _____. Для этого в предварительно протертую влажной тканью чашку вливали 150...220 мл воды. В течение 2...5 с туда же всыпали 300 г гипсового вяжущего. Смесь перемешивали ручной мешалкой в течение 30 с от начала засыпания вяжущего в воду. Затем полученное гипсовое тесто вливали в протертый влажной тканью цилиндр, расположенный на стекле. Через 45 с после затворения вяжущего водой срезали излишки теста металлической линейкой и быстро поднимали цилиндр вертикально вверх. Диаметр расплыва теста измеряли _____ и вычисляли среднее арифметическое. Опыт повторяли при разном расходе воды до тех пор, пока расплыв теста не оказался равен _____ мм.

Рис. 26. Схема определения нормальной густоты гипсового теста

Нормальную плотность гипсового теста $НГ$, %, вычисляли по формуле



где _____

Таблица 35

Результаты определения нормальной плотности гипсового теста

Номер опыта	Масса гипса, г	Масса воды, г	В/Г-отношение, %	Диаметр расплыва теста, мм	НГ, %

3. Определение сроков схватывания гипсового теста

Схватыванием называют процесс постепенной потери тестом минерального вяжущего пластичности и превращения его в твердое тело. Сроки схватывания оцениваются двумя показателями: временем начала схватывания и временем конца схватывания. Начало схватывания означает, что в тесте начала образовываться пространственная система структурных связей, и тесто уже нельзя перемешивать, транспортировать, укладывать в форму и т.д. Конец схватывания означает, что система структурных связей заняла весь объем теста, и оно перешло из пластического в камневидное состояние. На практике это означает, что изделие можно расплубливать (вынимать из формы) без опасений, что оно развалится. По окончании процесса схватывания начинается процесс набора искусственным камнем прочности. Для гипсового камня этот процесс считается полностью завершенным через _____ ч после затворения гипса водой.

Для определения сроков схватывания предварительно готовили тесто _____ из расчета на 300 г гипса, перемешивая смесь в течение 30...45 с. Затем вливали приготовленное тесто в кольцо _____. Для удаления попавшего в тесто воздуха кольцо 4...5 раз встряхивали, металлической линейкой срезали излишки теста и устанавливали кольцо с гипсовым тестом на основание прибора. Иглу приводили до соприкосновения с поверхностью теста и через каждые 30 с опускали в тесто, при этом каждый раз меняя место соприкосновения иглы с тестом и протирая иглу. По шкале фиксировали глубину ее погружения.

Рис. 27. Схема определения сроков схватывания гипсового теста

Таблица 36

Глубина проникновения иглы в гипсовое тесто

Время, мин	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Глубина, мм								
Время, мин	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
Глубина, мм								
Время, мин	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5
Глубина, мм								

Таблица 37

Результаты определения сроков схватывания гипсового теста

Навеска гипса, г	
Количество воды затворения, г	
Время начала схватывания, мин	
Время конца схватывания, мин	
Маркировка гипсового вяжущего по срокам схватывания	

4. Определение марки гипсового вяжущего по прочности

Марка гипсового вяжущего по прочности – это _____

Число в маркировке означает, что _____

Марку гипсового вяжущего назначают по результатам испытаний затвердевшего гипсового камня на прочность при сжатии с учетом его прочности при изгибе по таблицам ГОСТ 125-2018.

Прочность при изгибе и сжатии искусственного гипсового камня определяли по испытаниям стандартных образцов-балочек _____ см, изготовленных из гипсового теста _____. Для этого 1,2 кг гипса в течение 5...20 с засыпали в чашу с водой, взятой в необходимом количестве, интенсивно перемешивали ручной мешалкой в течение 60 с до получения однородного теста, которое заливали в предварительно смазанную форму (рис. 28). Форму встряхивали 5-ю ударами о стол для удаления вовлеченного воздуха. После наступления начала схватывания излишки гипсового теста снимали линейкой. Через 15...20 мин после конца схватывания образцы извлекали из формы и через 2 ч после затворения водой измеряли, взвешивали и испытывали на изгиб на приборе МИИ-100 (рис. 12), а затем половинки образцов – на сжатие с помощью стандартных металлических пластинок на гидравлическом прессе (рис. 13).

Рис. 28. Схема изготовления образцов для определения прочности гипсового камня

Таблица 38

Результаты определения прочностных показателей гипсового вяжущего

Номер образца	Масса образца, г	Средняя плотность		Предел прочности при изгибе		Разрушающая сила, кгс		Прочность при сжатии, МПа
		текущее, г/см ³	среднее, кг/м ³	текущее, кгс/см ²	среднее, МПа	текущее	среднее	
1								
2								
3								

Выводы: _____

5. Маркировка гипсового вяжущего

Маркировку гипсового вяжущего назначали по следующим определенным в ходе работы показателям:

- _____
- _____
- _____

В результате установлено, что испытанное гипсовое вяжущее имеет следующую маркировку: _____ . Это означает, что оно является _____

Общие выводы по лабораторной работе № 6

Аттестационные вопросы

1. К какому виду вяжущих веществ относят строительный гипс? Где он применяется?
2. Как получают строительный гипс?
3. Перечислите разновидности гипсовых вяжущих.
4. По каким показателям оценивают качество строительного гипса? Как производится маркировка гипсового вяжущего?
5. Как определяют тонкость помола гипса?
6. Опишите порядок определения нормальной густоты гипсового теста.
7. Как определяются сроки схватывания гипсового теста?
8. Что такое марка гипса по прочности и как она определяется?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИСПЫТАНИЯ ЦЕМЕНТА

Цель работы – освоение отечественных методов испытаний цемента, оценка его качества.

Задачи:

1. Ознакомиться с основными понятиями, классификацией цемента и предъявляемым к нему требованиям.
2. Изучить методики оценки следующих показателей качества цемента:
 - истинной плотности;
 - насыпной плотности;
 - тонкости помола;
 - нормальной густоты;
 - марки по прочности.
3. Провести испытания цемента, по результатам испытаний оценить его качество и определить пригодность для применения.

1. Общая характеристика, классификация цементов

Цементом называется _____

Клинкер – это _____

В разных странах применяют существенно различающиеся методы определения основных физико-механических свойств цемента - прочности, водопотребности, сроков схватывания, равномерности изменения объема, которые дают различные результаты при испытаниях одних и тех же цементов. В настоящее время Европейским Комитетом по стандартизации (СЕН) приняты европейские стандарты серии EN 196, регламентирующие единые для стран ЕС методы физико-механических испытаний цемента. В России до последнего времени характеристики цемента определялись по методикам ГОСТ 10178, отличающихся от установленных EN 196, что затрудняло научно-техническое и экономическое сотрудничество с европейскими странами. Для решения возникшей проблемы была введена серия стандартов (ГОСТ 30515, ГОСТ 30744 и ГОСТ 31108), которые гармонизированы с европейскими стандартами и применяются, когда в этом возникает необходимость (при работе с импортным цементом, при поставках отечественной продукции за рубеж и т.д.). В остальных случаях допускается применять ГОСТ 10178.

В настоящей лабораторной работе осваивается отечественная методика оценки качества цемента.

Классификация цементов (ГОСТ 30515)

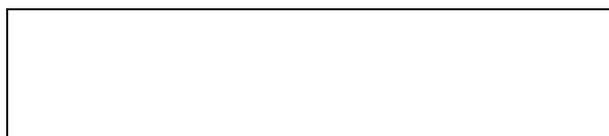
Классификационный признак	Разновидности цементов
По назначению	
По виду клинкера	
По прочности на сжатие	Класса Марки
По скорости твердения	
По срокам схватывания	

2. Определение истинной плотности частиц цемента

Плотность цементов зависит от их вещественного, химического и минералогического состава и для портландцемента, например, составляет _____ г/см³. Значение истинной плотности цемента является исходной информацией для расчета состава бетона.

Плотность цемента определяли с помощью прибора Ле Шателье (рис. 3). Прибор помещали в стеклянную емкость с водой и закрепляли в штативе так, чтобы вся его градуированная часть была погружена в воду. Прибор наполняли _____ до нулевой черты по нижнему мениску. После этого часть прибора, свободную от жидкости (выше нулевой черты), тщательно протирали тампоном из фильтровальной бумаги. Отвешивали навеску цемента массой 65 г и высыпали ее в прибор Ле Шателье ложечкой через воронку небольшими равномерными порциями. Для удаления пузырьков воздуха прибор вынимали из емкости с водой и поворачивали его в наклонном положении в течение 10 мин на гладком резиновом коврике. Затем прибор снова помещали в емкость с водой на 10 мин и определяли уровень жидкости в пределах верхней градуированной части прибора.

Плотность цемента $\rho_{ц}$, г/см³, вычисляли по формуле



где _____

Таблица 40

Результаты определения плотности _____

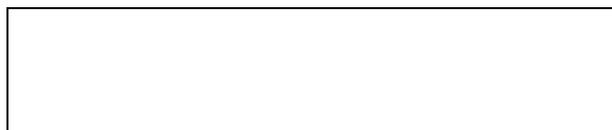
Номер опыта	Масса навески, г	Объем вытесненной жидкости, см ³	Истинная плотность, г/см ³	
			текущее значение	среднее значение
1				
2				

3. Определение насыпной плотности цемента

Насыпную плотность цемента необходимо знать для расчета объема бункеров и силосов для его хранения, при расчете составов растворов и бетонов по объему и т.д. Она зависит от плотности частиц цемента и тонкости его помола: чем ниже плотность и тоньше цемент, тем меньше его насыпная плотность. У портландцемента в рыхлом состоянии насыпная плотность составляет _____ кг/м³, а в уплотненном - _____ кг/м³.

Насыпную плотность цемента определяли с помощью воронки в виде конуса с заслонкой в нижней части (рис. 8). Под воронку ставили заранее взвешенный мерный сосуд емкостью 1 дм³ (1 л). В воронку засыпали цемент, открывали заслонку и с высоты 10 см заполняли сосуд с избытком. Металлической линейкой срезали излишек материала вровень с краями сосуда (без уплотнения) и сосуд с материалом взвешивали.

Насыпную плотность цемента $\rho_{нц}$, г/см³, рассчитывали по формуле



где _____

Таблица 41

Результаты определения насыпной плотности _____

Номер опыта	Масса сосуда, г	Масса сосуда с материалом, г	Объем сосуда, см ³	Насыпная плотность, г/см ³ (кг/м ³)	
				текущее значение	среднее значение
1					
2					

4. Определение тонкости помола цемента по остатку на сите

Тонкость помола характеризует дисперсность цемента, от которой зависят прочность, водопотребность, скорость твердения и другие свойства цемента. С увеличением дисперсности до определенных пределов качество цемента улучшается, а затем начинает падать. Оценивают тонкость помола двумя способами: по остатку на сите и по удельной поверхности. Удельная поверхность портландцемента нормированного состава находится в пределах _____ см²/г. По требованиям стандартов, тонкость помола портландцемента по остатку на сите № 008 не должна превышать _____ %.

Для определения тонкости помола по остатку на сите навеску вяжущего массой 10 г высыпали на сито с диаметром отверстий _____ мм, установленное на подситной тарелке. Сито закрывали крышкой и встряхивали вручную. Остаток на сите взвешивали с точностью до 0,1 г.

Тонкость помола цемента $ТП$, %, определяли по формуле



где _____

Таблица 42

Результаты определения тонкости помола _____

Номер опыта	Масса начальной навески, г	Масса остатка, г	Тонкость помола, %	
			полученное значение	среднее значение
1				
2				

Выводы: _____

5. Определение нормальной густоты цементного теста

Нормальной густотой цементного теста называют _____

За нормированную консистенцию условно принимают такую консистенцию цементного теста, при которой _____

Нормальная густота характеризует водопотребность цемента. При прочих равных условиях, чем ниже водопотребность, тем выше качество цемента, так как избыточная вода затворения повышает пористость цементного камня, что отрицательно сказывается на его прочности и морозостойкости. Водопотребность зависит от минералогического состава цемента, наличия минеральных и химических добавок, тонкости помола. Нормальная густота портландцемента нормированного состава - _____%.

Для определения нормальной густоты цементного теста отвешивали _____ г цемента и высыпали его в чашку, предварительно протертую влажной тканью. В цемент вливали воду в количестве _____ % от массы цемента и перемешивали в течение 5 мин с момента приливания воды. Приготовленное цементное тесто быстро за один прием переносили в кольцо _____, заполняя его с избытком, но без уплотнения или вибрации. Избыток цементного теста срезали ножом вровень с краями кольца до получения ровной поверхности. Кольцо с пластинкой устанавливали на основание станины прибора, опускали пестик до соприкосновения с поверхностью цементного теста и освобождали стержень, предоставляя пестик свободно погружаться в цементное тесто. Через 30 с после освобождения стержня фиксировали по шкале прибора глубину погружения пестика в цементное тесто и

определяли, насколько он не дошел до пластины, на которой установлено кольцо. Если эта величина оказывалась меньше или больше _____ мм, испытания повторяли, соответственно увеличивая или уменьшая количество воды затворения до погружения пестика на требуемую глубину.

Нормальную густоту цементного теста $НГ$, %, вычисляли по формуле



где _____

_____ Результат вычисления округляли до 0,25 %.

Рис. 29. Схема определения нормальной густоты цементного теста

Таблица 43

Результаты определения нормальной густоты цементного теста

Номер опыта	Масса цемента, г	Масса воды, г	В/Ц-отношение	Глубина погружения пестика, мм	Нормальная густота, %

6. Определение марки цемента по прочности

Марка цемента по прочности – это _____

Активностью цемента называют _____

Марка цемента по прочности является важнейшей его характеристикой, обуславливающей возможности его применения для изготовления строительных растворов и бетонов заданной прочности, а также для определения расхода вяжущего при этом.

Прочность цементно-песчаного камня определяли испытанием на сжатие и на изгиб стандартных образцов-балочек размером _____ см. Для изготовления образцов отвешивали 500 г цемента и 1500 г стандартного кварцевого песка, высыпали их в сферическую чашу и перемешивали в течение 1 мин. Затем в смесь выливали 200 мл воды и после ее выпитывания перемешивали смесь 1 мин вручную и 2,5 мин в лабораторной мешалке. Для определения консистенции полученной смеси форму-конус, установленную на лист стекла, наполовину высоты заполняли растворной смесью и уплотняли штыкованием металлической штыковкой (15 раз). Далее конус заполняли с некоторым избытком и штыковали еще 10 раз. Поверхность смеси выравнивали вровень с краями конуса металлической линейкой, после чего форму-конус поднимали вертикально вверх. Лист стекла с оставшимся раствором конусом устанавливали на диск встряхивающего столика и встряхивали 30 раз в течение 30 с. Диаметр основания растворного конуса после встряхивания измеряли в двух взаимно перпендикулярных направлениях и определяли среднее значение. Опыт повторяли до тех пор, пока расплыв конуса не оказался в пределах _____ мм. Полученную растворную смесь _____ укладывали в форму для изготовления стандартных образцов-балочек, установленную с насадкой в центре лабораторной виброплощадки. Форму по высоте наполняли приблизительно на 1 см растворной смесью и включали виброплощадку. В течение первых двух минут вибрации все три гнезда равномерно заполняли раствором. После трех минут вибрации отключали виброплощадку, снимали насадку, удаляли излишки раствора и заглаживали поверхность образцов. Форму на 24 ч помещали в ванну с гидравлическим затвором, после чего распалубливали и образцы на 27 сут устанавливали в ванну с питьевой водой в горизонтальном положении.

Рис. 30. Схема изготовления образцов для определения марки цемента по прочности

По достижении проектного возраста образцы вынимали из воды, измеряли, взвешивали и испытывали на изгиб на приборе МИИ-100 (рис. 12), а затем половинки образцов – на сжатие с помощью стандартных металлических пластинок на гидравлическом прессе (рис. 13). При этом образцы устанавливали таким образом, чтобы его горизонтальные при изготовлении грани находились вертикально.

Прочность при изгибе $R_{изг}$, МПа, и при сжатии $R_{сж}$, МПа, отдельного образца вычисляли по формулам, приведенным в лаб. раб. № 2, с точностью до 0,1 МПа. Предел прочности цементно-песчаного раствора при изгибе принимали как среднее арифметическое двух наибольших полученных значений, предел прочности при сжатии - как среднее арифметическое четырех наибольших полученных значений.

Результаты определения прочностных показателей цементного раствора

Номер образца	Масса образца, г	Средняя плотность		Предел прочности при изгибе		Разрушающая сила, кгс		Прочность при сжатии, МПа
		текущее, г/см ³	среднее, кг/м ³	текущее, кгс/см ²	среднее, МПа	текущее	среднее	
1								
2								
3								

По полученным средним значениям предела прочности при сжатии с учетом предела прочности при изгибе из справочных таблиц принимали марку цемента по прочности: _____.

Активность цемента _____.

Общие выводы по лабораторной работе № 7

Аттестационные вопросы

1. Что представляет собой цемент?
2. Какие виды цементов вы знаете и чем они отличаются?
3. Какие технические характеристики портландцемента являются наиболее важными?
4. В чем заключаются методики оценки истинной и насыпной плотности цемента?
5. Как определяют тонкость помола цемента и на какие его свойства она оказывает влияние?
6. Что такое нормальная густота цементного теста?
7. Как определяются сроки схватывания цементного теста?
8. Что такое активность цемента и его марка по прочности? Как они устанавливаются?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ИСПЫТАНИЯ ПЛОТНОГО ПЕСКА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Цель работы – ознакомление с основными техническими требованиями к песку, обеспечивающими возможности его использования в строительных целях.

Задачи:

1. Закрепление на практике теоретических сведений о свойствах мелкого заполнителя, применяемого в современном строительстве для изготовления бетонов и растворов.

2. Овладение методикой нормативных испытаний и расчетов следующих характеристик песка:

- зернового состава;
- истинной и насыпной плотности;
- межзерновой пустотности;
- влажности.

3. Проведение испытаний песка по указанным характеристикам, определение его класса и формулирование заключения о возможности его использования в строительстве.

1. Общие сведения.

Песком называется _____

По крупности различают пески: _____

В строительстве пески используют _____

2. Определение зернового состава песка

Зерновым (гранулометрическим) составом песка называют _____

Усредненной стандартной характеристикой зернового состава песка является его _____

По зерновому составу пески разделяют на группы по крупности, определяющие возможности их использования в строительстве. Чем мельче песок (больше в нем мелких частиц), тем выше его водопотребность и расход воды затворения в растворных и бетонных смесях заданной подвижности, что отрицательно сказывается на прочности и морозостойкости затвердевшего камня. Повышенное содержание крупных частиц приводит к раздвижке зерен крупного заполнителя в бетонах и повышению их межзерновой пустотности, что обуславливает повышенный расход вяжущего для обеспечения заданной прочности бетона. Поэтому в качестве мелкого заполнителя в бетонах рациональнее всего использовать пески средней крупности с модулем крупности $M_k = 1,5 \dots 3,25$. В строительных растворах используются более мелкие пески с $M_k < 2,2$, обеспечивающие однородность тонкого растворного слоя.

От зернового состава (кривой рассева) песка зависит его пустотность. Поэтому к пескам предъявляются нормативные ограничения по их зерновому составу в виде соответствия эмпирически установленной допустимой зоне, в которой песок характеризуется требуемой крупностью и минимальной межзерновой пустотностью. Если имеющийся в наличии песок не отвечает требованиям, его зерновой состав корректируют: подвергают измельчению (для крупных песков) или вводят укрупняющую добавку (для мелких).

Для определения зернового состава песка отвешивали навеску предварительно высушенного песка массой 3 кг и просеивали ее через сита с диаметром отверстий 10 и 5 мм. Остатки на ситах взвешивали. Из прошедшего через сита песка отвешивали навеску 1 кг и просеивали через стандартный набор сит с диаметрами отверстий 2,5, 1,25, 0,63, 0,315 и 0,16 мм (рис. 31). Остаток на каждом сите взвешивали.

Рассчитывали частные остатки на каждом сите a_i , %, по формуле

и полные остатки A_i , %:

Рис. 31. Схема определения зернового состава песка

где _____

Таблица 45

Результаты рассева _____ на стандартном наборе сит

Вид остатка	Единица измерения	Остаток на сите с диаметром отверстий, мм					Прошло через сито с диаметром отверстий 0,16 мм
		2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
m_i	г						
a_i	%						
A_i	%						

По данным табл. 45 строили график зернового состава песка (кривую рассева), которую сравнивали с допустимой для бетонов зоной (рис. 32).

Модуль крупности песка M_k определяли по формуле

По местоположению кривой рассева песка и значению его модуля крупности по справочным таблицам определяли группу песка по крупности и область возможного использования в строительстве.

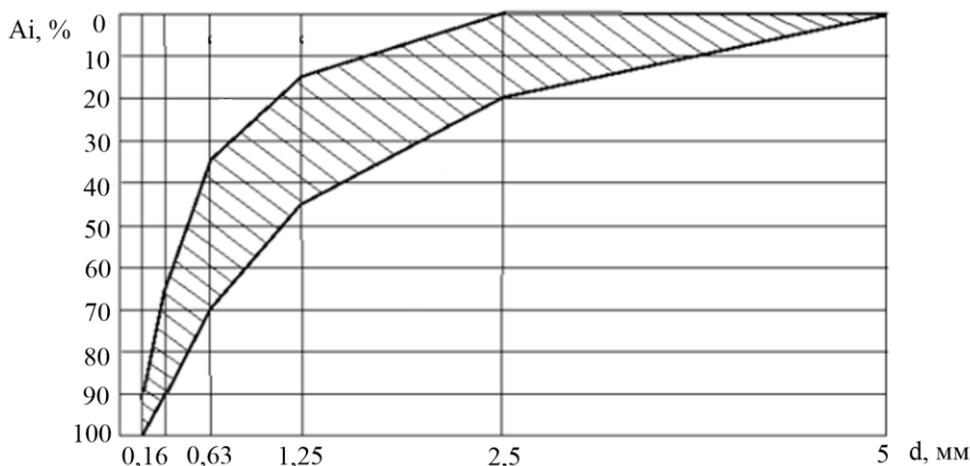


Рис. 32. График зернового состава песка (кривая отсева)

Выводы: _____

3. Определение истинной плотности песка (плотности в зерне)

Значение истинной плотности песка необходимо главным образом для расчета его пустотности и при проектировании состава тяжелого бетона. Определяют истинную плотность пикнометрическим методом, допускается также ускоренный метод – с помощью прибора Ле-Шателье (см. лаб. раб. №1). Пески из пористых осадочных горных пород перед испытанием измельчают до полного прохождения через сито №016. Кварцевый песок и пески из плотных прочных горных пород обладают незначительной пористостью - их истинная плотность практически совпадает со средней плотностью зерен, поэтому при определении истинной плотности их не подвергают дополнительному измельчению.

Для определения истинной плотности песка с помощью пикнометра навеску высушенного песка массой 10...30 г высыпали в предварительно взвешенный с точностью до 0,01 г пикнометр вместимостью 100 мл. Пикнометр взвешивали вместе с навеской, заполняли водопроводной водой до метки и вновь взвешивали. Затем пикнометр освобождали от содержимого, промывали, заполняли водой до метки и взвешивали (рис. 4).

Истинную плотность песка ρ_n , г/см³, вычисляли по формуле

$$\rho_n = \frac{m_1}{V_1 - V_2} \left(\frac{m_2}{m_3} - 1 \right)$$

где _____

Результаты определения истинной плотности _____

Но- мер опыта	Масса пикно- метра, г	Масса пик- нометра с навеской, г	Масса пикномет- ра с навеской и водой, г	Масса пик- нометра с водой, г	Истинная плотность, г/см ³	
					текущее значение	среднее значение
1						
2						
3						

Выводы: _____

4. Определение насыпной плотности песка

Насыпную плотность песка определяют как в состоянии его естественной влажности, так и в высушенном состоянии стандартным методом. Знание насыпной плотности песка в естественном состоянии необходимо для расчета объема по массе (или массы по объему) при определении емкости и площади складов. Величину насыпной плотности песка в высушенном состоянии необходимо знать для расчета его межзерновой пустотности, а также при проектировании составов строительного раствора и бетона. Зависит насыпная плотность песка от его плотности в зерне и межзерновой пустотности.

Насыпную плотность песка определяли с помощью воронки в виде конуса с заслонкой в нижней части (рис. 8). Под воронку ставили заранее взвешенный мерный сосуд емкостью 1 дм³ (1 л). В воронку засыпали песок, открывали заслонку и с высоты 10 см заполняли сосуд с избытком. Металлической линейкой срезали излишек материала вровень с краями сосуда (без уплотнения), после чего сосуд с песком взвешивали.

Насыпную плотность песка ρ_n , г/см³, рассчитывали по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

где _____

Результаты определения насыпной плотности _____

Номер опыта	Масса сосуда, г	Масса сосуда с песком, г	Объем сосуда, см ³	Насыпная плотность, г/см ³ (кг/м ³)	
				текущее значение	среднее значение
1					
2					
3					

5. Определение межзерновой пустотности песка

Чем ниже межзерновая пустотность песка, тем меньше дефицитного и дорогого вяжущего нужно для получения цементно-песчаного камня оптимальной структуры, то есть такой структуры, при которой все межзерновые пустоты мелкого заполнителя нацело заполнены цементным камнем. Поэтому в технологии строительных растворов и бетонов стремятся использовать пески с минимальной пустотностью. Величина межзерновой пустотности зависит от гранулометрического (зернового) состава песка, содержания пылевидных и глинистых примесей, формы зерен песка (окатанные или угловатые).

Межзерновую пустотность песка $P_{мз}$, %, рассчитывали на основании предварительно установленных значений плотности в зерне и насыпной плотности по формуле

$$\boxed{\phantom{P_{мз} = \frac{\rho_{н} - \rho_{з}}{\rho_{з} - \rho_{п}} \cdot 100}}$$

где _____

Таблица 48

Результаты определения межзерновой пустотности _____

Номер опыта	Плотность в зерне, г/см ³ (табл. 46)	Насыпная плотность, г/см ³ (табл. 47)	Межзерновая пустотность, %	
			текущее значение	среднее значение
1				
2				
3				

6. Определение влажности песка

Влажность по массе (см. лаб. раб. №1) песка как мелкого заполнителя является важнейшим показателем при назначении заводского (полевого) состава бетонов, когда лабораторный состав, определенный на сухом песке, корректируют по расходу мелкого заполнителя и воды с учетом естественной влажности используемого в производстве песка.

Для определения влажности навеску песка в его естественном состоянии массой около 1000 г насыпали в предварительно взвешенный противень и сразу же взвешивали с точностью до 1 г, а затем устанавливали в сушильный шкаф и высушивали при температуре _____ °С до постоянной массы (пока разница между результатами двух взвешиваний становилась не более 0,1 % массы навески). Каждое последующее взвешивание проводили после высушивания в течение не менее 1 ч и охлаждения не менее 45 мин. После охлаждения до комнатной температуры противень с песком вновь взвешивали.

Влажность песка по массе W , %, вычисляли по формуле

$$\boxed{\phantom{W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100}}$$

где _____

Результаты определения влажности _____

Номер опыта	Масса пустого противня, г	Масса противня с песком до высушивания, г	Масса противня с песком после высушивания, г	Влажность песка, %	
				текущее значение	среднее значение
1					
2					
3					

Общие выводы по лабораторной работе № 8

Аттестационные вопросы

1. Что представляет собой песок? Назовите основные технические требования к песку.
2. Какие функции выполняет песок в бетонах и растворах?
3. В чем заключается методика определения истинной плотности зерен песка?
4. В чем заключается методика определения насыпной плотности песка? Какие требования предъявляются к песку по насыпной плотности?
5. Как рассчитывается межзерновая пустотность песка? Какое значение имеет этот показатель?
6. Опишите методику определения степени загрязненности песка глинистыми, пылевидными и органическими примесями. Какие требования предъявляются к песку по степени его загрязненности?
7. Изложите методику определения зернового состава песка и его модуля крупности. Как делят пески по классу и модулю крупности?
8. В чем состоит методика определения влажности песка? Для чего определяют влажность?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЩЕБНЯ ИЗ ПЛОТНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Цель работы – ознакомление с основными техническими требованиями к щебню, обеспечивающими возможности его использования в строительных целях.

Задачи:

1. Закрепление на практике теоретических сведений о свойствах крупного заполнителя, применяемого в современном строительстве для изготовления бетонов.

2. Овладение методикой нормативных испытаний и расчетов следующих характеристик щебня:

- истинной плотности зерен;
- средней плотности зерен;
- насыпной плотности и пустотности;
- содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы;
- марки по дробимости;
- марки по истираемости;
- зернового состава;
- влажности.

3. Проведение испытаний щебня по указанным характеристикам с формулировкой заключения о возможности его использования в строительстве.

1. Общие сведения

Щебнем называется _____

В строительстве щебень используют _____

2. Определение истинной плотности зерен щебня

Значение истинной плотности зерен щебня необходимо для вычисления их пористости, а также для расчета состава тяжелого бетона. Величина истинной плотности зависит от минералогического состава исходной горной породы.

Истинную плотность определяли пикнометрическим методом, предварительно промыв зерна щебня, высушив и измельчив их до полного прохождения через сито № 1,25. Навеску материала массой 10...30 г высыпали в предварительно взвешенный с точностью до 0,01 г пикнометр вместимостью 100 мл. Пикнометр взвешивали вместе с навеской, заполняли водопроводной водой до метки и вновь взвешивали. Затем пикнометр освобождали от содержимого, промывали, заполняли водой до метки и взвешивали (рис. 4).

Истинную плотность зерен щебня $\rho_{и}$, г/см³, вычисляли по формуле



где _____

Таблица 50

Результаты определения истинной плотности зерен _____ щебня

Но- мер опыта	Масса пикно- метра, г	Масса пик- нометра с навеской, г	Масса пикномет- ра с навеской и водой, г	Масса пик- нометра с водой, г	Истинная плотность, г/см ³	
					текущее значение	среднее значение
1						
2						
3						

Выводы: _____

3. Определение средней плотности зерен щебня

Средняя плотность зерен щебня необходима для вычисления его межзерновой пустотности. Величина средней плотности зерен щебня зависит от истинной плотности и пористости исходной горной породы. Для изготовления тяжелого бетона применяют щебень со средней плотностью зерна _____ г/см³.

Определяли среднюю плотность зерен щебня методом гидростатического взвешивания. Для этого пробу предварительно высушенного щебня массой примерно 1000 г погружали на 2 ч в воду. Насыщенный водой щебень вынимали из воды, вытирали мягкой влажной тканью и сразу взвешивали сначала на технических, затем на гидростатических весах в сетчатом стакане, погруженном в воду (рис. 33).

Среднюю плотность зерен щебня ρ_m , г/см³, вычисляли по формуле:



где _____

Рис. 33. Схема установки для определения средней плотности зерен щебня

Таблица 51

Результаты определения плотности _____ щебня в зерне

Номер опыта	Масса высушенной навески, г	Масса водонасыщенной навески на воздухе, г	Масса навески в воде, г	Средняя плотность, г/см ³ (кг/м ³)	
				текущее значение	среднее значение
1					
2					
3					

Выводы: _____

4. Определение насыпной плотности щебня

Насыпную плотность щебня необходимо знать для расчета его межзерновой пустотности, а также при проектировании состава бетона. Зависит насыпная плотность щебня от средней плотности его зерен и межзерновой пустотности. Высокая насыпная плотность щебня свидетельствует о его пониженной пустотности.

Для определения насыпной плотности высушенный до постоянной массы щебень с высоты 10 см насыпали в предварительно взвешенный цилиндр объемом от 5 до 50 л (в зависимости от крупности щебня) до образования конуса. Излишек щебня срезали стальной линейкой вровень с краями цилиндра (без уплотнения), после чего цилиндр со щебнем взвешивали. Насыпную плотность щебня $\rho_{нщ}$, кг/м³, рассчитывали по той же формуле, что и для песка (см. лабораторную работу №8).

Таблица 52

Результаты определения насыпной плотности _____ щебня

Номер опыта	Масса сосуда, кг	Масса сосуда со щебнем, кг	Объем сосуда, м ³	Насыпная плотность, кг/м ³	
				текущее значение	среднее значение
1					
2					
3					

Выводы: _____

5. Определение межзерновой пустотности щебня

От межзерновой пустотности щебня зависит расход цементно-песчаного теста для получения бетона оптимальной структуры. Чем выше межзерновая пустотность, тем выше этот расход и соответственно себестоимость бетона. Поэтому межзерновая пустотность щебня является одним из важнейших факторов при проектировании состава тяжелого бетона. В технологии бетона стремятся к использованию щебня с минимальной пустотностью. Величина межзерновой пустотности зависит от гранулометрического состава и формы зерен щебня.

Межзерновую пустотность щебня $P_{мз}$, %, рассчитывали на основании предварительно установленных значений средней плотности зерен и насыпной плотности по формуле:

$$P_{мз} = \frac{\rho_{нз} - \rho_{ср}}{\rho_{нз}} \cdot 100$$

где _____

Таблица 53

Результаты расчетов межзерновой пустотности щебня

Номер опыта	Насыпная плотность, г/см ³ (табл. 52)	Средняя плотность зерен, г/см ³ (табл. 51)	Межзерновая пустотность, %	
			текущее значение	среднее значение
1				
2				
3				

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

К зернам пластинчатой и игловатой форм относятся частицы щебня, толщина или ширина которых менее длины в три и более раза. Такие зерна могут повышать пустотность щебня, а также служат концентраторами напряжений в структуре затвердевшего бетона и тем самым снижают его прочность. В зависимости от содержания зерен пластинчатой и игловидной формы щебень делят на четыре группы.

Для определения содержания в щебне заданной фракции зерен пластинчатой и игловатой форм отвешивали пробу щебня. Массу пробы назначали в зависимости от крупности фракции. Из пробы визуально отбирали зерна, удовлетворяющие вышеприведенному условию, и проверяли отбор с помощью штангенциркуля. Отобранные зерна взвешивали.

Содержание в данной фракции щебня зерен пластинчатой и игловатой форм $P_{пл}$, %, определяли по формуле:

$$P_{пл} = \frac{m_{пл}}{m} \cdot 100$$

где _____

Результаты определения содержания зерен пластинчатой и игловатой форм

Номер опыта	Масса пробы, г	Масса отобранных зерен, г	Содержание зерен пластинчатой и игловатой форм, %		Группа щебня
			текущее	среднее	
1					
2					
3					

7. Определение марки щебня по дробимости

Маркой щебня по дробимости характеризуют прочность щебня. На основании этого показателя принимают решение о возможности использования щебня для производства бетона заданной (проектной) марки – щебень должен иметь прочность минимум на марку выше марки проектируемого бетона.

Дробимость щебня определяли по степени разрушения зерен при сжатии в цилиндре (рис. 34). Для этого пробу щебня заданной фракции насыпали в цилиндр диаметром 150 мм или 75 мм (только для фракций 5...10 мм и 10...20 мм) с высоты 5 см так, чтобы после выравнивания верхний уровень его был на 15 мм ниже верхнего края цилиндра. Затем в цилиндр вставляли плунжер так, чтобы плита плунжера была на уровне верхнего края цилиндра. Цилиндр помещали на нижнюю плиту пресса, включали его и доводили нагрузку до 50 кН (5 тс) при использовании цилиндра диаметром 75 мм и до 200 кН (20 тс) – при испытании в цилиндре диаметром 150 мм. После этого щебень высыпали из цилиндра, взвешивали и просеивали через сито: для фракции 5...10 мм – 1,25 мм; для фракции 10...20 мм – 2,5 мм и для фракции 20...40 мм – 5 мм.

Остаток щебня после просеивания на сите взвешивали и рассчитывали показатель дробимости D_p , %, по формуле:

$$D_p = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100$$

где _____

Рис. 34. Схема определения дробимости щебня

По величине дробимости D_p из таблиц справочников принимали марку щебня по дробимости. Чем выше дробимость, тем ниже марка.

Результаты определения марки _____ щебня по дробимости

Номер опыта	Масса навески, г	Масса остатка на сите, г	Дробимость, %		Марка по дробимости
			текущее	среднее	
1					
2					
3					

8. Определение марки щебня по истираемости

Марка щебня по истираемости характеризует его способность сопротивляться истирающим нагрузкам (износостойкость) и является важнейшим показателем для щебня, предназначенного для строительства автомобильных дорог. По истираемости щебень делится на четыре марки.

Истираемость (износ) щебня определяли по потере массы зерен при испытании пробы в полочном барабане с шарами (рис. 35). Отвешивали навеску массой 5 кг для щебня с предельной крупностью зерен до 20 мм и 10 кг – для щебня фракции до 40 мм. Щебень крупнее 40 мм дробили до получения зерен мельче 40 мм. Пробу загружали в полочный барабан вместе с чугунными или стальными шарами в количестве ____ шт, закрепляли крышку барабана и включали привод. Через _____ оборотов барабан отключали, высыпали содержимое и просеивали пробу через сито с отверстиями диаметром 5 мм и контрольное сито с сеткой № 1,25. Остатки на ситах соединяли и взвешивали.

Истираемость щебня I , %, определяли по формуле

где _____

Рис. 35. Схема определения истираемости щебня

Результаты определения марки _____ щебня по истираемости

Номер опыта	Масса навески, г	Масса остатка на сите, г	Истираемость, %		Марка по истираемости
			текущее	среднее	
1					
2					
3					

9. Определение зернового состава щебня заданной фракции

Щебень выпускают, как правило, во фракционированном виде. Наиболее распространены фракции 5...10, 10...20, 20...40 и 40...80 (70) мм, но могут изготавливаться другие фракции и смеси фракций. Вследствие несовершенства производства размеры зерен щебня могут выходить за границы фракций или внутри фракции распределение зерен по размерам может носить неравномерный характер, что сопровождается повышением межзерновой пустотности данной фракции. Поэтому зерновой состав щебня заданной фракции должен отвечать определенным требованиям.

Зерновой состав щебня заданной фракции определяли путем отсева пробы на наборе из четырех сит с диаметрами отверстий _____

Для этого отвешивали пробу предварительно высушенного щебня, масса которой в зависимости от наибольшего номинального размера зерен составила _____ кг. Пробу щебня просеивали вручную через набор из четырех сит, собранных в колонку. Остатки на каждом сите взвешивали с точностью до 1 г и рассчитывали частные и полные остатки на каждом сите (см. лабораторную работу №8).

Таблица 57

Результаты отсева щебня фракции _____ мм

Вид остатка	Единица измерения	Остаток на сите с диаметром отверстий, мм				Прошло через сито _____ мм
m_i	г					
a_i	%					
A_i	%					

Полученные в табл. 57 данные сравнивали с требуемыми по стандартам величинами, а также строили график зернового состава щебня и полученную кривую отсева сравнивали с допустимой зоной (рис. 36), после чего определяли пригодность щебня для строительства.

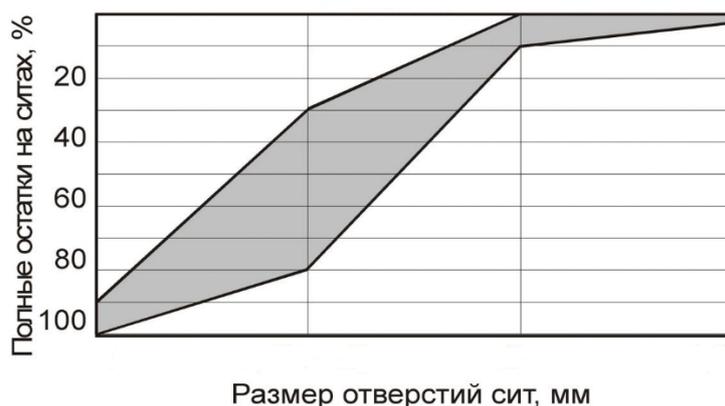


Рис. 36. График зернового состава щебня фракции _____ мм

Выводы: _____

Аттестационные вопросы

1. Что представляет собой щебень? Назовите основные технические требования к щебню.
2. Какие функции выполняет щебень в бетонах?
3. Каким методом оценивают среднюю плотность зерен щебня?
4. В чем заключается методика определения насыпной плотности щебня?
5. Как рассчитывается межзерновая пустотность щебня? Какое значение имеет этот показатель и от чего он зависит?
6. Опишите методику определения содержания в щебне частиц пластинчатой и игловидной формы. Как оценивается качество щебня по этому показателю?
7. Как определяется дробимость щебня? Для чего нужен этот показатель?
8. Что такое марка щебня по истираемости и как она определяется?
9. Изложите методику оценки пригодности щебня для бетонов по его зерновому составу.
10. Почему на заводах стройиндустрии контролируют влажность щебня?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ПОДБОР СОСТАВА СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

Цель работы - изучение методики подбора состава строительного раствора и оценки основных технических характеристик растворной смеси и раствора.

Задачи:

1. Закрепление на практике теоретических сведений о разновидностях, технологии изготовления, основных свойствах и применении в строительстве строительных растворов.
2. Изучение этапов подбора ориентировочного состава строительного раствора.
3. Овладение методикой определения подвижности растворной смеси и марки строительного раствора по прочности.
4. Подбор состава строительного раствора для кладки стен пятиэтажного здания из пустотелого керамического кирпича.
5. Испытания растворной смеси и строительного раствора.

1. Общие сведения. Классификация строительных растворов

Строительным раствором называют _____

Строительные растворы применяются _____

Таблица 59

Классификация строительных растворов (по ГОСТ 28013)

Классификационный признак	Разновидности растворов
Основное назначение	
Вид вяжущего	
Средняя плотность	
Марка по прочности	
Марка по морозостойкости	

Основными показателями качества растворной смеси являются _____

Основными свойствами затвердевшего раствора являются _____

Составом раствора (точнее – растворной смеси) называют рационально подобранное соотношение между ее компонентами: вяжущим, мелким заполнителем, водой и добавками, обеспечивающее требуемые характеристики растворной смеси до затвердевания и готового раствора после ее затвердевания при условии минимального расхода вяжущего. Подбор состава строительного раствора в зависимости от его предназначения включает следующие этапы:

- 1) назначение требуемых характеристик растворной смеси и раствора;
- 2) выбор и оценка характеристик сырьевых компонентов;
- 3) расчет ориентировочного состава;
- 4) корректировка состава по требуемой подвижности растворной смеси;
- 5) корректировка состава по требуемой марке раствора.

2. Назначение требуемых характеристик растворной смеси и раствора

Требуемые характеристики растворной смеси (подвижность) и раствора (марку по прочности) назначают в зависимости от области его применения, условий эксплуатации и укладки по нормативным требованиям, изложенным в справочной литературе.

Для поставленных в задачах лабораторной работы условий растворная смесь должна иметь марку по подвижности P_k _____ (_____ см осадки конуса), а затвердевший раствор - марку по прочности M _____.

3. Выбор и оценка характеристик сырьевых компонентов

Выбор вяжущих материалов при приготовлении растворов производят с учетом назначения и марки раствора, а также условий эксплуатации конструкции. Заполнитель выбирают по максимальной крупности зерен в зависимости от назначения раствора. Для снижения расхода воды затворения без ухудшения свойств растворной смеси в нее вводят пластифицирующую добавку.

В качестве вяжущего использовался _____

с насыпной плотностью $\rho_{нц} =$ _____ кг/м³.

В качестве мелкого заполнителя применяли _____

с насыпной плотностью $\rho_{нп} =$ _____ кг/м³.

В качестве пластифицирующей добавки выступало _____

плотностью $\rho_0 =$ _____ кг/м³.

4. Расчет ориентировочного состава

Расчет ориентировочного состава растворной смеси производят на 1 м³ песка в рыхло-насыпном состоянии.

Для этого определяли расходы:

- 1) песка P , кг/м³, по формуле

где _____

2) цемента по массе $Ц$, кг на $м^3$ песка, по формуле

где _____

3) цемента по объему $V_{ц}$, $м^3$ на $м^3$ песка, по формуле

где _____

4) пластификатора по объему V_{∂} , $м^3$ на $м^3$ песка, по формуле

5) пластификатора по массе $Д$, кг на $м^3$ песка, по формуле

где _____

б) воды $В$, л на $м^3$ песка, по формуле

Полученный состав растворной смеси записывается в форме отношения частных от деления расхода каждого компонента растворной смеси на расход цемента.

Состав по массе:

$$\frac{Ц}{Ц} : \frac{П}{Ц} : \frac{Д}{Ц} : \frac{В}{Ц} =$$

Состав по объему:

$$\frac{V_{ц1}}{V_{ц2}} \cdot \frac{V_{п1}}{V_{п2}} \cdot \frac{V_{д1}}{V_{д2}} \cdot \frac{V_{в1}}{V_{в2}} =$$

Такая запись означает, что _____

5. Корректировка состава по требуемой подвижности растворной смеси

Подвижность растворной смеси - это _____

От подвижности растворной смеси зависит удобство работы с раствором и возможность его применения в тех или иных случаях. Растворная смесь высокой подвижностью тонким равномерным слоем хорошо заполняет все неровности основания и равномерно сцепляется со всей его поверхностью. Смесь с низкой подвижностью соприкасается с основанием лишь на отдельных участках, давая плохое сцепление и неравномерный слой. Однако чрезмерное повышение подвижности за счет увеличения расхода воды затворения отрицательно сказывается на свойствах затвердевшего раствора по показателям прочности и морозостойкости. Оценивается подвижность в сантиметрах осадки конуса. По подвижности растворные смеси делят на четыре марки.

Подвижность растворной смеси определяли с помощью стандартного конуса на пробном замесе (рис. 37). Для этого рассчитывали расходы цемента, добавки и воды на 3 дм³ песка в соответствии с подобранным составом. Компоненты растворной смеси тщательно пере-

мешивали в лабораторной сферической чаше сначала в сухом состоянии, а затем вместе с расчетным количеством воды и добавки в течение 5...7 мин. Полученную растворную смесь помещали в емкость в виде усеченного конуса так, чтобы уровень смеси в сосуде был на 1 см ниже его краев. Уложенный раствор штыковали 25 раз стержнем диаметром 10 мм и встряхивали о край стола 5-6 раз. Затем острие эталонного конуса массой 300 г и углом при вершине 30° приводили в соприкосновение с поверхностью раствора, закрепляли направляющий стержень, фиксировали начальное положение указателя на шкале прибора, после чего отпускали зажим и конус свободно погружался в смесь. Через 1 мин после начала погружения конуса снимали второй отсчет по шкале. Глубину погружения конуса (разность между первым и вторым отсчетом) и принимали за величину подвижности растворной смеси.

Рис. 37. Схема определения подвижности растворной смеси

В случае, если подвижность растворной смеси оказалась ниже заданной, в смесь добавляли воду, если выше – добавляли песок и повторяли опыт до тех пор, пока не добивались требуемой подвижности. После этого состав пересчитывали с учетом этих изменений.

Таблица 60

Результаты определения подвижности растворной смеси

Номер опыта	Расход компонентов на замес, кг				Осадка конуса, см
	цемент	песок	добавка	вода	

Откорректированный состав по массе: _____

Откорректированный состав по объему: _____

6. Корректировка состава по требуемой марке раствора

Маркой строительного раствора по прочности называется _____

Прочность раствора предопределяет прочность кладки (в совокупности с прочностью кирпича), долговечность штукатурки. Зависит прочность раствора от его состава, характеристик сырьевых компонентов, условий твердения.

Для определения марки раствора после корректировки растворной смеси по подвижности из нее формовали три образца в виде _____. Схема изготовления образцов представлена на рис. 38. Образцы из растворной смеси подвижностью до 5 см изготавливали в формах со стальным дном. Форму заполняли раствором в два слоя, 12 нажимами шпателя уплотняли (6 нажимов вдоль одной стороны и 6 - в перпендикулярном направлении). Образцы из растворной смеси подвижностью 5 см и более изготавливали в формах без дна. Форму при этом устанавливали на керамические кирпичи, покрытые влажной газетной бумагой. Формы заполняли растворной смесью в один прием и уплотняли 25 штыкованиями стального стержня по концентрической окружности от центра к краям. Далее формы на 24 ч помещали в камеру нормального хранения, где поддерживалась температура (20 ± 2) °С и относительная влажность воздуха 95...100 %, затем освобождали образцы из форм и еще на трое суток оставляли их в камере нормального хранения. После этого образцы до достижения проектного возраста (28 суток с момента изготовления) хранились в помещении при относительной влажности воздуха (65 ± 10) %. По достижении проектного возраста образцы-кубы испытывали на сжатие при помощи гидравлического пресса (рис. 9), образцы-призмы – на изгиб при помощи универсальной изгибающей машины (рис. 12) и на сжатие (половинки) на гидравлическом прессе (рис. 13).

По формулам, представленным в лаб. раб. № 2, рассчитывали предел прочности при сжатии (и изгибе) и по полученным результатам определяли марку раствора. Если марка оказывалась ниже заданной, состав раствора корректировали в сторону увеличения расхода вяжущего.

Рис. 38. Схема изготовления образцов для определения марки раствора по прочности

Таблица 61

Результаты определения марки строительного раствора

Номер образца	Масса образца, г	Средняя плотность		Предел прочности при изгибе		Разрушающая сила, кгс		Прочность при сжатии, МПа
		текущее, г/см ³	среднее, кг/м ³	текущее, кгс/см ²	среднее, МПа	текущее	среднее	
Пк ____ Состав:								
1								
2								
3								
Пк ____ Состав:								
1								
2								
3								
Пк ____ Состав:								
1								
2								
3								

Выводы: _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Цель работы - изучение расчетно-экспериментального метода проектирования состава тяжелого бетона.

Задачи:

1. Закрепление на практике теоретических сведений о технологии изготовления, основных свойствах и применении в строительстве тяжелых бетонов.
2. Изучение этапов проектирования состава тяжелого бетона.
3. Овладение методикой определения подвижности бетонной смеси и класса бетона.
4. Проектирование лабораторного состава тяжелого бетона.
5. Испытания бетонной смеси и бетона.

1. Общие сведения

Тяжелым бетоном называют _____

Бетонная смесь – это _____

Отличием тяжелого бетона является _____

Применяется тяжелый бетон _____

Важнейшими показателями качества тяжелого бетона являются _____

по которым бетон разделяется на классы или марки.

Важнейшие показатели качества бетонной смеси: _____

Проектирование состава бетона заключается в определении рационального соотношения между компонентами бетонной смеси (вяжущего, мелкого и крупного заполнителей, воды и добавок), обеспечивающее требуемые характеристики бетонной смеси и готового бетона при минимальном расходе вяжущего. Состав бетонной смеси выражают в виде расхода материалов (как правило, по массе) на 1 м³ уложенной и уплотненной бетонной смеси или в виде весового соотношения между цементом, песком и щебнем (гравием) с обязательным указанием водоцементного отношения.

Различают начальный, номинальный (лабораторный) и рабочий (производственный) составы бетона. Начальный состав определяют расчетом по какому-либо методу, установленному нормативными документами. Путем экспериментальной проверки в лабораторных условиях (при сухих заполнителях) устанавливают, соответствуют ли свойства

бетона начального состава требуемым. Корректируя начальный состав до достижения заданных свойств, подбирают номинальный состав. Непосредственно в условиях производства номинальный состав уточняется по расходу заполнителей и воды с учетом реальной (заводской) влажности заполнителей. Уточненный номинальный состав называют «рабочим» и по нему рассчитывают и передают в производство рабочие дозировки для изготовления бетонной смеси на предприятиях стройиндустрии.

Проектирование состава бетона включает следующие этапы:

- 1) определение требуемых характеристик бетонной смеси и бетона в зависимости от его назначения;
- 2) выбор и оценка характеристик сырьевых компонентов;
- 3) расчет начального состава;
- 4) экспериментальный подбор номинального состава;
- 5) назначение рабочего состава.

2. Назначение характеристик бетонной смеси и бетона

Требуемый (проектный) класс бетона по прочности определяется расчетом при проектировании строительной конструкции в зависимости от ее напряженно-деформированного состояния в процессе последующей эксплуатации и параметров рабочего сечения этой конструкции.

Рациональная удобоукладываемость бетонной смеси по показателям жесткости или подвижности назначается технологом в зависимости от следующих основных факторов:

- класса бетона по прочности;
- конфигурации изделия;
- способа формования;
- густоты армирования;
- способа и условий транспортирования смеси.

При необходимости в зависимости от условий эксплуатации назначаются и другие требования: по плотности, морозостойкости, водонепроницаемости и др.

Согласно условиям задания проектируемый состав бетонной смеси должен обеспечивать:

марку бетонной смеси по удобоукладываемости - _____;

класс бетона по прочности - _____.

3. Выбор и оценка характеристик сырьевых компонентов

Выбор вяжущего для изготовления тяжелого бетона и требования к его характеристикам обусловлены проектным классом бетона и условиями эксплуатации конструкции. При проектировании состава бетона должны учитываться следующие характеристики цемента: вид, марка, истинная и насыпная плотность.

Для использующихся в качестве мелкого заполнителя тяжелого бетона природного песка или песка из отсевов дробления необходимо знать их водопотребность, истинную и насыпную плотность, естественную влажность в заводских условиях.

При выборе крупного заполнителя руководствуются классом проектируемого бетона, его маркой по морозостойкости, минимальными размерами изделия (конструкции), расстоянием между арматурными стержнями и т.д. При проектировании состава бетона учитываются вид крупного заполнителя (щебень или гравий), максимальная крупность зерен, истинная и насыпная плотность, межзерновая пустотность, естественная влажность в заводских условиях.

В работе использовались сырьевые компоненты со следующими характеристиками:

вяжущее - _____ класса (марки) по прочности
_____ с истинной плотностью $\rho_{ц} =$ _____ г/см³, насыпной плотностью
 $\rho_{нц} =$ _____ кг/м³;

мелкий заполнитель - _____ с истинной
плотностью $\rho_n =$ _____ г/см³, насыпной плотностью $\rho_{нп} =$ _____ кг/м³, влажностью
 $W_n =$ _____ %;

крупный заполнитель - _____ качества
максимальной крупностью $D_{max} =$ _____ мм, истинной плотностью $\rho_{ц} =$ _____ г/см³,
насыпной плотностью $\rho_{нц} =$ _____ кг/м³, пустотностью $П_{ц} =$ _____ %, влажностью
 $W_{ц} =$ _____ %;

добавка - _____;

затворитель - _____.

4. Расчет начального состава бетона

В отличие от строительного раствора, при подборе состава тяжелого бетона применяют термин «проектирование состава». Это обусловлено тем, что в основе расчета состава бетона лежит метод абсолютных объемов, включающий в себя следующие теоретические положения.

Положение первое: сумма объемов всех компонентов в абсолютно плотном состоянии составляет 1 м³ бетонной смеси, что в аналитическом виде выражается формулой

$$\boxed{\phantom{V_{ц} + V_n + V_{нц} + V_{д} + V_{з} = 1}}$$

где _____

Положение второе: цементно-песчаный раствор должен нацело заполнять объем межзерновых пустот крупного заполнителя с некоторой раздвижкой его зерен. Это условие выражается уравнением

$$\boxed{\phantom{V_{ц} + V_n + V_{нц} + V_{д} + V_{з} = 1}}$$

где _____

Выполнение этого условия обеспечивает получение оптимальной по типу цементации структуры бетона (рис. 39), характеризующейся максимальным сопротивлением его разрушению при минимально достаточном расходе дефицитного и дорогого цемента.

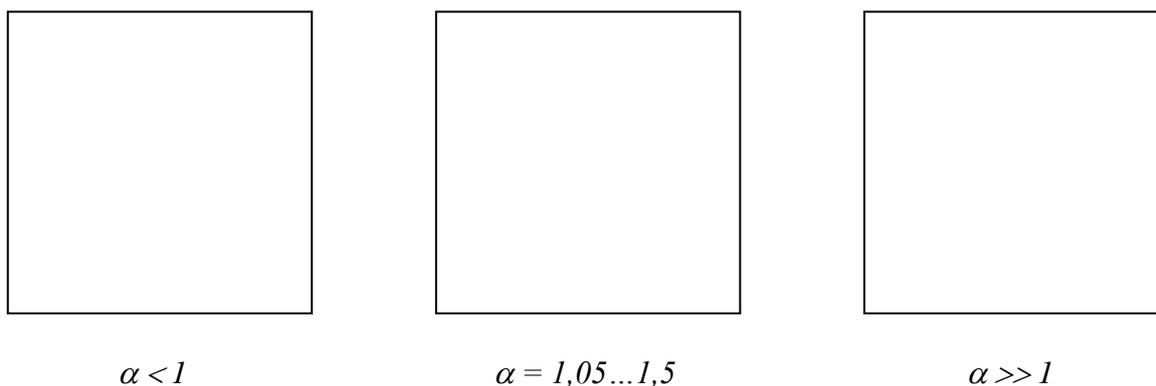


Рис. 39. Структура бетонов с различным типом цементации

Положение третье (закон В/Ц-отношения): при прочих равных условиях прочность бетона зависит от марки цемента, качества заполнителей и водоцементного отношения (В/Ц-отношения), что в аналитическом виде записывается как

где _____

Расчет начального состава бетона методом абсолютных объемов вели на 1 м³ бетонной смеси. Определение расходов компонентов производили в следующей последовательности:

1) определили требуемую прочность R_b , обеспечивающую заданный класс бетона **В**__ при нормативном коэффициенте вариации $C_v = 13,5 \%$ и гарантированной обеспеченности $P = 95 \%$ по формуле:

где _____

2) из третьего положения вывели формулу для расчета Ц/В-отношения:

и рассчитали его, исходя из требуемой прочности бетона R_b , класса цемента $R_{ц}$ и качества заполнителей:

3) по справочным графикам и таблицам определили ориентировочный расход воды B в зависимости от принятой подвижности бетонной смеси, наибольшего размера зерен крупного заполнителя и его вида

$$B = \text{_____} \text{ л/м}^3;$$

4) по известным значениям $Ц/B$ -отношения и расхода воды B рассчитали расход цемента $Ц$, кг/м^3 :

5) путем совместного решения уравнений первого и второго положений метода абсолютных объемов вывели формулу для расчета расхода крупного заполнителя $Щ$, кг/м^3 :

и рассчитали его, определив значение коэффициента раздвижки α по справочным таблицам в зависимости от вида заполнителя и расхода цемента ($\alpha = \text{_____}$):

б) из первого уравнения метода абсолютных объемов вывели и рассчитали расход мелкого заполнителя $П$, кг/м^3 :

Номинальный состав бетона:

$$Ц = \text{_____} \text{ кг/м}^3$$

$$П = \text{_____} \text{ кг/м}^3$$

$$Щ = \text{_____} \text{ кг/м}^3$$

$$B = \text{_____} \text{ л/м}^3$$

или

$$\frac{Ц}{Ц} : \frac{П}{Ц} : \frac{Щ}{Ц} : \frac{B}{Ц} =$$

5. Корректировка начального состава по удобоукладываемости бетонной смеси

Удобоукладываемостью бетонной смеси называется _____

От удобоукладываемости бетонной смеси зависят затраты энергии на формирование изделий. В задачи этого технологического передела входят как придание изделию заданной формы, так и получение качественной структуры бетона, обеспечивающей заданный уровень его свойств. Чем выше удобоукладываемость бетонной смеси, тем меньше усилий надо затратить на решение этих задач. Однако высокая удобоукладываемость обеспечивается либо повышенным содержанием в бетонной смеси цементного теста, что значительно удорожает себестоимость бетонных и железобетонных изделий, либо повышенным расходом воды затворения, что негативно отражается на их прочности и морозостойкости. Поэтому на практике всегда приходится решать компромиссную задачу назначения максимально низкого В/Ц-отношения при приемлемом уровне энергозатрат на формирование с учетом ряда факторов, перечисленных в первом пункте этой лабораторной работы.

Удобоукладываемость бетонной смеси оценивается по показателям подвижности или жесткости. Бетонные смеси, характеризующиеся подвижностью, имеют пластичную консистенцию и способны осесть под действием собственной массы, поэтому для их уплотнения (удаления заземленного при перемешивания воздуха) требуются незначительные вибрационные воздействия. Типичные жесткие смеси представляют собой рыхлосыпучую массу и не способны осесть под действием собственной массы. Для их уплотнения требуется вибрация, прессование, вибропрессование.

Для определения удобоукладываемости бетонной смеси готовили ее пробный замес объемом 10 л, для чего рассчитывали расход компонентов на замес по начальному составу (табл. 63). Смесь тщательно перемешивали сначала в сухом состоянии, а затем вместе с расчетным количеством воды в течение 5 мин.

Подвижность смеси определяли с помощью стандартного конуса высотой 300 мм, диаметрами верхнего и нижнего оснований 100 и 200 мм соответственно (рис. 40,а). Конус заполняли бетонной смесью в три слоя одинаковой высоты с 25 штыкованиями металлическим стержнем каждого слоя. После заполнения стального конуса его вертикально снимали и ставили рядом с бетонным конусом, который оседал и расплывался под действием собственной тяжести. С помощью двух линеек измеряли величину осадки конуса (ОК) в сантиметрах, которая и является количественной характеристикой подвижности смеси.

Для определения жесткости смеси стандартный конус помещали в стальной цилиндр диаметром и высотой 20 мм, жестко закрепленный на вибростоле. Конус заполняли бетонной смесью так же, как при определении подвижности смеси, а затем снимали и доводили диск прибора до соприкосновения с поверхностью бетонного конуса (рис 40,б). Одновременно включали секундомер и виброплощадку. Под действием вибрации бетонная смесь разжижалась, конус с диском опускались в цилиндр. В момент, когда в любых двух отверстиях диска появлялось цементное молоко, выключали секундомер и виброплощадку. Полученное время в секундах и принималось за показатель жесткости бетонной смеси.

Если подвижность оказалась ниже заданной (или жесткость выше заданной), в пробный замес добавляли цемент и воду при сохранении неизменного В/Ц-отношения. Если, напротив, подвижность была выше заданной (или жесткость ниже заданной), добавляли щебень и песок при сохранении их начальной пропорции. Опыт повторяли до получения требуемой удобоукладываемости.

а)

б)

Рис. 40. Схема определения подвижности (а) и жесткости (б) бетонной смеси

Таблица 62

Результаты корректировки состава бетонной смеси по ее удобоукладываемости

Номер замеса	Расход компонентов на замес, кг					Подвижность, см (жесткость, с)
	цемент	песок	щебень	добавка	вода	
1						
2						
3						

Откорректированный по удобоукладываемости состав бетона:

$C = \underline{\hspace{2cm}}$ кг/м³

$P = \underline{\hspace{2cm}}$ кг/м³

$Щ = \underline{\hspace{2cm}}$ кг/м³

$V/C = \underline{\hspace{2cm}}$

или

6. Корректировка начального состава по классу бетона

Классом бетона по прочности называют _____

Цифра в маркировке означает, _____

Фактический класс бетона и его соответствие заданному устанавливают по нижней доверительной границе прочности (по гарантированной прочности), которую оценивают путем статистической обработки результатов испытаний контрольных образцов бетона на прочность при сжатии.

Из бетонной смеси откорректированного по удобоукладываемости состава изготавливали образцы-кубы с размером ребра _____ см, которые отвечают максимальной крупности щебня _____ мм. Бетонную смесь укладывали в металлические формы соответствующих размеров. Подвижные смеси уплотняли штыкованием, а жесткие – вибрированием до появления на поверхности цементного молочка. Затем поверхность заглаживали, накрывали формы мокрой тканью и оставляли в помещении с температурой 20 ± 2 °С. Через 24 часа формы распалубливали (разбирали) и помещали образцы в камеру нормального твердения, где они хранились при относительной влажности воздуха 95 % до достижения проектного возраста (28 суток). После этого с точностью до 1 мм измеряли размеры опорных граней образцов и их высоту, взвешивали образцы и испытывали с помощью гидравлического пресса на сжатие (рис. 9) в направлении, параллельном слоям укладки бетонной смеси (боковой поверхностью вверх).

Предел прочности на сжатие каждого образца R_i , МПа, рассчитывали с точностью до 0,1 МПа по формуле

$$R_i = \frac{F}{A} \cdot 10^{-2}$$

где _____

Таблица 63

Результаты испытаний бетона на сжатие

Номер образца	Размеры образца, $a \times b \times h$, см	Масса образца, г	Средняя плотность		Разрушающая сила, кгс	Предел прочности при сжатии, МПа	
			образца, г/см ³	среднее, кг/м ³		образца	средний

Вычисляли среднеквадратическое отклонение прочности S_R , МПа:

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n-1}}$$

где _____

и коэффициент вариации прочности C_v , %:

По таблицам справочников в зависимости от числа образцов и гарантированной обеспеченности определяли величину коэффициента Стьюдента $t = \underline{\hspace{2cm}}$.

Гарантированную прочность бетона R^2 , МПа, рассчитывали по формуле

По величине гарантированной прочности принимали класс бетона **B** как ближайшее меньшее значение из стандартного ряда ГОСТ 26633:

Если класс бетона оказался ниже требуемого, состав бетона корректировали в сторону увеличения расхода цемента при соблюдении требований к удобоукладываемости бетонной смеси.

7. Назначение рабочего (заводского) состава бетона

В производственных условиях заполнители бетона находятся в состоянии естественной влажности. Поскольку номинальный состав подбирается при сухих заполнителях, дозировки компонентов по этому составу в заводских условиях приводят к превышению реального расхода воды и уменьшению расхода заполнителей. Поэтому номинальный состав необходимо пересчитать с учетом влаги, содержащейся в заполнителях.

Учет влажности заполнителя при корректировке номинального состава осуществляли по формулам:

где _____

ИСПЫТАНИЯ ВЯЗКОГО НЕФТЯНОГО БИТУМА

Цель работы - ознакомиться с основными техническими требованиями к качеству нефтяных битумов, изучить методику оценки их основных свойств, назначить область применения испытываемого битума в строительстве.

Задачи:

1. Закрепление на практике теоретических сведений о строении, основных свойствах и применении в строительстве нефтяных битумов.
2. Изучение методики оценки следующих свойств битумов:
 - глубины проникания иглы (пенетрации);
 - температуры размягчения;
 - предельной растяжимости (дуктильности).
3. Испытания вязкого нефтяного битума, определение его марки и области применения в строительстве.

1. Общие сведения

Нефтяные битумы представляют собой _____

По химическому составу и строению нефтяные битумы – это _____

Самым ценным свойством нефтяных битумов является их _____

Нефтяные битумы применяются для _____

2. Определение глубины проникания иглы

Показатель глубины проникания иглы является характеристикой условной вязкости битума при определенной температуре (+25 или 0 °С). Чем меньше глубина проникания иглы, тем выше прочность битума и материалов на его основе. Этот показатель является основным при разделении битумов на марки.

Для определения глубины проникания иглы чашку с битумом устанавливали на столик _____ (рис. 41), приводили иглу прибора в соприкосновение с поверхностью битума и снимали начальный показатель по лимбу. После этого одновременно включали секундомер и нажимали стопорную кнопку, давая игле свободно входить в образец в те-

чение 5 с. Затем кнопку отпускали, опускали кремальеру прибора и снимали отсчет по лимбу. По разности второго и первого показателей и оценивали величину глубины проникания иглы. Опыт повторяли три раза, производя опускание иглы в местах, отстоящих друг от друга и от краев чашки не менее чем на 10 мм.

Таблица 64
Результаты определения глубины проникания иглы (пенетрации)

Но- мер опы та	Началь- ный по- казатель по лим- бу, град	Конеч- ный по- казатель по лим- бу, град	Глубина проника- ния иглы, градусы пенетрации	
			текущая	средняя

Рис. 41. Схема определения глубины проникания иглы (пенетрации)

3. Определение температуры размягчения битума

Температура размягчения битума характеризует условия его перехода из полутвердого состояния в текучее.

Для определения температуры размягчения два латунных кольца с битумом устанавливали в отверстия среднего диска прибора «_____» (рис. 42), помещали прибор в химический стакан, наполненный _____, и на каждое кольцо пинцетом устанавливали стальной шарик. Стакан устанавливали на электроплитку и подогревали жидкость со скоростью 5 °С в минуту. За температуру размягчения битума принималась температура, при которой битум под действием шарика касался нижнего контрольного диска прибора.

Таблица 65
Результаты определения темпера-
туры размягчения битума

$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_3, ^\circ\text{C}$	$T_p, ^\circ\text{C}$

Рис. 42. Схема определения температуры размягчения битума

4. Определение растяжимости (дуктильности) битума

Растяжимостью битума называется его способность удлиняться под действием растягивающей силы без нарушения сплошности (т.е. без трещин и разрывов).

Для определения растяжимости три образца-«восьмерки» с битумом на стеклянной пластине помещали в ванну _____ (рис. 43), заполненную водой с температурой 25 °С. Через 1...1,5 часа выдержки в воде формы снимали с пластин и надевали на штифты прибора, снимали боковые части форм и включали двигатель. Образцы растягивали со скоростью 5 см/мин до наступления разрыва битума. В момент разрыва снимали отсчет по линейке прибора l , см.

Результаты определения
растяжимости битума

l_1 , см	l_2 , см	l_3 , см	P_b , см

Рис. 43. Схема определения
растяжимости битума

5. Определение марки битума и области его применения

По полученным экспериментальным данным из таблиц справочников установили, что испытанный вязкий нефтяной битум имеет марку _____ и может быть использован для _____

Общие выводы по лабораторной работе № 12

Аттестационные вопросы

1. Что представляют собой битумы?
2. Как подразделяются битумы по назначению?
3. Для каких целей используют битум в строительстве?
4. Опишите методику определения глубины проникания иглы (пенетрации) при определении условной вязкости битума. Какое значение имеет этот показатель?
5. Как и для чего оценивается температура размягчения битума на приборе "кольцо и шар"?
6. Что является показателем растяжимости битума и для чего он определяется?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА АСФАЛЬТОБЕТОНА

Цель работы - изучение методики расчета состава асфальтобетона.

Задачи:

1. Закрепление на практике теоретических сведений о технологии изготовления, основных свойствах и применении в дорожном строительстве асфальтобетона.
2. Изучение этапов расчет состава асфальтобетона.
3. Расчет ориентировочного состава асфальтобетона по заданным условиям.

1. Общая характеристика, классификация асфальтобетона

Асфальтобетон - это _____

Асфальтобетонная смесь - _____

Применяется асфальтобетон _____

Таблица 67

Классификация асфальтовых бетонов (ГОСТ 9128-2013)

<i>Классификационный признак</i>	<i>Разновидности асфальтобетона</i>
<i>Вид минеральной составляющей</i>	
<i>Вязкость битума и температура укладки</i>	
<i>Размер минеральных зерен</i>	
<i>Плотность (остаточная пористость)</i>	
<i>Содержание щебня (гравия)</i>	
<i>Вид используемого песка</i>	

Важнейшими показателями качества асфальтобетона являются _____

по которым он разделяется на марки.

Целью проектирования асфальтобетона является определение оптимального соотношения исходных материалов (щебня, песка, минерального порошка и битума), обеспечивающего получение высококачественного асфальтобетона с заданными свойствами в соответствии с грузонапряженностью и интенсивностью дорожного движения и климатических условий района строительства.

Основные этапы расчета состава асфальтобетона

Этап I. Выбор вида и типа проектируемого асфальтобетона;

Этап II. Выбор и оценка качества исходных материалов (щебня, песка, минерального порошка, битума) для проектируемого асфальтобетона;

Этап III. Расчет зернового состава минеральной части асфальтобетона;

Этап IV. Определение оптимального количества битума;

Этап V. Приготовление асфальтобетонной смеси и формование образцов асфальтобетона;

Этап VI. Определение физико-механических свойств контрольных образцов и сопоставление с требованиями ГОСТ 9128-2013 для проектируемого асфальтобетона.

2. Назначение вида и типа проектируемого асфальтобетона

Вид, тип и марка асфальтобетона выбирается в зависимости от категории дороги, принятой конструкции дорожной одежды, климатической зоны района строительства, условий эксплуатации дороги.

Согласно условиям задания, требуется запроектировать состав асфальтобетона со следующими классификационными признаками:

по виду минеральной составляющей - _____

по температуре укладки - _____

по размеру минеральных зерен - _____

по плотности - _____

по содержанию щебня (гравия) – тип _____

3. Выбор и оценка характеристик сырьевых компонентов

Требования к физико-механическим свойствам, гранулометрии каменных материалов и марке битума определяются видом, типом, маркой и структурой проектируемого асфальтового бетона.

Щебень Гравий _____ фракции _____ мм, истинной плотностью $\rho_{иц} =$ _____ г/см³, средней плотностью $\rho_{зщ} =$ _____ кг/м³, с содержанием пластинчатых и игловатых зерен _____ %. Марка щебня по прочности _____, по истираемости _____. Зерновой состав представлен в табл. 58.

Песок _____ с модулем крупности $M_k =$ _____, истинной плотностью $\rho_n =$ _____ г/см³, насыпной плотностью $\rho_{нп} =$ _____ кг/м³. Зерновой состав песка представлен в табл. 46.

Минеральный порошок _____ пористостью _____ %, с истинной плотностью $\rho_{mn} =$ _____ г/см³, битумоемкость _____ г/100 см³ абсолютного объема, влажность $W =$ _____ %. Зерновой состав минерального порошка представлен в табл. 69.

Таблица 68

Результаты отсева минерального порошка

Вид остатка	Единица измерения	Остаток на сите с диаметром отверстий, мм					Прошло через сито с диаметром отверстий 0,071 мм
		1,25	0,63	0,315	0,14	0,071	
m_i	г						
a_i	%						
A_i	%						

Битум нефтяной дорожный марки _____. Глубина проникания иглы _____ усл. град., растяжимость $P_{\sigma} =$ _____ см, температура размягчения $T_p =$ _____ °С

4. Расчет зернового состава минеральной части асфальтобетона

Состав минеральной части асфальтобетона рассчитывают исходя из зерновых составов, рекомендуемых ГОСТ 9128-2013 для данного вида, типа и марки асфальтобетона. Затем подобранный состав уточняют путем приготовления и испытания лабораторных образцов.

Предварительно в табл. 70 заносили полные и частные остатки минеральных материалов на контрольных ситах в процентах, а также рекомендуемые диапазоны полных остатков. Основными структурообразующими составляющими в асфальтобетоне являются щебень (зерна крупнее 5 мм) и минеральный порошок (частицы мельче 0,071 мм).

Долевое содержание щебня в минеральной смеси $D_{щ}$ определяли по формуле:

$$\boxed{\phantom{D_{щ} = \frac{m_{п} + m_{щ}}{m_{п} + m_{щ} + m_{б}}}}$$

где _____

Расчет долевого содержания минерального порошка $D_{мп}$ вели по формуле:

$$\boxed{\phantom{D_{мп} = \frac{m_{п}}{m_{п} + m_{щ} + m_{б}}}}$$

где _____

Долевое содержание песка D_n принимали по формуле:



Таблица 69

Ориентировочный зерновой состав минеральной части асфальтобетонной смеси

Материал	Доля в смеси	Частные/полные остатки, %, на ситах диаметром отверстий, мм										
		20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071	<0,071
Щебень												
Песок												
Минеральный порошок												
Рекомендуемые пределы полных остатков												
Щебень												
Песок												
Минеральный порошок												
Сумма полных остатков в смеси												

По значениям $D_{ц}$, D_n и $D_{мн}$ определяли величину полных остатков на всех контрольных ситах, какую принесут щебень, песок и минеральный порошок с учетом их доли в смеси всех минеральных компонентов асфальтобетона. Полные остатки каждой фракции суммировали и сопоставляли с рекомендованными ГОСТ.

5. Расчет оптимального количества битума в асфальтобетонной смеси

Расчет производили по величине битумоемкости материалов, входящих в состав асфальтобетонной смеси, и величине частных остатков на ситах, соответствующих долевого содержанию каждого компонента минеральной части асфальтобетона. Частные остатки в относительных единицах вносили в табл. 71 в соответствующую строку для каждого минерального материала, при этом частные остатки однородных по химико-минералогическому составу материалов суммировали. Перемножая содержание фракции на битумоемкость фракции, получали удельную битумоемкость фракции. Суммируя удельные битумоемкости всех фракций, получали общее содержание битума в смеси.

Результаты определения оптимального содержания битума в асфальтобетоне по величине битумоемкости

Фракция, мм	Частные остатки, отн.ед.			Битумоемкость, %			Удельная битумоемкость фракции, %
	щебень	песок	минер. порошок	по-гранита	кварц. песка	известняка	
20-40							
15-20							
10-15							
5-10							
2,5-5							
1,25-2,5							
0,63-1,25							
0,315-0,63							
0,16-0,315							
0071-0,16							
Менее 0,071							
Общее содержание битума в смеси							

Ориентировочный состав асфальтобетонной смеси:

Щебень _____ %

Песок _____ %

Минер. порошок _____ %

Битум _____ %

Так как на оптимальное содержание битума влияет шероховатость зерен, степень запыленности, содержание глинистых включений, активность минерального материала и битума, то для корректировки состава готовят три смеси с рассчитанным количеством битума и с содержанием битума $\pm 0,5$ % от рассчитанного, изготавливают образцы и определяют их физико-механические свойства.

Общие выводы по лабораторной работе № 13

Аттестационные вопросы

1. Изложите порядок подбора состава асфальтобетона.
2. Перечислите основные этапы подбора состава минеральной части асфальтобетона.
3. На основе каких показателей компонентов осуществляется их выбор?
4. Каким образом определяется долевое содержание щебня?
5. Каким образом выбирают марку битума для асфальтобетона?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строительные материалы (материаловедение и технология) [Текст] : учебник / под ред. В. Г. Миккульского. - Москва : АСВ, 2012. - 530 с. : ил.
2. Нахаев, М. Р. Строительные материалы и изделия [Электронный ресурс]: учебное пособие /М. Р. Нахаев, З. Х. Исмаилова, М. Ш. Саламанова - Грозный: ГГНТУ, 2018. - 108 с.
3. Строительные материалы [Электронный ресурс] : учебное пособие. - Хабаровск : ДВГУПС, 2019. - 147 с.
4. Рожков, П. В. Строительные материалы [Электронный ресурс] : лабораторный практикум /П. В. Рожков, С. В. Тертица,И. А. Пурикова - Москва: РТУ МИРЭА, 2019. - 63 с.
5. Лесовик, В. С. Строительные материалы и изделия: лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. С. Лесовик - Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. - 122 с.
6. Соколова, С. В. Строительные материалы (местные) [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / С. В. Соколова, А. И. Хлыстов - Самара : СамГУПС, 2020. - 90 с.
7. Зубова, О. В. Дорожно-строительные машины и материалы. Дорожное грунтоведение и дорожно-строительные материалы [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. В. Зубова - Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2020. - 64 с.
8. Испытания древесины [Электронный ресурс] : метод. указ. к вып. лаб. раб. для студ. направления 08.03.01 "Строительство" всех форм обучения / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций ; сост. : А. И. Макеев. - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2021. - Электрон. текстовые и граф. данные (2,62 Мб)
9. Строительные материалы : учебное пособие / О. А. Чернушкин, А. М. Усачев, С. М. Усачев, С. В. Черкасов. - Строительные материалы ; 2031-06-07. - Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. - 136 с.
10. Усачев, А. М. Специальные конструкционные и функциональные строительные материалы : учебное пособие / А. М. Усачев, С. М. Усачев, Е. В. Баранов. - Специальные конструкционные и функциональные строительные материалы ; 2031-06-07. - Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. - 243 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Правила техники безопасности.....	3
Введение	4
Лабораторная работа № 1. Параметры структуры и физические свойства строительных материалов.....	5
Лабораторная работа № 2. Механические свойства строительных материалов.....	18
Лабораторная работа № 3. Испытания древесины	25
Лабораторная работа № 4. Природные каменные материалы	37
Лабораторная работа № 5. Испытания керамического кирпича.....	44
Лабораторная работа № 6. Испытания гипсовых вяжущих.....	51
Лабораторная работа № 7. Испытания цемента	57
Лабораторная работа № 8. Испытания плотного песка для строительных работ	64
Лабораторная работа № 9. Оценка качества щебня из плотных горных пород для строительных работ	70
Лабораторная работа № 10. Подбор состава строительного раствора	79
Лабораторная работа № 11. Проектирование состава тяжелого бетона	86
Лабораторная работа № 12. Испытания вязкого нефтяного битума.....	96
Лабораторная работа № 13. Проектирование состава асфальтобетона	99
Библиографический список	104

Учебное издание

Макеев Алексей Иванович
Власов Виктор Васильевич

ИСПЫТАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

2-е издание, переработанное и дополненное

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 25.04.2023.

Объем данных 1,8 Мб.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84