

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра строительных материалов
и материаловедения

АРХИТЕКТУРНО-РЕСТАВРАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Методические указания к лабораторным работам
для обучающихся по направлению подготовки
07.03.02 Реконструкция и реставрация архитектурного наследия

Составители:

О.Б. Ляпидевская, Е.В. Ткач, Ю.С. Шумилина

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2020

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2020

УДК 72.023
ББК 85.11:38.3
А 87

Рецензент — доктор технических наук *Е.Г. Величко*,
профессор кафедры строительных материалов и материаловедения НИУ МГСУ

А87 **Архитектурно-реставрационное материаловедение** [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам для обучающихся по направлению подготовки 07.03.02 Реконструкция и реставрация архитектурного наследия / сост. : О.Б. Ляпидевская, Е.В. Ткач, Ю.С. Шумина ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра строительных материалов и материаловедения. — Электрон. дан. и прогр. (1,3 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. — Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru> — Загл. с титул. экрана.

В методических указаниях содержатся сведения об основных строительных материалах, применяемых в современном строительстве, их свойствах; приведены методики стандартных испытаний с описанием используемых приборов и оборудования. Содержатся рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Архитектурно-реставрационное материаловедение». Приведена последовательность выполнения лабораторного практикума, дан список рекомендуемой учебной литературы.

Для обучающихся по направлению подготовки 07.03.02 Реконструкция и реставрация архитектурного наследия.

Учебное электронное издание

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2020

Редактор, корректор *Л.В. Светличная*
Компьютерная правка *Л.В. Светличной*
Верстка и дизайн титульного экрана *Д.Л. Разумного*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2010, Adobe InDesign CS6, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 18.05.2020. Объем данных 1,3 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел.: (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Раздел 1. МАТЕРИАЛЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	6
Лабораторная работа № 1. Неразрушающий контроль прочности строительных материалов	6
Лабораторная работа № 2. Определение водонепроницаемости бетона по его воздухопроницаемости.....	9
Лабораторная работа № 3. Гидроизоляционные материалы: виды, свойства, применение	10
Раздел 2. МАТЕРИАЛЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ФАСАДОВ И КРОВЕЛЬ	11
Лабораторная работа № 4. Стеновые материалы: виды, свойства, применение	11
Лабораторная работа № 5. Кровельные материалы: виды, свойства, применение	14
Раздел 3. ОТДЕЛОЧНЫЕ РЕСТАВРАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	17
Лабораторная работа № 6. Стандартные испытания штукатурных сухих строительных смесей на гипсовом вяжущем	17
Лабораторная работа № 7. Отделочные реставрационные материалы: виды, свойства, применение	23
Лабораторная работа № 8. Акустические материалы для реконструкции: виды, свойства, применение	26
Раздел 4. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ	27
Введение	27
Лабораторная работа № 9. Электрохимическая коррозия металлов. Общие сведения	27
Лабораторная работа № 10. Исследование основных методов защиты металлических конструкций от коррозии	30
Лабораторная работа № 11. Анализ агрессивности водной среды. Определение содержания агрессивной углекислоты	31
Список рекомендуемой литературы.....	33

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с учебной программой дисциплины «Архитектурно-реставрационное материаловедение» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 07.03.02 Реконструкция и реставрация архитектурного наследия.

Методические указания включают основные разделы изучаемой дисциплины, в которых содержатся сведения о материалах и системах, применяемых для выполнения реставрационных работ и при реконструкции зданий и сооружений, приведены методики стандартных испытаний, содержатся рекомендации к выполнению лабораторных работ, последовательность их выполнения с описанием используемых приборов и оборудования.

Первый раздел включает общие сведения о материалах и системах для ремонта и восстановления строительных конструкций. В лабораторной работе № 1 представлена методика определения прочности с помощью ультразвукового прибора на примерах образцов керамического кирпича и тяжелого бетона; приведены градуировочные зависимости установления прочности материала в зависимости от скорости прохождения ультразвуковой волны через образец. Дан сравнительный анализ результатов, полученных при испытании образцов бетона неразрушающим методом, и результатов испытания образца-куба разрушающим методом на прессе. В лабораторной работе № 2 рассмотрены базовые и ускоренные методы определения водонепроницаемости тяжелого бетона, установление марки тяжелого бетона по водонепроницаемости; дано описание косвенного метода определения водонепроницаемости поверхностных слоев образцов бетона без покрытия и с защитными покрытиями по их воздухопроницаемости; приведена переводная таблица установления марки бетона по водонепроницаемости по показателю воздухопроницаемости. В лабораторной работе № 3 рассмотрены современные гидроизоляционные материалы, применяемые в реставрационных работах, даны стандартные методики определения основных свойств.

Второй раздел (лабораторные работы № 4, 5) предполагает изучение фасадных и кровельных строительных материалов с использованием наглядных образцов, представленных в тематических коллекциях. Для каждого материала дается описание технологии производства, рассматривается структура, основные физико-технические характеристики, достоинства, недостатки. Представлены номенклатура изделий, области применения, приведены основные типоразмеры и условные обозначения. Представлены методики определения основных физико-механических свойств.

Третий раздел посвящен изучению отделочных реставрационных материалов. Лабораторная работа № 6 содержит общие сведения о сухих строительных смесях: даны их состав, классификация, показатели качества, технические требования в соответствии с существующими нормативными документами. Приведены стандартные методы испытания сухих строительных смесей на гипсовом вяжущем (определение подвижности, водоудерживающей способности, сроки схватывания, прочности). В лабораторных работах № 7, 8 рассмотрены отделочные и акустические материалы, используемые в реставрационных работах. Приведены основные физико-технические характеристики, представлены номенклатура изделий, области применения, приведены основные типоразмеры и условные обозначения. Представлены методики определения основных физико-механических свойств.

В четвертом разделе представлены материалы для защиты строительных конструкций от коррозии. Лабораторные работы № 9, 10 содержат основные сведения о видах коррозии металлов и сплавов; приведены методы защиты металлических конструкций от коррозии; дано сравнение эффективности металлических и полимерных защитных покрытий. В лабораторной работе № 11 проводится оценка степени агрессивного воздействия среды на бетонные и железобетонные конструкции, а также исследование основных методов защиты.

Методические указания содержат список рекомендуемой литературы.

Раздел 1. МАТЕРИАЛЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ПРОЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Общие сведения

Все применяемые в настоящее время неразрушающие методы основаны на измерении какой-либо физико-механической характеристики материала x_i , по которой затем определяют предел прочности при сжатии R по заранее установленной зависимости: $R = f(x_i)$, т.е. зависимости «косвенная характеристика – прочность». Наибольшее распространение для контроля прочности и однородности каменных строительных материалов получил *ультразвуковой импульсный метод*. Существуют два способа прозвучивания строительных материалов и конструкций: сквозное и поверхностное (рис. 1).

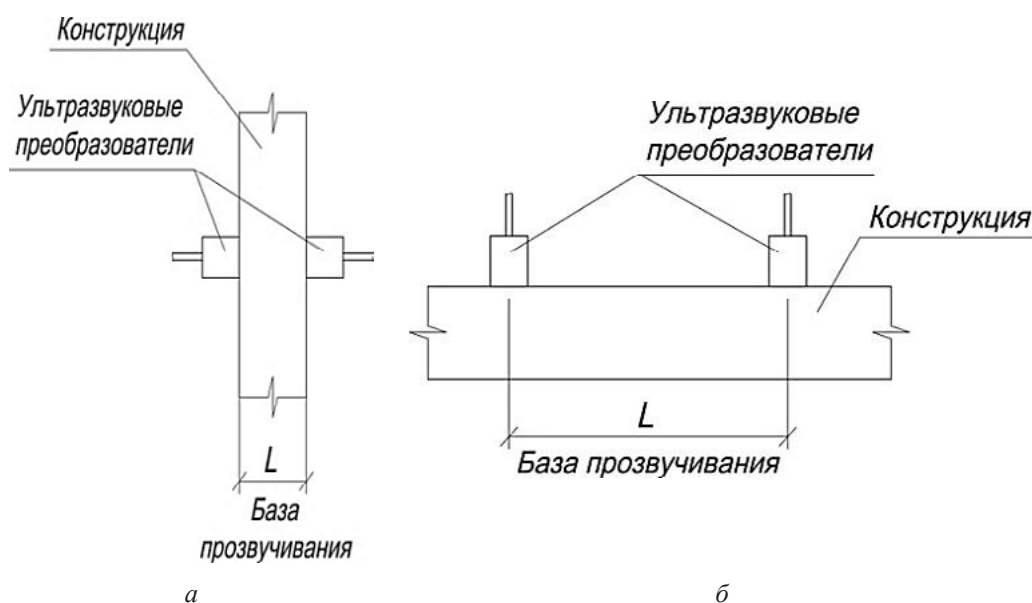


Рис. 1. Способы прозвучивания строительных материалов и конструкций:
а — сквозное; б — поверхностное

Сущность его заключается в прогнозировании прочности материала по скорости распространения в нем ультразвука V с использованием корреляционной связи $R = f(V)$, выражаемой в виде соответствующей градуировочной зависимости. Градуировочную зависимость для каждого материала получают экспериментально заранее путем «прозвучивания» образцов и последующего их испытания стандартным разрушающим способом. В процессе испытания измеряют время распространения через материал продольной ультразвуковой волны t , мкс, и базу прозвучивания L , м (с точностью до 1 мм). Скорость ультразвука вычисляют как отношение величины базы прозвучивания ко времени прохождения ультразвуковой волны через материал.

Лабораторный практикум

Задание 1. Определить прочность керамического полнотелого кирпича способом сквозного прозвучивания.

Методика: измерение скорости прохождения ультразвука в образце кирпича и определение прочности материала по известным градуировочным зависимостям «скорость ультразвука – прочность».

Оборудование: ультразвуковой прибор, линейка, гель для обеспечения акустического контакта. Для выполнения работы используется ультразвуковой прибор Pundit Lab фирмы Proceq (Швейцария).



Рис. 2. Ультразвуковой прибор Pundit Lab (Proceq, Швейцария):
1 — блок управления; 2 — УЗ преобразователи

Образец: кирпич керамический одинарный полнотелый (3 шт.).

Ход работы:

1) Измеряют базу прозвучивания L .

2) Для измерения времени распространения ультразвука в материале ультразвуковые преобразователи устанавливают соосно на противоположных тычковых гранях кирпича. Для обеспечения надежного акустического контакта между образцом и поверхностью щупов применяют гель для ультразвуковых исследований.

3) Скорость ультразвуковой волны, м/с, определяют по формуле (1):

$$V = \frac{L}{t} 10^6, \quad (1)$$

где L — база прозвучивания, м; t — время прохождения УЗ через образец, мкс.

4) Прочность образцов при сжатии R_c в зависимости от скорости распространения ультразвуковых колебаний определяют по приведенному графику. Градуировочная зависимость для полнотелого керамического кирпича приведена на рис. 3.

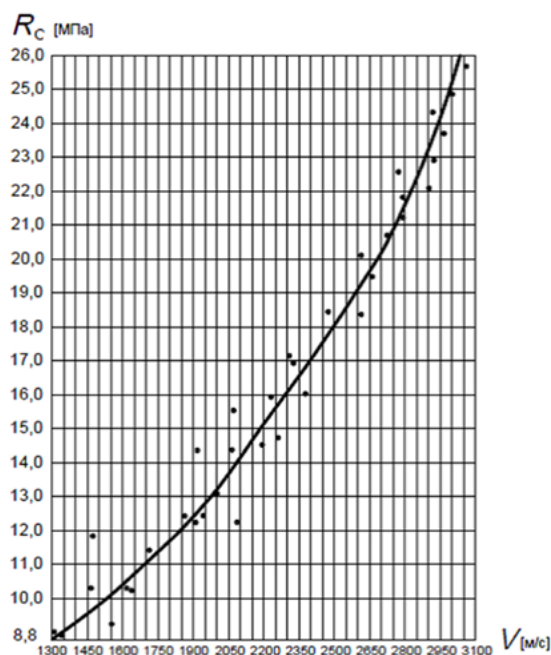


Рис. 3. Градуировочная зависимость «скорость ультразвука – прочность» для керамического полнотелого кирпича

Задание 2. Определить прочность тяжелого бетона способом сквозного прозвучивания.

Методика: измерение скорости прохождения ультразвука в образце бетона и определение предела прочности материала по известным градуировочным зависимостям «скорость ультразвука – прочность».

Оборудование: ультразвуковой прибор (рис. 2), линейка, гель.

Образец: бетонный куб с ребром 10 см (1 шт.).

Ход работы:

Определение скорости ультразвука выполняется в 3-х точках образца, и вычисляется среднее значение. Схема прозвучивания образца показана на рис. 4, а градуировочная зависимость «скорость ультразвука – прочность» для тяжелого бетона — на рис. 5.

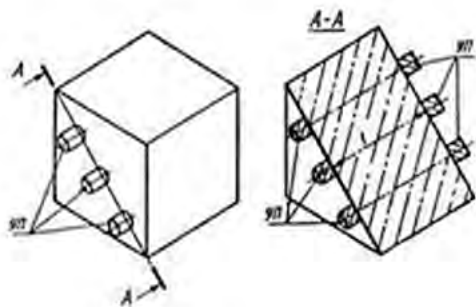


Рис. 4. Схема испытания образца бетона

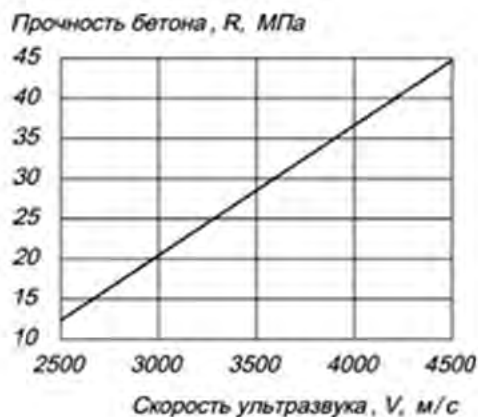


Рис. 5. Градуировочная зависимость «скорость ультразвука – прочность» для тяжелого бетона

Задание 3. Определить прочность бетона разрушающим методом.

Методика: постепенное нагружение образца бетона до разрушения.

Оборудование: пресс гидравлический.

Ход работы:

1) Образцы-кубы устанавливают на нижнюю опорную плиту пресса, совмещая центр соответствующей грани образца с центром плиты пресса.

2) Образец нагружают до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки ($0,6 \pm 0,2$) МПа/с. Максимальное усилие принимают за разрушающую нагрузку. Схема испытания приведена на рис. 6.

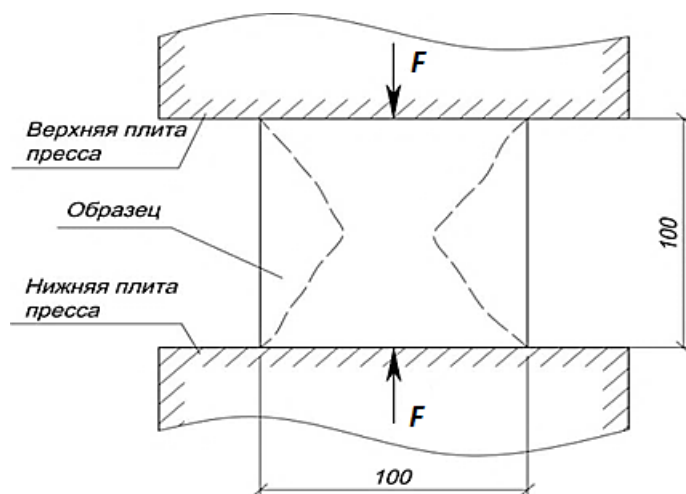


Рис. 6. Схема испытания образца-куба на гидравлическом прессе

3) Прочность образца на сжатие (кН/см^2) определяют по формуле (2):

$$R_c = \frac{F}{A}, \quad (2)$$

где F — разрушающая нагрузка при испытании образца, кН ; A — площадь приложения нагрузки, см^2 .

4) Предел прочности при сжатии бетона в стандартных образцах оценивается с учетом масштабного коэффициента 0,95. Сравнивают значения прочности, полученные ультразвуковым и традиционным методами. В ходе лабораторной работы устанавливается, что ультразвуковой метод позволяет оперативно, с достаточной степенью точности и минимальными трудозатратами предварительно оценивать прочность строительных материалов. Для точного определения предела прочности необходимо провести испытания стандартным разрушающим методом.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНА ПО ЕГО ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ

Общие сведения

Водонепроницаемость бетона — способность бетона не пропускать воду под давлением. Водонепроницаемость бетона зависит от его плотности, пористости, структуры пор, свойств вяжущего и заполнителей. Существуют базовые и ускоренные методы определения водонепроницаемости бетона.

Базовые методы: 1) определение водонепроницаемости по «мокрому пятну», основанное на измерении максимального давления, при котором не наблюдается просачивание воды через образцы; 2) определение водонепроницаемости по коэффициенту фильтрации, основанное на определении веса фильтрата (воды), прошедшего под давлением через образцы. *Ускоренные методы:* 1) определение коэффициента фильтрации фильтратометром; 2) определение водонепроницаемости поверхностных слоев бетона по его воздухопроницаемости. Марка бетона по водонепроницаемости W соответствует максимальному значению давления воды (атм), выдерживаемому четвертя из шести бетонных образцов в условиях базового испытания.

Лабораторный практикум

Задание. Определить ускоренным методом водонепроницаемость поверхностных слоев образцов бетона без покрытия и с защитными покрытиями по их воздухопроницаемости. По таблице установить марки бетона по водонепроницаемости W . Сделать выводы по полученным результатам.

Методика: измерение времени прохождения потока воздуха через бетон. Испытание проводится путем приложения двухкамерного вакуумного элемента непосредственно к поверхности бетона, что обеспечивает подачу воздушного потока под прямым углом к поверхности во внутреннюю камеру. По полученным данным определяют коэффициент проницаемости бетона K_f .

Оборудование: прибор для измерения воздухопроницаемости бетона.

Ход работы:

1) Изготовить образцы-кубы с ребром 150 мм.

2) Перед испытанием установить вакуумный элемент на испытуемом участке, закрыть красный кран. Давление P_1 начинает уменьшаться. Через 30 с закрыть синий кран, а еще через 5 с — открыть синий кран. Через 60 с закрыть синий кран, после чего на дисплее появляется величина измеренного прироста давления ΔP_i . Измерение заканчивается автоматически, на табло высвечивается значение коэффициента проницаемости бетона K_f , 10^{-6} . Нажатием клавиши END завершить процесс измерения. Схема испытания представлена на рис. 7.

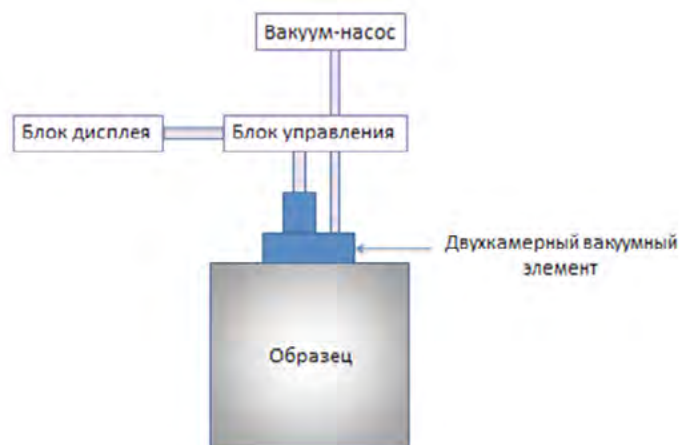


Рис. 7. Схема испытания

3) По табл. 1 определить марку бетона по водонепроницаемости W , соответствующую полученному значению K_f .

Таблица 1

Соответствие коэффициента проницаемости бетона марке по водонепроницаемости

Коэффициент проницаемости бетона K_f , 10^{-6}	Марка бетона по водонепроницаемости W
4,02–2,03	2
2,02–1,86	4
1,85–0,31	6
0,30–0,28	8
0,27–0,25	10
0,24–0,21	12

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Гидроизоляционные материалы: виды, свойства, применение

Общие сведения

Для устройства гидроизоляционной защиты подземных и заглубленных частей зданий и сооружений применяют различные материалы, которые можно разделить на группы по технологическим признакам: а) *оклеечная гидроизоляция* (битумные и битумно-полимерные рулонные материалы); б) *обмазочная гидроизоляция* (битумные и битумно-полимерные мастики, цементные составы); *штукатурные растворы* (цементно-песчаные и асфальтовые); в) *механически закрепленные* (битумные и битумно-полимерные рулонные материалы, полимерные мембраны, бентонитовые маты); г) *монтируемые листовые материалы* (металлические и пластмассовые).

Лабораторный практикум

Задание. Определить водопоглощение гидроизоляционной битумно-полимерной мастики.

Методика: определение массы образца гидроизоляционной мастики в сухом состоянии и после выдержки в воде.

Оборудование: весы лабораторные, секундомер, линейка металлическая, сосуд для воды вместимостью не менее 1 дм³, ткань хлопчатобумажная.

Ход работы:

1) Образец мастики размером 50 × 50 мм взвешивают (m_1) и помещают в сосуд с водой таким образом, чтобы слой воды над ним был не менее 50 мм. Образец выдерживают в воде в течение 24 ч.

2) Затем образец извлекают из воды, осушают и взвешивают (m_2). Время с момента извлечения образца из воды до взвешивания не должно превышать 60 с. Водопоглощение W (% по массе) вычисляют по формуле (3):

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

где m_1 — масса сухого образца, г; m_2 — масса образца после выдерживания в воде, г.

Образец считается выдержавшим испытание, если его водопоглощение после выдерживания в воде в течение 24 ч составит не более 2 % по массе.

Раздел 2. МАТЕРИАЛЫ И СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ФАСАДОВ И КРОВЕЛЬ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ВИДЫ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ

Общие сведения

Мелкоштучные стеновые материалы предназначены для кладки и облицовки несущих и самонесущих стен с использованием кладочного раствора. По виду изделия подразделяются на: кирпич и камни керамические и силикатные; мелкие блоки из конструкционно-теплоизоляционных бетонов и из горных пород. По назначению изделия подразделяют на рядовые и лицевые. Рядовые изделия обеспечивают эксплуатационные характеристики кладки, а лицевые также выполняют декоративно-защитные функции. Изделия изготавливают полнотелые и пустотелые. К полнотелым относят изделия без пустот; пустотелые изделия имеют сквозные или несквозные пустоты различной формы и размеров.

К нормируемым показателям качества штучных каменных стеновых изделий относятся: точность геометрических размеров, форма и внешний вид; средняя плотность материала в сухом состоянии; прочность на сжатие; морозостойкость; коэффициент теплопроводности в сухом состоянии.

- *Керамические кирпич и камни* получают из глинистого сырья путем формования и последующего обжига до спекания. Керамика — материал негорючий, водо- и биостойкий, экологичный и долговечный. Кирпич подразделяют на рядовой и лицевой, каждый из которых изготавливают как полнотелым, так и пустотелым. Лицевые изделия выпускают с гладкой или рельефной поверхностью естественного цвета или объемно окрашенными.

- *Кирпич керамический пустотелый.* Основные типоразмеры — 250×120×65 мм (формат 1НФ); 250×120×88 мм (1,4НФ); 250×85×65 мм (0,7НФ). Средняя плотность — 1100...1400 кг/м³. Марки по прочности — М125...М175. Марки по морозостойкости — F35...F75. Коэффициент теплопроводности — 0,26...0,42 Вт/(м·°С). Преимущества: долговечность, высокие физико-механические характеристики, экологическая безопасность, эстетичность. Недостатки: высокая стоимость, высокая трудоёмкость кладочных работ.

- *Керамические камни классов средней плотности до 1,0 включительно («теплая» керамика).* Камни отличаются от кирпича большими размерами (при номинальной толщине 140 мм и более). Камни выпускают рядовые и пустотелые с пустотностью до 55 %. Для облегчения и повышения теплотехнических показателей камни дополнительно поризуют путем введения в глиномассу мелких опилок, полностью выгорающих при обжиге. Камни формата более 4,5 НФ изготавливают с пазогребневой системой соединения с нешлифованными или шлифованными опорными поверхностями. Средняя плотность — 750...950 кг/м³. Марки по прочности — М75...М125. Марки по морозостойкости — F35, F50. Коэффициент теплопроводности — 0,18...0,24 Вт/(м·°С). Преимущества те же, что и для кирпича, а также низкая средняя

плотность и теплопроводность, значительное ускорение кладочных работ и уменьшение расхода раствора. Недостатки: высокое водопоглощение, низкая морозостойкость, необходимость устройства защиты (облицовки), высокая стоимость.

- *Ячеистый бетон* получают в результате затвердевания вспученной смеси вяжущего, тонкомолотого кремнеземистого компонента и воды. В зависимости от способа формирования ячеистой структуры различают *газо-* и *пенобетон*. Основные типоразмеры *пенобетонных блоков* — 600×(200...400)×300 мм. Средняя плотность — 500...900 кг/м³. Классы прочности — В0,5...В5,0. Коэффициент теплопроводности — 0,12...0,22 Вт/(м·°С). Марки по морозостойкости — F25...F50. Газобетонные блоки могут иметь профрезерованные пазогребневые элементы и карманы для захвата. Средняя плотность — 400...600 кг/м³. Классы прочности — В1,5...В3,5. Марки по морозостойкости — F25...F75. Коэффициент теплопроводности — 0,09...0,14 Вт/(м·°С). Преимущества блоков из ячеистых бетонов: низкая средняя плотность и теплопроводность, высокая технологичность (легко пилится, трудоемкость возведения конструкций ниже по сравнению с кирпичом), высокая звукоизолирующая способность. Недостатки: низкая прочность, высокое водопоглощение, низкая морозостойкость, значительная усадка при высыхании, необходимость оштукатуривания или облицовки кирпичом, сайдингом и др.

- *Полистиролбетон* — бетон поризованной структуры на цементном вяжущем и заполнителе из вспененных гранул полистирола. Для поризации цементного камня используются воздухововлекающие добавки. Средняя плотность — 250...600 кг/м³. Классы прочности — В0,5...В2,5. Марки по морозостойкости — F100...F200. Коэффициент теплопроводности — 0,07...0,15 Вт/(м·°С). Преимущества и недостатки те же, что у ячеистого бетона. К недостаткам также относится горючесть — Г1 (слабогорючий).

- *Керамзитобетонные блоки* изготавливают из легкого конструкционно-теплоизоляционного бетона на керамзитовом гравии. Может использоваться керамзитобетон плотной (на пористом песке), поризованной или крупнопористой структуры. Средняя плотность — 700...1400 кг/м³. Классы прочности — В1,5...В7,5. Марки по морозостойкости — F35, F50. Коэффициент теплопроводности — 0,16...0,48 Вт/(м·°С). Преимущества: низкая по сравнению с керамикой стоимость. Недостатки: повышенная средняя плотность и коэффициент теплопроводности.

- *Силикатный кирпич и камни* изготавливают прессованием под большим давлением увлажненной смеси воздушной извести и кварцевого песка с последующим твердением в автоклаве. Средняя плотность — 1550...1750 кг/м³. Марки по прочности — М150...М200. Марки по морозостойкости — F25...F50. Коэффициент теплопроводности — 0,65...0,75 Вт/(м·°С). Преимущества: высокая прочность, хорошая звукоизолирующая способность, экологическая безопасность, низкая по сравнению с керамическим кирпичом стоимость. Недостатки: ограниченная водо- и морозостойкость, высокая трудоемкость кладочных работ.

Теплоизоляционные материалы для утепления наружных стен применяются в виде плит различной жесткости или напылением, набрызгом или засыпкой на месте производства работ. Плиты изготавливают из неорганических (минеральная вата, пеностекло) и органических (пенопласты) материалов. Основные показатели при оценке качества фасадной теплоизоляции: теплопроводность в сухом состоянии при $t = 25^{\circ}\text{C}$; средняя плотность; пожарно-технические характеристики, в том числе группа горючести; сжимаемость, % (для мягких плит) или прочность при 10%-ной относительной деформации (для жестких плит).

- *Минераловатные плиты* изготавливают формованием и тепловой обработкой минераловатного ковра с введенным в него связующим веществом. В качестве связующего используют водорастворимые синтетические смолы в количестве 3–5 %. Минераловатная изоляция обладает низкой теплопроводностью, высокой звукоизоляцией, негорюча, гидрофобна и паропроницаема.

- *Мягкие минераловатные плиты*. Средняя плотность — 40...80 кг/м³. Сжимаемость — 10...30 %. Группа горючести — НГ. Коэффициент теплопроводности — 0,032...0,034 Вт/(м·°С). Преимущества: низкая средняя плотность и теплопроводность, высокая звукоизолирующая способность, пожаробезопасность. Недостатки: высокие сжимаемость и водопоглощение.

• *Жесткие минераловатные плиты.* Средняя плотность — 90...160 кг/м³. Прочность при сжатии — 0,02...0,05 МПа. Группа горючести — НГ. Коэффициент теплопроводности — 0,034...0,038 Вт/(м·°С). Преимущества: высокая по сравнению с мягкими плитами прочность при сжатии и на отрыв слоев, пожаробезопасность. Недостатки: более высокая по сравнению с мягкими плитами теплопроводность, высокое водопоглощение.

• Пенополистирол беспрессовый — жесткий утеплитель ячеистой структуры с преимущественно замкнутыми порами, получаемый вспениванием и спеканием гранул полистирола, содержащих антипирены. Средняя плотность — 15...20 кг/м³. Прочность при сжатии — 0,05...0,15 МПа. Группа горючести — Г3, Г4. Коэффициент теплопроводности — 0,032...0,036 Вт/(м·°С). Преимущества: низкая плотность и теплопроводность при достаточной прочности, низкая гигроскопичность, невысокая стоимость. Недостатки: горючесть, токсичность продуктов горения, малая долговечность, температура применения — до +70°С.

• *Экструзионный пенополистирол* — жесткий теплоизоляционный материал с однородной структурой, состоящей из замкнутых пор-ячеек размером 0,1...1,2 мм. Получают экструзией расплавленной смеси полистирола, вспенивателя и добавок (антипирена, красителей и др.). Выпускаются плиты с прямыми или ступенчатыми кромками. Средняя плотность — 30...40 кг/м³. Прочность при сжатии — 0,2...0,3 МПа. Группа горючести — Г3, Г4. Коэффициент теплопроводности — 0,028...0,032 Вт/(м·°С). Преимущества: прочность выше, чем у беспрессового пенополистирола, материал легко обрабатывается (не ломается, не крошится), низкое водопоглощение — не более 0,2 % по массе. Недостатки те же, что у беспрессового пенополистирола.

• *Пенополиуретан* — жесткий теплоизоляционный материал, имеющий закрытую ячеистую структуру и состоящий из полимеров группы полиуретанов. Пенопласт образуется в результате вспенивания и быстрого отверждения жидкой двухкомпонентной смеси, содержащей вспениватель, и изоцианата. Свойства жесткого пенополиуретана: средняя плотность — 40...200 кг/м³; прочность при сжатии — 0,15...1,0 МПа; группа горючести — Г3, Г4; коэффициент теплопроводности — 0,03...0,06 Вт/(м·°С). Преимущества те же, что для пенополистирола. Недостатки: горючесть, низкая стойкость к УФ-излучению, токсичность исходных компонентов, высокая по сравнению с пенополистиролом стоимость.

• *Пеностекло* — жесткий теплоизоляционный материал с закрытой ячеистой структурой, получаемым высокотемпературным вспениванием размягченного силикатного стекла. Средняя плотность — 120...200 кг/м³; прочность при сжатии — 0,4...1,6 МПа; группа горючести — НГ; коэффициент теплопроводности — 0,045...0,065 Вт/(м·°С). Преимущества: материал негорючий и водостойкий с высокой прочностью. Недостатки: повышенная плотность и теплопроводность, хрупкость, высокая стоимость.

Лабораторный практикум

Задание 1. Определить среднюю плотность стеновых материалов. Оценить класс средней плотности керамических и силикатных изделий и марку по средней плотности бетонов различного вида для мелких стеновых блоков.

Среднюю плотность керамических и силикатных кирпича и камней, пустотелых керамзитобетонных блоков определяют на целых образцах изделий. Для ячеистых бетонов и полистиролбетона допускается использовать образцы кубической или цилиндрической формы, выпиленные из изделий. При определении средней плотности материалов в сухом состоянии образцы высушивают до постоянной массы при температуре (105 ± 5°С). Для полистиролбетона температура сушки образцов не должна превышать +70°С.

Методика: измерение линейных размеров и взвешивание высушенных до постоянной массы образцов.

Оборудование: весы технические, линейка металлическая с ценой деления 1 мм, штангенциркуль, электрошкаф сушильный.

Ход работы:

- 1) Определяют геометрические размеры образцов. По ним рассчитывают фактический объем образца V_e .
- 2) Массу высушенных образцов определяют взвешиванием.
- 3) Среднюю плотность ρ_m (кг/м³) образца рассчитывают по формуле:

$$\rho_m = \frac{m}{V_e}, \quad (4)$$

где m — масса образца, кг; V_e — объем образца, м³.

За значение средней плотности принимают среднее арифметическое результатов как минимум трех образцов. По значению ρ_m устанавливают класс средней плотности для керамических и силикатных изделий (0,7; 0,8; 1,0; ...; 2,4) и марку по средней плотности бетонов, из которых изготовлены мелкие блоки (D300, D350, D400, D450, D500, ..., D2000).

Задание 2. Определить прочность при 10 % сжатии образцов пенопласта.

Методика: определение напряжения сжатия в образце при 10 % деформации пенопласта или его разрушении.

Оборудование: испытательная машина, обеспечивающая измерение нагрузки с точностью 1 % измеряемой величины.

Размеры образца: длина и ширина образца должны быть больше его толщины или равны ей.

Ход работы:

- 1) Образцы устанавливают на опорную плиту испытательной машины таким образом, чтобы сжимающее усилие действовало по оси образца. Нагружение образца производят до достижения предельной нагрузки, соответствующей 10 % относительной деформации пенопласта.
- 2) Прочность при сжатии σ_c (кгс/см²) определяют по формуле (5):

$$\sigma_c = \frac{P}{F}, \quad (5)$$

где P — предельная нагрузка, кгс; F — площадь поперечного сечения образца, см².

За результат испытаний принимают среднее арифметическое параллельных определений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 КРОВЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ВИДЫ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ

Общие сведения

Кровельные материалы предназначены для устройства кровельных покрытий. Они подвергаются периодическому увлажнению и высушиванию, воздействию прямого солнечного излучения, нагреву, замораживанию, снеговым и ветровым нагрузкам. Для длительной работы в таких условиях кровельные материалы должны быть атмосферостойкими, светостойкими, водонепроницаемыми, стойкими к низким температурам, имеющими достаточную прочность.

Материалы для скатных крыш

- *Керамическая черепица.* Сырье: глина, песок, добавки. Основные типоразмеры — (380...480)×(220...400) мм. Масса 1 м² — 45...60 кг. Срок службы — свыше 100 лет. Преимущества: высокая долговечность, огнестойкость, высокая химическая и атмосферостойкость. Недостатки: большая масса, хрупкость, необходимость устройства большого уклона кровли и мощной стропильной конструкции, высокая трудоемкость кровельных работ.

- *Цементно-песчаная черепица.* Сырье: портландцемент, кварцевый песок, добавки, вода, минеральные пигменты. Масса 1 м² — 40...55 кг. Срок службы — свыше 50 лет. Преимущества: высокая долговечность, огнестойкость, привлекательный внешний вид, низкая по срав-

нению с керамической черепицей стоимость. Недостатки: большая масса, хрупкость, необходимость устройства большого уклона кровли и мощной стропильной конструкции, высокая трудоемкость кровельных работ.

- *Хризотилцементные волнистые листы*. Сырье: портландцемент, хризотилловые волокна, вода. Характерные свойства: прочность при изгибе — 4,7...6,0 МПа; средняя плотность — 1550...1600 кг/м³; водонепроницаемость — не менее 24 ч; морозостойкость — F25. Преимущества: длительный срок эксплуатации (более 30 лет); высокая прочность; не подвержен коррозии и гниению; не горюч. Недостатки: хрупкость, требует осторожного обращения при транспортировке и установке.

- *Фальцевая кровля*. Основа — стальной лист толщиной 0,5...0,7 мм с антикоррозионным и защитным полимерным покрытием. Масса 1 м² — 4...7 кг. Срок службы — свыше 30 лет. Преимущества: высокая долговечность и атмосферостойкость, высокая надежность герметизации стыков. Недостатки: сложность монтажа, высокая по сравнению с металлочерепицей стоимость, низкая шумоизоляция.

- *Профилированный стальной лист*. Основа — стальной лист толщиной 0,4...0,6 мм с антикоррозионным и защитным полимерным покрытием. Масса 1 м² — 4,5...5,5 кг. Срок службы — свыше 30 лет. Преимущества: высокая долговечность и атмосферостойкость, малая масса. Недостатки: низкая шумоизоляция, малая жесткость.

- *Металлочерепица*. Основа — стальной лист толщиной 0,4...0,6 мм с антикоррозионным и защитным полимерным покрытием. Масса 1 м² — 4,5...6 кг. Срок службы — свыше 30 лет. Преимущества: высокая долговечность и атмосферостойкость, эстетический внешний вид. Недостатки: возможность коррозии при повреждении защитного покрытия, сильно прогревается в жаркую погоду.

- *Композитная черепица*. Основа — стальной лист толщиной 0,45...0,9 мм, защищенный с обеих сторон антикоррозионным покрытием, на который с обеих сторон наносится акриловый грунт, а на лицевую поверхность — еще гранулят натурального камня и прозрачная акриловая глазурь. Масса 1 м² — 6...8 кг. Срок службы — свыше 30 лет. Преимущества: долговечность, привлекательный внешний вид, большое разнообразие цветов и текстур. Недостатки: высокая по сравнению с металлочерепицей.

- *Гибкая битумная черепица*. Основа — стеклохолст, на который с обеих сторон нанесено битумно-полимерное вяжущее. Масса 1 м² — 8...12 кг. Срок службы — 20...30 лет. Характерные свойства — разрывная сила не менее 500...600 Н; гибкость на брусе 25 мм (–5...–10) °С, теплостойкость не ниже +85 °С. Преимущества: простота и высокая скорость монтажа, малая масса. Недостатки: необходимость устройства сплошной обрешетки.

- *Битумные волнистые листы* — гофрированный картон (или стеклохолст), пропитанный битумно-полимерным вяжущим и окрашенный с лицевой стороны атмосферостойкой краской на винил-акриловом связующем. Масса 1 м² — 3,5...4,5 кг. Срок службы — до 20 лет. Характерные свойства: разрывная сила — 840 Н, водопоглощение — 0,5 %, теплостойкость — +85 °С. Преимущества: малая масса, высокая скорость монтажа, гибкость. Недостатки: горючесть, хрупкость при низких температурах, малая жесткость.

- *Кровельные сэндвич-панели* — два оцинкованных профилированных стальных листа толщиной 0,5...0,7 мм с защитным полимерным покрытием на наружной поверхности, между которыми размещается утеплитель (минеральная вата, пенополистирол). Масса 1 м² — 11...35 кг. Срок службы — свыше 30 лет. Преимущества: малая масса покрытия, атмосферостойкость, удобство и высокая скорость монтажа, низкая стоимость, надежная изоляция стыков. Недостатки: низкая жесткость.

Материалы для плоских крыш

- *Рулонные битумные материалы на негниющих основах*. Представители — бикрост, линокром, стеклоизол, фольгоизол. Основные типоразмеры — 10 000×(900...1050)×(4...6) мм. Масса 1 м² — 3...6 кг. Срок службы — 10...15 лет. Основные свойства — разрывная сила 300...800 Н,

гибкость на брус 25 мм/0 °С, теплостойкость +80...+85 °С. Преимущества: малая масса, простота монтажа и ремонта, низкая стоимость. Недостатки: большое количество стыков, низкая долговечность, низкая теплостойкость и гибкость на брус.

- *Рулонные битумно-полимерные материалы на негниющих основах.* Представители — изопласт, техноэласт, унифлекс. Основные типоразмеры — 10 000×(900...1050)×(4...6) мм. Масса 1 м² — 3...6 кг. Срок службы — 15...25 лет. Основные свойства — разрывная сила 300...900 Н, гибкость на брус 25 мм/(–25...–15) °С, теплостойкость +100...+120 °С. Преимущества: более широкий по сравнению с битумными материалами рабочий диапазон температур. Недостатки: большое количество швов и стыков, стоимость выше по сравнению с битумными материалами.

- *Кровельные мембраны.* Виды — ЭПДМ-мембраны (на основе сополимера этилена пропилена и диена), ПВХ-мембраны (на основе поливинилхлорида), ТПО-мембраны (на основе термопластичных олефинов). Основные типоразмеры — до 15×60 м, толщина 0,8...2 мм. Масса 1 м² — 1...3 кг. Срок службы — более 40 лет. Основные свойства — прочность на растяжение 14...20 МПа, гибкость на брус 5 мм/(–55...–30) °С, горючесть Г3, Г4, относительное удлинение при разрыве 100...400 %. Преимущества: малая масса, высокая скорость монтажа. Недостатки: высокая стоимость, низкая стойкость к механическим повреждениям, необходимость защиты.

- *Кровельные мастики.* Виды — горячие и холодные мастики. Содержат битумное, битумно-полимерное связующее, добавки, минеральный наполнитель. Срок службы — более 20 лет. Основные свойства — условная прочность 0,2...1 МПа, теплостойкость +100...+120 °С, гибкость на брус 5 мм/(–50...–15) °С, водопоглощение не более 1,5...2 %. Преимущества: отсутствие швов и стыков, простота нанесения. Недостатки: повышенные требования к влажности и чистоте основания, сложность контроля толщины нанесения.

Лабораторный практикум

Задание 1. Определить стойкость к низким температурам (гибкость на брус) образца рулонного материала.

Методика: определение минимальной температуры, при которой образец не трескается при загибе вокруг бруса, изготовленного из древесины или пластмассы и имеющего с одной стороны закругление радиусом R .

Оборудование: морозильная камера, испытательный брус (рис. 8), секундомер, линейка металлическая с ценой деления 1 мм.

Образцы: три полоски материала размером 150×20 мм, вырезанные в продольном направлении.

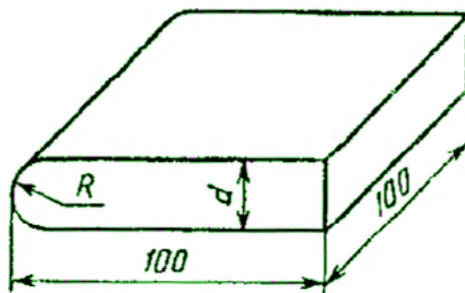


Рис. 8. Испытательный брус

Ход работы:

- 1) Образцы и брус помещают в морозильную камеру и выдерживают при заданной температуре в течение 20 мин.

- 2) Затем их извлекают из морозильной камеры, и каждый образец оборачивают вокруг закругленной части бруса. Производят контроль внешнего вида образца. Образец считают выдержавшим испытание, если на его лицевой стороне не появятся трещины и отслаивание вяжущего или посыпки.

Задание 2. Определить теплостойкость образца рулонного материала.

Методика: определение минимальной температуры, которую выдерживает образец без деформации и потери массы.

Оборудование: сушильный шкаф, термометр, линейка металлическая.

Образцы: три полоски материала размером 100×50 мм, вырезанные в продольном направлении.

Ход работы:

- 1) Сушильный шкаф нагревают до температуры, указанной в ТУ на конкретный материал.
- 2) Образец подвешивают в вертикальном положении на расстоянии не менее 50 мм от стенок шкафа и выдерживают в сушильном шкафу при заданной температуре в течение времени, установленного ТУ.
- 3) Затем образец извлекают из шкафа, охлаждают и осматривают. Образец считают выдержавшим испытание, если на его поверхности отсутствуют вздутия, следы перемещения вяжущего и сползание посыпки.

Задание 3. Определить разрывную силу при растяжении и относительное удлинение при разрыве образца рулонного материала.

Методика: Определение силы, которую необходимо приложить к образцу материала для его разрыва; определение изменения длины образца после испытания на разрыв.

Оборудование: Разрывная машина для испытаний, обеспечивающая нагружение в пределах 0–1000 Н и постоянную скорость перемещения подвижного захвата 100 мм/мин; линейка металлическая.

Образцы: три полоски размером 300×50 мм, вырезанные в продольном направлении.

Ход работы:

- 1) Образцы помещают в захваты разрывной машины по установочным меткам, расстояние между которыми 200 мм. За величину разрывной силы принимают максимальное показание шкалы силоизмерителя в момент разрыва образца.
- 2) Для определения относительного удлинения части разорванного образца, освобожденные из захватов машины, помещают на горизонтальную поверхность и через 120 с после разрыва измеряют расстояние рабочего участка между двумя сложенными вместе по месту разрыва частями образца. Относительное удлинение (ε , %) вычисляют по формуле (6):

$$\varepsilon = \frac{l_2 - l}{l} \cdot 100, \quad (6)$$

где l — длина рабочего участка образца до испытания, мм; l_2 — длина рабочего участка образца в момент разрыва или максимального значения силы, мм.

Раздел 3. ОТДЕЛОЧНЫЕ РЕСТАВРАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

СТАНДАРТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ШТУКАТУРНЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА ГИПСОВОМ ВЯЖУЩЕМ

Общие сведения

Сухие строительные смеси (ССС) — порошкообразные или мелкозернистые композиции, содержащие вяжущие вещества, наполнители, заполнители, добавки и изготовленные в заводских условиях.

Гипсовые штукатурные ССС, предназначенные для внутренних работ, подразделяют по способу нанесения: механизированного и ручного нанесения; по средней плотности: легкие ($\rho_m < 1300$ кг/м³); тяжелые ($\rho_m > 1300$ кг/м³); особо тяжелые ($\rho_m > 2300$ кг/м³). Основные показатели качества ССС на гипсовом вяжущем смесей в сухом состоянии: влажность

по массе; зерновой состав; насыпная плотность; *смесей, готовых к применению*: время начала схватывания; подвижность; водоудерживающая способность; *затвердевших растворов*: прочность сцепления с основанием; прочность на растяжение при изгибе; прочность на сжатие; плотность.

Лабораторный практикум

Задание 1. Определить подвижность литых растворных смесей на гипсовом вяжущем.

Методика: определение диаметра расплыва растворной смеси по кольцу Вика.

Оборудование: весы, мерный цилиндр, растворосмеситель или сферическая чаша с лопаткой для ручного перемешивания, секундомер, кольцо Вика, стеклянная пластина 400×400 мм, линейка.

Вид сухой смеси: сухая штукатурная смесь на гипсовом вяжущем.

Ход работы:

1) Растворную смесь приготавливают в растворосмесителе либо вручную. Воду в количестве, ориентировочно необходимом для получения растворной смеси требуемой подвижности, выливают в чашу смесителя или чашу для ручного перемешивания, предварительно протертые влажной тканью. *Способ перемешивания* в растворосмесителе или вручную: смесь всыпают в воду в течение 30 с, оставляют в покое на 60 с, перемешивают 30 с на малой скорости (30 движений лопаткой при ручном перемешивании), оставляют в покое на 30 с, повторно перемешивают 30 с на малой скорости.

2) Приготовленную растворную смесь в течение 15 с переносят в форму, установленную в центре стеклянной пластинки, удаляя металлической линейкой избыток смеси вровень с верхним краем формы. Форму резко поднимают строго вверх (выше верхней поверхности пробы), чтобы дать растворной смеси свободно растекаться по пластинке (рис. 9).

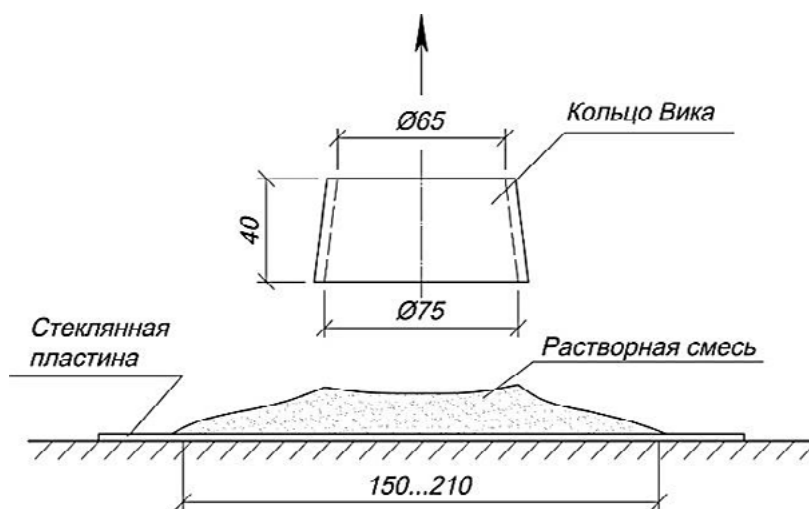


Рис. 9. Схема определения подвижности литых растворных смесей

3) Измеряют диаметр расплыва образца растворной смеси в двух взаимно-перпендикулярных направлениях и определяют среднеарифметическое значение. Диаметр расплыва образца растворной смеси должен составлять 150...210 мм. Если диаметр расплыва образца выходит за указанные пределы, испытание повторяют с измененным расходом воды. Водотвердое отношение (В/Т) определяют по формуле (7):

$$\frac{В}{Т} = \frac{m_1}{m_2}, \quad (7)$$

где m_1 — масса воды для получения смеси требуемой подвижности, г; m_2 — масса навески сухой смеси, г.

Задание 2. Определить подвижность пластичных растворов смесей на гипсовом вяжущем.

Методика: определение диаметра расплыва растворной смеси по кольцу Вика на встряхивающем столике.

Оборудование: весы, мерный цилиндр, растворосмеситель или сферическая чаша с лопаткой для ручного перемешивания, секундомер, встряхивающий столик, кольцо Вика, стеклянная пластина, линейка.

Ход работы:

Воду в количестве, ориентировочно необходимом для получения растворной смеси требуемой подвижности, выливают в чашу смесителя или чашу для ручного перемешивания, предварительно протертые влажной тканью.

Способ перемешивания в растворосмесителе или вручную: смесь всыпают в воду в течение 5–10 с, перемешивают 60 с на малой скорости или вручную с частотой (62 ± 5) движений в минуту.

2) Форму устанавливают на стеклянную пластинку в центре встряхивающего столика. Заполняют форму растворной смесью до верха, избыток снимают линейкой. Через 10...15 с форму поднимают вверх и встряхивают растворную смесь 15 раз в течение 15 с.

3) Измеряют диаметр расплыва образца растворной смеси в двух взаимно-перпендикулярных направлениях и определяют среднеарифметическое значение. Диаметр расплыва должен составлять (165 ± 5) мм (рис. 10). Если полученный результат отличается от указанного, испытание повторяют с измененным расходом воды. Определяют В/Т.

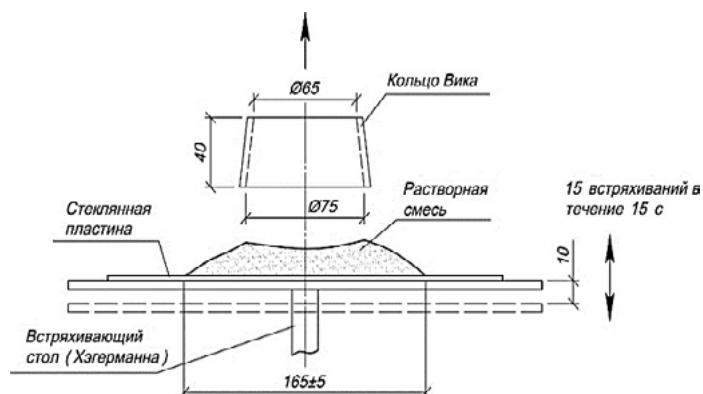


Рис. 10. Схема определения подвижности пластичных растворов смесей на встряхивающем столике

Задание 3. Определить сроки начала схватывания растворной смеси.

Методика: определение глубины погружения конуса, установленного на приборе Вика, в растворную смесь требуемой подвижности.

Оборудование: весы, мерный цилиндр, растворосмеситель или сферическая чаша и лопатка для ручного перемешивания, секундомер, прибор Вика с конусом и кольцом, стеклянная пластинка, часы.

Ход работы:

1) Приготавливают растворную смесь требуемой подвижности по вышеописанным методикам. Фиксируют время засыпки сухой смеси в воду t_0 (начало затворения).

2) Приготовленную растворную смесь переносят в форму, установленную на стеклянную пластинку. Удаляют воздух из смеси встряхиванием формы с пластинкой 4–5 раз, поднимая одну из сторон пластинки на 10 мм и затем отпуская ее. Избыток смеси удаляют линейкой и устанавливают стеклянную пластинку с формой на основание прибора Вика.

2) Для погружения конуса в смесь освобождают подвижный стержень прибора Вика нажатием на пластинку-фиксатор. По шкале прибора определяют глубину погружения конуса (рис. 11). После каждого погружения конус очищают, интервал между погружениями — не более 2 мин. Расстояние между точками погружения конуса — не менее 12 мм.

Начало схватывания — время от момента затворения сухой смеси водой до момента, когда конус впервые погрузится в растворную смесь на глубину (22 ± 2) мм.

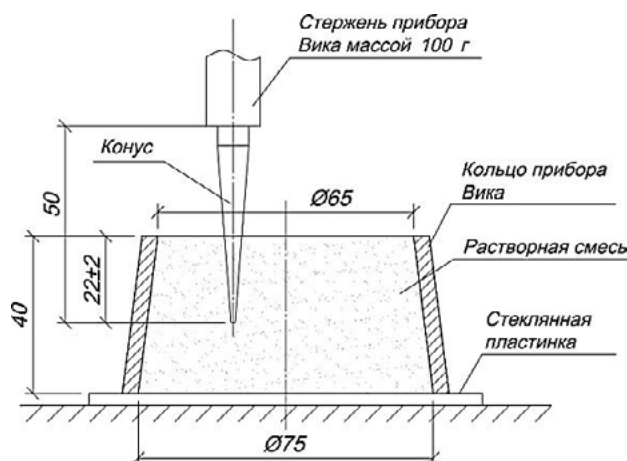


Рис. 11. Схема определения начала схватывания растворных смесей

Задание 4. Определить водоудерживающую способность растворной смеси.

Методика: определение массы воды, поглощенной пористым основанием при укладке на него растворной смеси.

Оборудование: весы, мерный цилиндр, растворосмеситель или чаша с лопаткой для ручного перемешивания, секундомер, стеклянная пластина, листы промокательной бумаги 150×150 мм, прокладки из марлевой ткани, металлическое кольцо с внутренним диаметром 100 мм.

Ход работы:

1) Перед испытанием 10 листов промокательной бумаги взвешивают и укладывают на стеклянную пластинку; сверху укладывают прокладку из марлевой ткани, устанавливают металлическое кольцо и еще раз взвешивают. Тщательно перемешанную растворную смесь укладывают вровень с краями металлического кольца, выравнивают, взвешивают и оставляют на 10 мин. Схема испытания приведена на рис. 12.

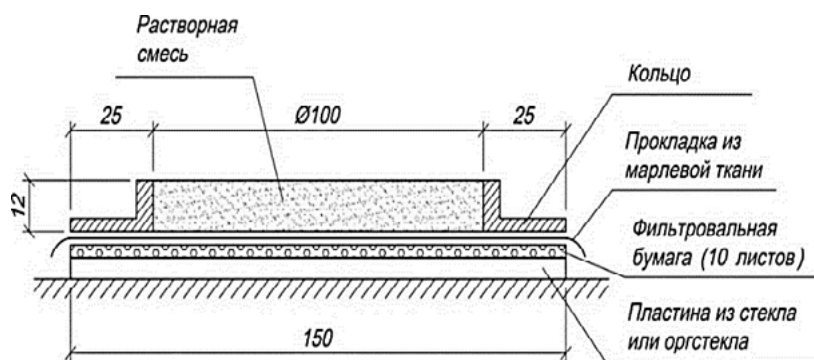


Рис. 12. Схема определения водоудерживающей способности растворной смеси

2) Металлическое кольцо с раствором осторожно снимают вместе с марлей. Промокательную бумагу взвешивают с погрешностью до 0,1 г. Водоудерживающую способность растворной смеси определяют содержанием воды (%) в пробе до и после эксперимента по формуле (8):

$$V = 100 - \frac{m_4 - m_1}{m_3 - m_2} \cdot 100, \quad (8)$$

где m_1 — масса промокательной бумаги до испытаний, г; m_2 — масса установки без растворной смеси, г; m_3 — масса установки с растворной смесью, г; m_4 — масса промокательной бумаги после испытания, г.

Задание 5. Определить прочность затвердевшей смеси

Задание 5.1. Изготовление стандартных образцов для определения прочности

Методика: изготовление образцов-призм размером 4×4×16 см из растворной смеси требуемой подвижности уплотнением в формах.

Оборудование: весы, мерный цилиндр, растворосмеситель или чаша с лопаткой для ручного перемешивания, секундомер, трехгнездовая форма размерами 4×4×16 см, линейка, камера для выдерживания образцов.

Ход работы:

1) Приготавливают растворную смесь требуемой подвижности (см. п. 1 задания 1) и укладывают в форму, предварительно смазанную тонким слоем машинного масла, избыток смеси срезают линейкой вровень с краями формы. Уложенную смесь *уплотняют*: 5 ударов формы о поверхность стола, поднимая её на высоту 10 мм.

2) Через 30...50 мин образцы расформовывают и помещают в климатическую камеру для выдерживания образцов при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(60 \pm 10)\%$ в течение 7 суток.

Задание 5.2. Определение прочности образцов при изгибе и сжатии

Методика: постепенное нагружение образцов на изгиб и сжатие на прессе до разрушения.

Оборудование: пресс гидравлический, устройство для испытания образцов-призм на изгиб, стальные нажимные пластины, сушильный шкаф.

Продолжительность твердения: 7 суток.

Подготовка образцов к испытанию: сушка в сушильном шкафу при температуре $(45 \pm 3)^\circ\text{C}$ в течение не менее 1 ч до постоянной массы, охлаждение в сушильном шкафу до температуры 15...20 °С.

Ход работы:

1) Образец-призму устанавливают на опоры прибора для испытания на изгиб так, чтобы его грани, горизонтальные при изготовлении, находились в вертикальном положении (рис. 13). Расстояние между опорами — 100 мм. Скорость нарастания нагрузки — (50 ± 10) Н/с.

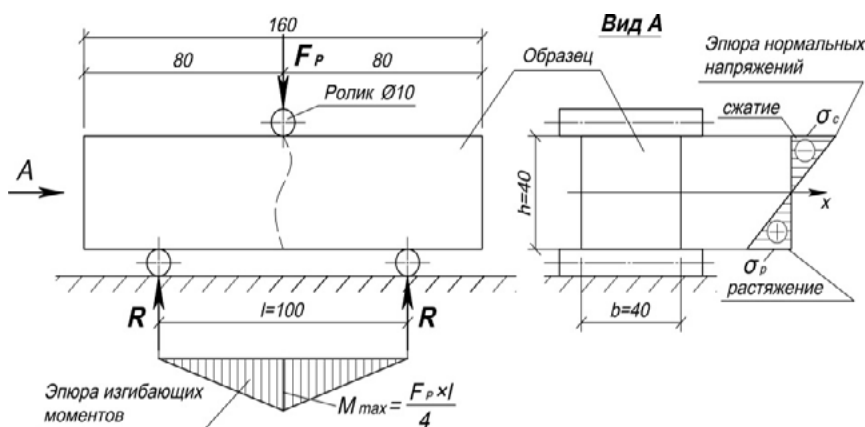


Рис. 13. Схема испытания образцов-призм на изгиб

Прочность при изгибе образца $R_{и}$ (МПа) определяют по формуле (9):

$$R_{и} = \frac{3}{2} \frac{F_p l}{bh^2} \cdot 10 = 2,344 \cdot F_p, \quad (9)$$

где F_p — разрушающая нагрузка, кН; l — расстояние между опорами; $l = 10$ см; b, h — ширина и высота поперечного сечения образца; $b = h = 4$ см.

2) За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний трех образцов.

3) Прочность на сжатие определяют испытанием шести половинок образцов-призм, полученных при испытании образцов на изгиб. Половинку призмы помещают между двумя сталь-

ными нажимными пластинками так, чтобы боковые грани, которые при формировании образцов находились в вертикальном положении, находились в плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой грани образца (рис. 14). Скорость нарастания нагрузки при испытании — (50 ± 10) Н/с.

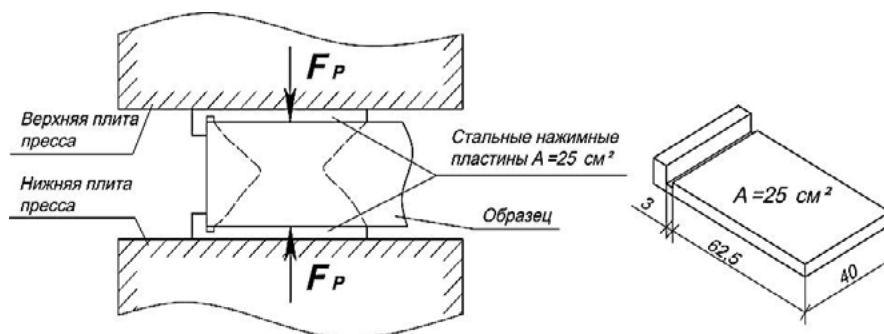


Рис. 14. Схема испытания половинок образцов-призм на сжатие

Предел прочности при сжатии одного образца R_c (МПа) определяют по формуле (10):

$$R_c = \frac{F_p}{A} \cdot 10, \quad (10)$$

где F_p — разрушающая нагрузка, кН; A — площадь пластины, см^2 ; $A = 25 \text{ см}^2$.

За результат испытания принимают среднееарифметическое значение результатов испытания шести образцов. По результатам лабораторной работы необходимо сделать вывод, удовлетворяет (не удовлетворяет) требованиям ГОСТ по прочности на изгиб и сжатие испытанная сухая штукатурная смесь.

Задание 6. Определить прочность сцепления с основанием.

Методика: определение предельного сопротивления отрыву затвердевшего раствора от основания.

Оборудование: весы, мерный цилиндр, растворосмеситель или чаша с лопаткой для ручного перемешивания, секундомер, устройство для испытания на отрыв, трафарет из нержавеющей стали или кольцо с острыми краями, эпоксидная смола или другой высокопрочный клей, камера для выдерживания образцов, металлический шпатель.

Ход работы:

1) *Изготовление образцов (не менее 5).* На основание устанавливают трафарет из нержавеющей стали толщиной 5...10 мм с квадратными отверстиями размером 50×50 мм или круглыми отверстиями диаметром 50 мм, на который наносят растворную смесь требуемой подвижности. Смесь заглаживают шпателем, далее трафарет снимают. Смесь, готовую к применению, наносят на основание слоем толщиной не более 10 мм и разглаживают. В период структурообразования (до начала схватывания) в слой смеси, вращая, вдавливают до основания усеченные конические кольца внутренним диаметром 50 мм и высотой 25 мм, изготовленные из нержавеющей стали.

2) *Условия хранения образцов до испытания:* 7 суток в климатической камере при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха (60 ± 10) % + 1 сутки после приклеивания штампа.

3) При испытании отмечают характер отрыва образцов. Возможны 4 варианта отрыва образцов (рис. 15): по основанию: прочность сцепления превышает полученное при испытании значение (рис. 15, а); по контактной зоне «основание – затвердевший раствор»: результат испытания соответствует предельному сопротивлению отрыву (рис. 15, б); по затвердевшему раствору: прочность сцепления превышает полученное при испытании значение (рис. 15, в); по клею: испытание повторяют, т.к. допущены ошибки при приклеивании металлической пластинки или неправильно выбран клей (рис. 15, г).

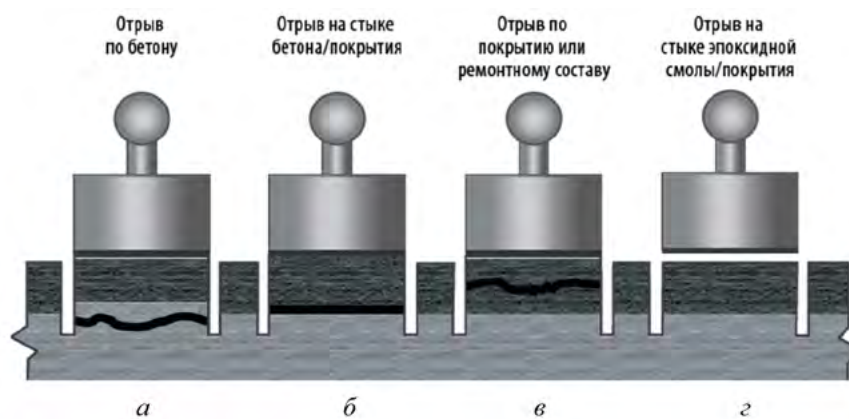


Рис. 15. Виды разрушения образцов при испытании

4) Прочность сцепления с основанием (адгезию) при испытании одного образца R_A , (Н/мм², МПа), определяют по формуле (11):

$$R_A = \frac{F_p}{A}, \quad (11)$$

где F_p — сила отрыва образца от основания, Н; A — площадь контакта поверхности образца с основанием, мм².

Каждое единичное значение прочности сцепления округляют до 0,1 МПа. За окончательный результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний всех образцов, округленное до 0,1 МПа.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ОТДЕЛОЧНЫЕ РЕСТАВРАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ВИДЫ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ

Общие сведения

«Сухое строительство» — способ возведения и отделки зданий с применением унифицированных крупноразмерных листов и плит заводского изготовления, при котором сводится к минимуму использование «мокрых» процессов на строительном объекте и существенно повышается эффективность и качество строительства. Под «мокрыми» процессами подразумевается монолитное бетонирование, кладка из мелкоштучных элементов с использованием строительных растворов, штукатурные работы и др.

- *Гипсокартонные листы* (ГКЛ) состоят из негорючего гипсового сердечника, все плоскости которого, кроме торцевых кромок, облицованы картоном, приклеенным к сердечнику. Применяется гипсовое вяжущее марок не ниже Г-5. Для достижения необходимых характеристик в гипсовое тесто вводят специальные добавки. Выпускают обычные ГКЛ; влагостойкие с пониженным водопоглощением ГКЛВ; огнестойкие с повышенной стойкостью при воздействии открытого пламени ГКЛО и влагоогнестойкие ГКЛВО.

- *Гипсоволокнистые листы* (ГВЛ) получают прессованием смеси гипсового вяжущего марок не ниже Г-5 и целлюлозных волокон. Лицевая поверхность шлифуется и обрабатывается против меления. В зависимости от условий применения выпускаются обычные ГВЛ и влагостойкие ГВЛВ с ограниченным поверхностным водопоглощением за счет пропитки латексом. ГВЛ бывают: с прямыми кромками ПК и фальцевыми ФК. Масса 1 м² — 10,5... 25 кг, $\rho_m \leq 1250$ кг/м³; $R_{и} \geq 4,5...6,0$ МПа в зависимости от толщины листа. Твердость лицевой поверхности — не менее 20 МПа.

- *Гипсостружечные плиты* (ГСП) изготавливают прессованием увлажненной смеси гипсового вяжущего марок не ниже Г-5 с древесными частицами и замедлителем схватывания гипса. Выпускают обычные ГСП и влагостойкие ГСПВ (обработанные гидрофобизаторами). Водопо-

глощение ГСП — не более 30 % (для шлифованных — не более 35 %), разбухание по толщине — не более 2 % (для шлифованных не более 3 %); $\rho_m \leq 1250 \text{ кг/м}^3$; $R_{и} \geq 4 \dots 8 \text{ МПа}$ в зависимости от марки и толщины плиты. Пожарно-технические характеристики: Г1, В1, Д1, Т1. Класс пожарной опасности КМ1.

- *Негорючие плиты КНАУФ Файерборд* — гипсовый сердечник, облицованный стеклохолстом. Сердечник изготавливают из гипсового вяжущего марок не ниже Г-5, вспученного вермикулита, рубленого стекловолокна. Разрушающая нагрузка при изгибе не менее 350 Н; $\rho_m = 850 \text{ кг/м}^3$; теплопроводность — 0,22 Вт/м·°С. Материал негорючий, класс пожарной опасности КМ0.

- *Цементно-стружечные плиты (ЦСП)* изготавливают прессованием увлажненной смеси древесных частиц с портландцементом, гидрофобизирующими добавками и добавками-минерализаторами. Марки плит в зависимости от точности изготовления и физико-механических свойств: ЦСП-1 и ЦСП-2. Отпускная влажность 6...12 %; $\rho_m = 1100 \dots 1400 \text{ кг/м}^3$; $R_{и} \geq 7 \dots 12 \text{ МПа}$ (в зависимости от толщины плиты и марки). $R_{раст} \geq 0,4 \text{ МПа}$ для ЦСП-1 и 0,35 МПа для ЦСП-2. Водопоглощение за 24 часа — не более 16 %, а разбухание по толщине — не более 2 %. Морозостойкость — F50.

- *Цементноволокнистые листы* получают из портландцемента, волокнистого армирующего компонента (хризотилых, целлюлозных, синтетических и др. волокон) и минерального наполнителя. Листы производят путем отливки сырьевой смеси на частую металлическую сетку с последующим обезвоживанием и формованием. $\rho_m \leq 1800 \text{ кг/м}^3$ для прессованных листов, и 1600 кг/м^3 — для непрессованных. $R_{и} \geq 23 \text{ МПа}$ и $R_{и} \geq 18 \text{ МПа}$ соответственно для прессованных и непрессованных листов. Ударная вязкость — не менее 2,5 кДж/м² для прессованных листов, не менее 2,0 кДж/м² — для непрессованных. Морозостойкость прессованных листов — не менее F50, непрессованных — не менее F25. Группа горючести — НГ, класс пожарной опасности КМ0.

- *Цементные плиты АКВАПАНЕЛЬ* представляют собой сердечник из мелкозернистого керамзитобетона, все плоскости которого, кроме торцевых кромок, армированы стеклосеткой. Продольные кромки армированы рубленым стекловолокном. На поверхности плит наносится слой из жидкого цементного теста. Выпускают двух видов: АКВАПАНЕЛЬ Внутренняя и АКВАПАНЕЛЬ Наружная. $\rho_m = 1000 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$, масса 1 м² — 15...16 кг.

- *Древесно-стружечные плиты (ДСП)* производят горячим прессованием древесных стружек с полимерным связующим (фенолоформальдегидной или карбамидной смолой) и специальными добавками. Для влагостойких плит добавляют гидрофобизатор и антисептик; для огнестойких — антипирен. $\rho_m = 600 \dots 750 \text{ кг/м}^3$. $R_{и} \geq 7,0 \dots 11,0 \text{ МПа}$, для влагостойких — $R_{и} \geq 9 \dots 22 \text{ МПа}$, для огнестойких — $R_{и} \geq 8,5 \dots 12,5 \text{ МПа}$. Разбухание по толщине за 24 ч не более 10...17 % (для влагостойких Р3, Р5, Р7). Влагостойкие плиты стойки к действию грибов, бактерий и насекомых. Пожарно-технические характеристики: Г4, В3, Д3, Т2; класс пожарной опасности КМ5 (кроме огнестойких).

- *Ориентированно-стружечные плиты (ОСП)* отличаются тем, что древесная стружка специальной формы ориентирована в заданных направлениях: в наружных слоях — вдоль длины плиты, во внутреннем — перпендикулярно. Стружка имеет длину 50...100 мм, толщину — 0,4...0,7 мм. Номинальные размеры: (1200...2500)×(1200...2500)×(8...40) мм; $\rho_m = 600 \dots 650 \text{ кг/м}^3$. Отпускная влажность 2...12 %. $R_{и} = 16 \dots 30 \text{ МПа}$. $R_{раст} \geq 0,26 \dots 0,5 \text{ МПа}$.

- *Фанера* — плоские листы, полученные склеиванием и последующим горячим прессованием трех, пяти и более слоев древесного шпона. Шпон — тонкий лист древесины, полученный при лущении распаренных коротких бревен. В зависимости от внешнего вида наружных слоев шпона фанеру выпускают пяти сортов: Е (элита), I, II, III, IV. Средняя плотность 650...750 кг/м³. Прочность при изгибе вдоль волокон наружных слоев не менее 25 МПа — для

фанеры из шпона лиственных пород и не менее 30 МПа — хвойных. Прочность при растяжении вдоль волокон — не менее 20...30 МПа. Пожарно-технические характеристики: Г4, В3, Д3, Т2; класс пожарной опасности КМ5.

Лабораторный практикум

Задание 1. Определить класс гипсокартонного листа.

Методика: установление класса гипсокартонного листа по внешнему виду и точности изготовления.

Оборудование: линейка и рулетка металлические с ценой деления 1 мм, штангенциркуль, угольники поверочные.

Ход работы:

1) Длину и ширину листа измеряют рулеткой на расстоянии (65 ± 5) мм от соответствующих кромок и посередине листа.

2) Толщину листа измеряют штангенциркулем по каждой торцевой кромке в трех местах: на расстоянии (65 ± 5) мм от продольных кромок и посередине торцевой кромки; место измерения может быть смещено от середины торцевой кромки не более чем на 30 мм.

3) Длину каждой диагонали измеряют рулеткой один раз. При измерении длины, ширины и диагоналей листа показание средства измерения округляют до 1 мм. При измерении толщины листа показание средства измерения округляют до 0,1 мм. Отклонение от прямоугольности вычисляют по разности длин измеренных диагоналей. Согласно полученным результатам установить класс гипсового листа и дать его условное обозначение.

Задание 2. Определить поверхностную плотность гипсокартонного листа.

Методика: Определение массы 1 м^2 листа на образце гипсокартона длиной (450 ± 5) мм и шириной (150 ± 5) мм.

Оборудование: сушильный шкаф с термометром, весы, линейка.

Ход работы:

1) Высушивание образца, вырезанного на расстоянии не менее 100 мм от кромок листа, до постоянной массы при $t = 41 \text{ }^\circ\text{C}$.

2) Охлаждение образца в условиях, исключающих воздействие влаги.

3) Взвешивание образца, измерение его длины и ширины. Вычисление массы 1 м^2 листа ($m, \text{кг}$) по формуле (12):

$$m = \frac{m_1}{l b}, \quad (12)$$

где m_1 — масса высушенного до постоянной массы образца, кг; l — длина образца, м; b — ширина образца, м.

Задание 3. Определить прочность сцепления гипсового сердечника с картоном.

Методика: Определение характера отрыва картона от гипсокартонного листа в вертикальном направлении.

Оборудование: нож, линейка, образец гипсокартона.

Ход работы:

1) В любом месте образца гипсокартона делают по 2 пересекающихся между собой под углом приблизительно в 30° надреза картона длиной до пересечения не менее 100 мм.

2) Надрезы картона выполняют с лицевой и тыльной сторон листа до гипсового сердечника. В месте пересечения надрезов остроугольную часть картона приподнимают с помощью ножа и вручную отрывают от листа в вертикальном направлении. По характеру отрыва картона оценивают прочность его сцепления с гипсовым сердечником.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 АКУСТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ: ВИДЫ, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ

Общие сведения

Строительная акустика — наука, занимающаяся вопросами защиты зданий и помещений от шума. *Звукоизоляция* — снижение уровня шума, проникающего через ограждающую конструкцию. Количественная мера звукоизоляции ограждающих конструкций выражается в децибелах. *Звукопоглощение* — явление преобразования энергии звуковой волны во внутреннюю энергию среды, в которой распространяется волна.

Звукопоглощающие и звукоизоляционные строительные материалы и изделия классифицируются по следующим признакам: 1) *назначению*: звукопоглощающие — для применения в звукопоглощающих конструкциях с целью снижения уровня звукового давления в помещениях производственных и общественных зданий; звукоизоляционные — для применения в качестве прослоек (прокладок) в многослойных конструкциях с целью улучшения изоляции звука; 2) *форме*: штучные (блоки, плиты); рулонные (маты, прокладки, холсты); рыхлые и сыпучие (вата минеральная, стеклянная, керамзит и другие пористые наполнители); 3) *жесткости* (величине относительного сжатия): мягкие, полужесткие, жесткие и твердые; 4) *возгораемости* (горючести): негораемые; трудногораемые; сгораемые; 5) *структуре*: пористо-волокнистые (из минеральной и стеклянной ваты); пористо-ячеистые (из ячеистого бетона и перлита); пористо-губчатые (пенопласты, резины).

Лабораторный практикум

Задание. Определить сжимаемость образца минераловатной плиты.

Сжимаемость характеризует степень уплотняемости волокнистого материала под действием сжимающих сил.

Методика: измерение толщины образца минераловатной плиты при воздействии сжимающей удельной нагрузки (2000 Па).

Оборудование: машина испытательная, обеспечивающая скорость нагружения образца 5–10 мм/мин, штангенциркуль.

Ход работы:

1) Изготавливают образец, имеющий в плане форму квадрата со стороной 100 мм, толщиной, равной толщине изделия.

2) Образец устанавливают на основание испытательной машины и затем опускают на него пластину, создавая удельную нагрузку ($500 \pm 7,5$) Па, и выдерживают при данной нагрузке 5 мин. По миллиметровой шкале, установленной на испытательной машине, определяют толщину образца h . Далее нагружают образец удельной нагрузкой (2000 ± 30) Па и выдерживают при данной нагрузке 5 мин. Затем определяют толщину образца h_1 . Сжимаемость $C_{ж}$, %, вычисляют по формуле (13):

$$C_{ж} = \frac{h - h_1}{h}, \%, \quad (13)$$

где h — толщина образца под удельной нагрузкой 500 Па, мм; h_1 — толщина образца после деформации под удельной нагрузкой 2000 Па, мм.

Для мягких материалов сжимаемость составляет более 30 %, для полужестких — 6–30 %, для твердых — менее 6 %.

Раздел 4. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ

ВВЕДЕНИЕ

Коррозия — самопроизвольное разрушение материалов вследствие их физико-химического взаимодействия с окружающей средой (агрессивной атмосферой, морской водой, растворами кислот, щелочей, солей, различными газами и т.п.). Коррозии подвержены практически все строительные материалы — сталь, бетон, строительные растворы, изделия из природного камня, керамика, древесина, полимерные материалы и др. Наиболее интенсивная коррозия наблюдается в зданиях и сооружениях химических производств, что объясняется действием различных газов, жидкостей и мелкодисперсных частиц непосредственно на строительные конструкции. Потери от коррозии строительных конструкций могут быть весьма существенными — это: стоимость заменяемых проржавевших элементов конструкций, затраты на ремонт и реконструкцию, защитные мероприятия и безвозвратные потери металла, которые, по подсчетам специалистов, составляют около 10...15 % мировой продукции стали.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электрохимическая коррозия возникает при контакте металла с электролитом. Причины электрохимической коррозии: наличие примесей в металле; различная обработка отдельных участков металла; неодинаковые условия, в которых находятся различные участки поверхности металла (неравномерная аэрация, температура и др.); контакт двух металлов с разными электродными потенциалами; механические напряжения; действие блуждающих токов. При взаимодействии растворенного на аноде металла с продуктами катодной реакции часто образуются труднорастворимые продукты коррозии, которые могут обладать защитными свойствами, например, гидроксиды $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Кроме первичных реакций, протекающих на катоде и аноде, на коррозию металла могут влиять вторичные реакции, приводящие к образованию труднорастворимых продуктов. Эти вещества могут тормозить развитие коррозионных процессов, но иногда их присутствие приводит к появлению макро-неоднородностей, например, в стальных конструкциях, усиливающих коррозию и изменяющих ее характер. Участки металлических поверхностей, покрытые плотным малопроницаемым слоем ржавчины (смесь оксидов железа (II) и (III) и их гидратов), в электрохимическом отношении отличаются от участков, где такого слоя нет, или он рыхлый. Процесс отвода электронов с катодных участков называется деполяризацией. На практике чаще встречаются 2 типа деполяризации: водородной и кислородной. Тип деполяризации (катодный процесс) зависит от реакции среды раствора электролита. В кислой среде электрохимическая коррозия протекает с водородной деполяризацией, в нейтральной и щелочной — с кислородной. Контактная коррозия наблюдается при контакте двух разнородных металлов, т.е. которые обладают разными электрохимическими свойствами. В этом случае возникает гальванопара. Сочетания металлов, сильно отличающихся значениями электродных потенциалов, в технике недопустимы (например, алюминий – медь).

Лабораторный практикум

Задание 1. Изучить коррозионные процессы, происходящие при контакте двух металлов в кислой и нейтральной средах в результате образования гальванического элемента.

Исследуемые материалы: алюминий, медь.

Реактивы: 1М NaCl, 0,4 М HCl, индикатор фенолфталеин.

Лабораторная посуда и оборудование: чашка Петри (6 шт.).

Ход работы:

1) В три чашки Петри наливают раствор хлорида натрия 1М NaCl и 10 капель фенолфталеина. В 1-ю чашку помещают пластинку алюминия, во 2-ю — пластинку меди, в 3-ю — пластинки алюминия и меди, находящиеся в контакте. Наблюдения фиксируют в лабораторном журнале.

2) В три чашки Петри наливают соляную кислоту 0,4 М HCl. В 1-ю чашку помещают пластинку алюминия, во 2-ю — пластинку меди, в 3-ю — пластинки алюминия и меди, находящиеся в контакте. Наблюдают за происходящими явлениями, сравнивают интенсивность выделения водорода. Составляют схемы образовавшихся коррозионных гальванических элементов (рис. 16) и записывают уравнения электродных процессов.

При контакте Al и Cu образуется гальванический элемент: Al является анодом и окисляется, а Cu — катодом. В кислой среде электрохимическая коррозия протекает с водородной деполяризацией, в нейтральной — с кислородной. В нейтральной среде образующиеся гидроксид-ионы создают щелочную среду, поэтому раствор фенолфталеина окрашивается в малиновый цвет.

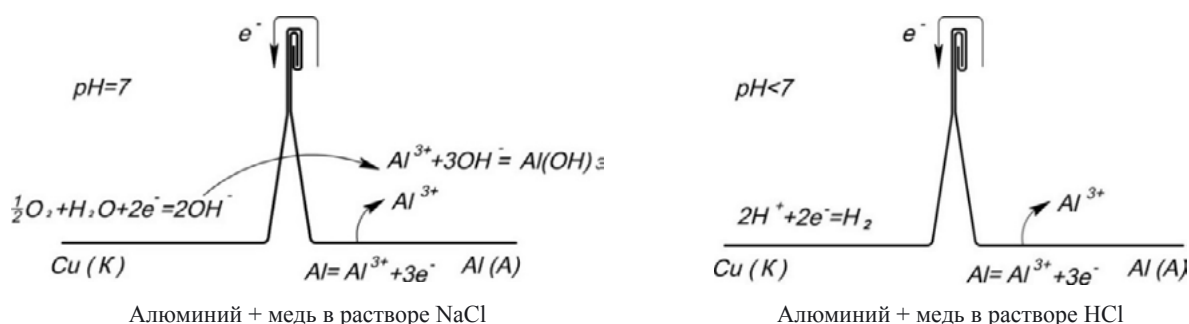
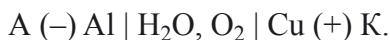


Рис. 16. Схемы образовавшихся коррозионных гальванических элементов

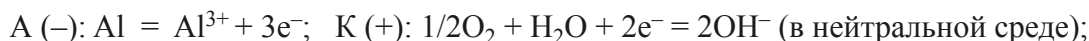
В кислой среде наблюдается выделение водорода на пластинке меди. В нейтральной среде возникает гальванический элемент:



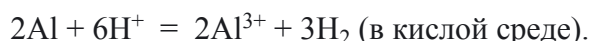
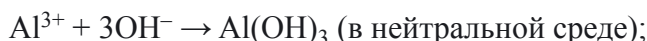
В кислой среде возникает гальванический элемент:



На электродах протекают следующие реакции:



У поверхности металла в электролите протекают следующие реакции:



Задание 2. Изучить коррозионные процессы стали, происходящие при неравномерной аэрации.

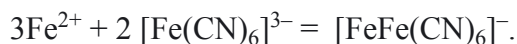
Исследуемые материалы: сталь.

Реактивы: 1М NaCl, гексацианоферрат (III) калия $K_3[Fe(CN)_6]$ (красная кровяная соль), фенолфталеин.

Лабораторная посуда и оборудование: пипетка.

Ход работы:

1) Стальную пластинку зачищают наждачной бумагой, промывают дистиллированной водой и высушивают фильтровальной бумагой. На поверхность пластины пипеткой наносят каплю предварительно приготовленного раствора 1М NaCl (активатор коррозии железа), содержащего также $K_3[Fe(CN)_6]$ (реактив на ионы Fe^{2+}). Анодные участки, где железо окисляется и переходит в состояние Fe^{2+} , обнаруживаются по синему цвету образующегося гексацианоферрата железа:



2) Через 2–3 мин добавляют каплю раствора фенолфталеина. Области, окрасившиеся в розовый цвет, соответствуют катодным участкам, где происходит процесс кислородной деполяризации с образованием гидроксид-ионов.

3) Указывают расположение анодных и катодных участков на рисунке, записывают уравнения электродных процессов. В нейтральной среде электрохимическая коррозия протекает с кислородной деполяризацией:



Участок металла, расположенный ближе к внешней части капли, лучше снабжается кислородом и выполняет роль катода, на нем происходит деполяризация кислорода. В центре капли доступ кислорода к металлу затруднен. Этот участок выполняет роль анода, он разрушается (рис. 17).

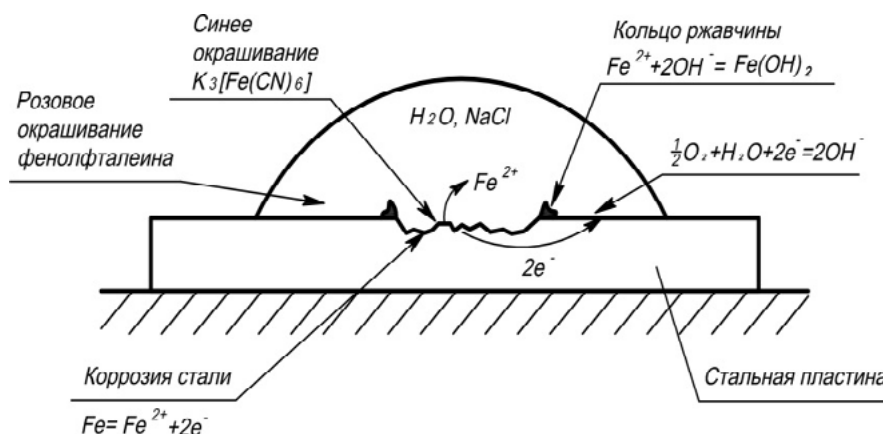
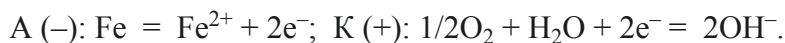
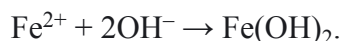


Рис. 17. Схема коррозии стали при неравномерной аэрации

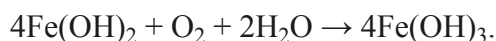
На электродах протекают следующие реакции:



На границе катодного и анодного участка в электролите протекает реакция (образуется кольцо ржавчины):



Далее образующийся гидроксид железа (II) окисляется кислородом воздуха до гидроксида железа (III):



В заключении формулируют выводы по результатам работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ

Общие сведения

Методы защиты металлических конструкций от коррозии подразделяют на три группы: конструкционные; активные; пассивные.

Для предотвращения коррозии в качестве *конструкционных* материалов применяют нержавеющие стали, цветные металлы. *Легирование металлов* — введение в сплав компонентов, препятствующих коррозионным процессам. *Активные методы* борьбы с коррозией направлены на изменение структуры двойного электрического слоя. Электрохимическая защита — это торможение анодных и катодных процессов. *Катодная защита* осуществляется подключением защищаемого металла к отрицательному полюсу внешнего источника постоянного тока. В результате деталь становится катодом, на ее поверхности происходит восстановление элементов среды, но металл не разрушается. *Анодная, или протекторная защита* — присоединение к защищаемому металлу куска более активного металла (с меньшим значением электродного потенциала). Этот металл называется протектором. Расстояние от протектора до защищаемой конструкции — 3...7 м, т.к. более близкое размещение протекторов приводит к повреждению изоляционного покрытия солями растворяющегося протектора. В среде электролита протектор начинает разрушаться, а защищаемое изделие выполняет функцию катода, т.е. не разрушается. *Изменение свойств коррозионной среды* — способ уменьшить коррозию за счет снижения концентрации агрессивного компонента среды. Можно вводить в агрессивную среду замедлители, или *ингибиторы коррозии*, которые могут уменьшать площадь активной поверхности или изменять энергию активации коррозионных процессов.

Пассивная защита — создание защитных покрытий — металлических, неметаллических или химических. *Металлические покрытия* — тонкий слой металла, нанесенный на поверхность защищаемого металлического изделия различными способами: термодиффузией (расплавленный металл покрытия проникает в поверхностный слой защищаемого металла), металлизацией (металл покрытия распыляют на поверхность защищаемого изделия с помощью сжатого воздуха), гальванизацией (защищаемая деталь закрепляется в качестве катода, и на ее поверхности происходит электроосаждение металла покрытия) и др. Если металл покрытия имеет меньший электродный потенциал, чем защищаемый металл, покрытие называют *анодным*. Примером анодных покрытий на железе служат цинковое, алюминиевое, хромовое покрытия.

Лабораторный практикум

Задание 1. Исследовать действие ингибитора кислотной коррозии стали.

Исследуемые материалы: стальные гвозди.

Реактивы: 0,1 М HCl, уротропин (CH₂)₆N₄, гексацианоферрат (III) калия K₃[Fe(CN)₆] (красная кровяная соль).

Лабораторная посуда и оборудование: 2 пробирки, шпатель.

Ход работы:

1) В две пробирки наливают по 2 мл 0,1 М раствора HCl и добавляют по одной капле раствора K₃[Fe(CN)₆]. В первую пробирку добавляют с помощью шпателя примерно 0,15 г уротропина (гексаметилентетрамина, (CH₂)₆N₄). В обе пробирки опускают предварительно зачищенные наждачной бумагой стальные гвозди.

2) Отмечают различие в интенсивности синей окраски растворов в двух пробирках, наблюдения фиксируют в журнале лабораторных работ.

Задание 2. Изучить протекторную защиту свинца более активным металлом.

Исследуемые материалы: свинец, цинк.

Реактивы: 3% раствор CH_3COOH , 1% раствор KI .

Лабораторная посуда и оборудование: две пробирки.

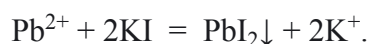
Ход работы:

1) В 2 пробирки наливают по 5 мл 3% раствора уксусной кислоты и добавляют в каждую 3–4 капли 1% раствора йодида калия KI . В первую пробирку помещают гранулу свинца, во вторую — гранулу свинца, с закрепленной на ней гранулой цинка.

2) Наблюдают, в каких пробирках появляется желтое окрашивание, и объясняют наблюдаемые явления.

3) Приводят схему коррозионного элемента, образованного цинком и свинцом. Записывают уравнения катодных и анодных процессов.

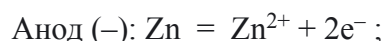
Свинец стоит в ряду напряжений металлов до водорода, поэтому он окисляется уксусной кислотой, в присутствии йодид-иона образуется желтый осадок йодида свинца:



При контакте свинца с цинком образуется гальванический элемент, в котором анодом является цинк, который окисляется до Zn^{2+} , не образующего с йодид-ионом осадка. В кислой среде электрохимическая коррозия протекает с водородной деполяризацией, возникает гальванический элемент:



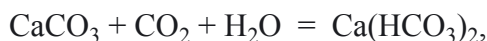
Уравнения электродных процессов:



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11 **АНАЛИЗ АГРЕССИВНОСТИ ВОДНОЙ СРЕДЫ.** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АГРЕССИВНОЙ УГЛЕКИСЛОТЫ**

Общие сведения

Углекислотная коррозия. Высокое содержание свободной двуокиси углерода делает воду агрессивной по отношению к строительным материалам (особенно к бетону) и к металлам. Разрушающее действие такой воды заключается в образовании растворимых гидрокарбонатов, вследствие чего структура материала нарушается. Протекающие при разрушении бетона реакции можно выразить следующими уравнениями:



Для определения содержания агрессивной углекислоты пользуются специальной пробой воды, к которой при взятии был добавлен карбонат кальция (из расчета 4 г на 0,5 дм³ воды). Агрессивная углекислота реагирует с CaCO_3 с образованием эквивалентного количества гидрокарбонат-ионов.

Задание 1. Определить концентрацию гидрокарбонат-ионов в пробе воды при наличии свободной углекислоты.

Исследуемые материалы: углекислотная вода.

Реактивы: 0,1 М НСl, индикатор метилоранж.

Лабораторная посуда и оборудование: коническая колба для титрования объемом 250 мл, мерный стакан 100 мл, бюретка.

Ход работы:

1) В коническую колбу емкостью 250 мл наливают 100 мл исследуемой воды, прибавляют 1–2 капли индикатора метилового оранжевого. Анализируемый раствор титруют стандартным раствором 0,1М НСl до перехода окраски из желтой в светло-розовую. Концентрацию гидрокарбонат-иона рассчитывают по формуле (14):

$$c_{\text{HCO}_3^-}(1) = \frac{\bar{V}_{\text{HCl}}(1) \cdot c_{\text{HCl}} \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}}, \text{ ммоль/л}, \quad (14)$$

где $\bar{V}_{\text{HCl}}(1)$ — среднее значение объема раствора НСl, израсходованного на титрование, мл; c_{HCl} — концентрация (нормальность) раствора НСl, моль/л; $V_{\text{H}_2\text{O}}$ — объем пробы воды, мл.

Задание 2. Определить концентрацию гидрокарбонат-ионов в пробе воды после обработки порошком карбоната кальция.

Исследуемые материалы: углекислотная вода.

Реактивы: 0,1 М НСl, индикатор метилоранж.

Лабораторная посуда и оборудование: коническая колба для титрования объемом 250 мл, мерный стакан 100 мл, бюретка.

Ход работы:

1) В коническую колбу емкостью 250 мл наливают при помощи мерного цилиндра 100 мл исследуемой воды, обработанной порошком карбоната кальция и отфильтрованной, затем прибавляют 1–2 капли индикатора метилового оранжевого.

2) Анализируемый раствор титруют стандартным раствором 0,1М НСl до перехода окраски из желтой в светло-розовую. Титрование проводят не менее трех раз, находят среднее значение объема стандартного раствора 0,1М НСl, израсходованного на титрование. Концентрацию гидрокарбонат-иона рассчитывают по формуле (15):

$$c_{\text{HCO}_3^-}(2) = \frac{\bar{V}_{\text{HCl}}(2) \cdot c_{\text{HCl}} \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}}, \text{ ммоль/л}, \quad (15)$$

где $\bar{V}_{\text{HCl}}(2)$ — среднее значение объема раствора НСl, израсходованного на титрование пробы, обработанной карбонатом кальция, мл; c_{HCl} — концентрация (нормальность) раствора НСl, моль/л; $V_{\text{H}_2\text{O}}$ — объем пробы воды, мл.

Задание 3. Рассчитать содержание агрессивной углекислоты в пробе воды и установить степень агрессивности среды по отношению к бетонным конструкциям.

Расчет основан на определении свободной двуокиси углерода, избыточной по отношению к той её части, которая находится в равновесии с гидрокарбонат-ионами (HCO_3^-).

$$c_{\text{CO}_2}(\text{агрессивная}) = (c_{\text{HCO}_3^-}(2) - c_{\text{HCO}_3^-}(1)) \cdot M(1/2 \text{ CO}_2), \text{ мг/л}, \quad (16)$$

где $M(1/2 \text{ CO}_2)$ — молярная масса эквивалента CO_2 (22 г/моль); $c_{\text{HCO}_3^-}(1)$ — концентрация гидрокарбонат-иона в пробе исследуемой воды, ммоль/л; $c_{\text{HCO}_3^-}(2)$ — концентрация гидрокарбонат-иона в пробе исследуемой воды, обработанной порошком карбоната кальция, ммоль/л.

Степень агрессивного воздействия углекислой воды на бетон [6]

Показатель агрессивности	Показатель агрессивности среды при марке бетона по водонепроницаемости				Степень агрессивного воздействия среды на бетон
	W4	W6	W8	W10–W12	
Содержание агрессивной углекислоты CO ₂ , мг/дм ³	Св. 15 до 40	Св. 40 до 100	Св. 100	–	Слабоагрессивная
	Св. 40	Св. 100	–	–	Среднеагрессивная

Рассчитав содержание агрессивной углекислоты в исследуемой воде, пользуясь табл. 2, установить степень агрессивности среды по отношению к бетонным конструкциям и сделать соответствующие выводы. Предложить рациональные способы защиты.

Список рекомендуемой литературы

1. Добшиц Л.М. Материалы на минеральной основе для защиты строительных конструкций от коррозии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Л.М. Добшиц, Т.И. Ломоносова. — Электрон. текстовые данные. — Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015. — 80 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45275.html>. — ЭБС «IPRbooks».
2. Зарубина Л.П. Защита зданий, сооружений, конструкций и оборудования от коррозии. Биологическая защита [Электронный ресурс]: материалы, технология, инструменты и оборудование / Л.П. Зарубина. — Электрон. текстовые данные. — Москва : Инфра-Инженерия, 2015. — 224 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40229.html>. — ЭБС «IPRbooks».
3. Наумов С.В. Материаловедение. Защита от коррозии [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ С.В. Наумов, А.Я. Самуилов. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2012. — 84 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60479.html>. — ЭБС «IPRbooks».
4. Попов К.Н. Оценка качества строительных материалов: учебное пособие / К.Н. Попов, М.Б. Каддо, О.В. Кульков. — 3-е изд. стер. — Москва : Изд-во «Студент», 2012. — 287 с.
5. Румянцев Б.М. Системы изоляции строительных конструкций : учебное пособие / Б.М. Румянцев, О.Б. Ляпидевская, А.Д. Жуков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : МГСУ, 2017. — 594 с.
6. СП 28.13330.2012. Защита строительных конструкций от коррозии. — Москва : Минрегион России, 2012.
7. Строительные материалы. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебник для вузов / В.Г. Микульский [и др.]; под ред. В.Г. Микульского, Г.П. Сахарова. — 5-е изд., доп. и перераб. — Москва : Изд-во АСВ, 2011. — 519 с.