МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСТИТЕТ»

Кафедра «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам

по дисциплине «Повышение эффективности строительных материалов»

Ростов-на-Дону

ДГТУ

2024

УДК 691.5

Составители: А.К. Халюшев

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Повышение эффективности строительных материалов» – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2024. – 30 с.

Содержат лабораторные методы испытания основных физико-механических свойств строительных материалов и изделий, повышающие умения и навыки владения теоретическим материалом по основным разделам и темам курса дисциплины.

Предназначены для студентов по направлениям 08.03.01 «Строительство», очной и заочной формы обучения.

УДК 691.175.5/.8

Печатается по решению редакционно-издательского совета

Донского государственного технического университета

Научный редактор канд. техн. наук, доцент А.В. Налимова

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» канд. техн. наук, доцент А.В. Налимова

В печать \_\_.\_\_.2024г.

Формат 60×84/16. Объем 2,5 усл.п.л.

Тираж 50 экз. Заказ № \_\_\_.

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный

Технический университет, 2024

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК

**1.1. Общие положения**

*Активные минеральные добавки* – это порошкообразные материалы, которые способны при определенных условий к самостоятельному твердению (гидравлические) или к химическому взаимодействию с продуктами гидратации клинкера портландцемента-преимущественно с гидроксидом кальция (пуццолановые).

*Добавки-наполнители* к цементу – это минеральные добавки, не влияющие существенно на процессы гидратации цемента, однако улучшают его гранулометрический состав и/или структуру цементного камня. Они могут быть инертными или иметь слабые гидравлические или пуццолановые свойства.

*Активные минеральные добавки* и *добавки-наполнители* применяются при производстве цемента как основные или дополнительные компоненты его вещественного состава. Активные минеральные добавки разделяют на две основные группы:

* природные (осадочного или вулканического происхождения);
* техногенные (отходы и побочные продукты промышленных производств).

*Природные активные минеральные добавки* – пуццоланы осадочного происхождения: диатомит, трепел, опока-горные породы, состоящие главным образом из аморфного кремнезема. К этой же группе относят природный материал глиеж – обожженная глинистая порода, образовавшаяся в результате подземных пожаров в угольных пластах.

*Природные активные минеральные добавки* – пуццоланы вулканического происхождения: вулканические породы разного состава, разной структуры и плотности – вулканический пепел, туф, цеолит, трасс, пемза, базальт, вулканический шлак и их разновидности.

Техногенные активные минеральные добавки:

* зола-унос – побочный продукт, который получают при сжигании пылевидного угля;
* золошлаковые отходы теплоэлектростанций;
* золошлаковые смеси – полидисперсные массы из отвалов теплоэлектростанций;
* топливный шлак;
* микрокремнезем – побочный продукт при производстве кремния и ферросилиция;
* обожжённая глина; обожжённый сланец; отработанные формовочные массы.

Добавки-наполнители в зависимости от их химического состава разделяют на кремнеземистые, карбонатные и другие, не относящиеся к кремнезёмистым или карбонатным добавкам-наполнителям, а также те, что по физико-механическим характеристикам и химическому составу не соответствуют отдельным требованиям к активным минеральным добавкам.

**1.2. Методы испытания**

*1.2.1. Определение предела прочности при сжатии и изгибе по ГОСТ 25094-2015*

**Оборудование и материалы.** Смеситель для приготовления раствора, трехгнездовые разъемные 40x40x160 мм для изготовления образцов-балочек, насадка к формам, приспособления для укладки раствора в форму, встряхивающий стол для уплотнения раствора в форме, пластинки для накрывания формы с раствором, прибор для испытания на изгиб образцов-балочек, машина для испытания на сжатие половинок образцов-балочек - по ГОСТ 30744, пропарочная камера любой конструкции, лабораторная мельница для помола материалов, клинкер портландцементный, дисперсная минеральная добавка, камень гипсовый по ГОСТ 4013.

**Проведение испытания.** Пробу добавки массой 6 кг высушивают в сушильном шкафу при температуре (105±5)°С до постоянной массы и измельчают в лабораторной мельнице до такой тонкости помола, чтобы остаток на сите с сеткой № 008 составлял не менее 13 и не более 15% массы просеянной пробы. В добавок, которым свойственна высокая исходная дисперсность, остаток на сите с сеткой № 008 может быть менее 13% массы пробы, которую просеивают. Портландцементный клинкер и гипсовый камень, которые используют для испытаний, отдельно измельчают в лабораторной мельнице до такой тонкости помола, чтобы остаток на сите с сеткой № 008 составлял:

* не менее 13 и не более 15% массы пробы – для клинкера;
* не менее 4 и не более 6% массы пробы – для гипсового камня.

Порядок проведения испытаний: из подготовленных материалов готовят в лабораторной мельнице перемешиванием в течение 2 часов смеси вяжущих таких составов, что приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 Состав вяжущего вещества (в граммах)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Содержание компонентов, % | | | |
| Клинкер портландцемента | Минеральная добавка | Песок | гипсовый камень в пересчете на CaSO42H2O |
| 1 | 600 | 1400 | - | 100 |
| 2 | 600 | - | 1400 | 100 |

Из смесей, полученных по 5.3.1, изготовляют по ГОСТ 30744 шесть образцов-балочек размерами 40×40×160 мм. Формы с образцами-балочками накрывают пластинкой и помещают в пропарочную камеру, где выдерживают в течение (120 ±10) мин при температуре (20 ± 2) °С (при отключенном подогреве).

Применяют следующий режим пропарки:

* равномерный подъем температуры до (85 ± 5) °С – (180 ±10) мин;
* изотермический прогрев при температуре (85 ± 5) °С – (360 ±10) мин;

остывание образцов-балочек при отключенном подогреве – (120 ±10) мин.

Испытания образцов для определения прочности на сжатие проводят по ГОСТ 30744 через (24 ± 2) ч с момента их изготовления. Результаты испытаний заносят в сводную таблицу 1.2 для сравнительного анализа и выводов.

Таблица 1.2 Результаты испытаний

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Диаметр расплыва, мм | Прочность при изгибе, МПа | | Прочность при сжатии | |
|  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

**2.1. Общие положения**

Испытания выполняются согласно ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний.

*Строительным раствором* называют затвердевшую до камнеподобного состояния рационально подобранную смесь из вяжущего вещества, мелкого заполнителя (песка) и воды. Для предоставления растворам определенных технических свойств вводят специальные добавки. До затвердевания эту смесь называют растворной смесью.

Главной особенностью применения строительных растворов является укладка их тонкими слоями на пористые основания (кирпич) без интенсивного уплотнения. Поэтому раствор должен обладать высокой подвижностью и не терять ее из-за отсоса воды пористым основанием. Важным свойством является также хорошая адгезия к основанию

**Классификация строительных растворов:**

*По плотности различают:* тяжелые (1500 кг/м3 – кварцевый песок); легкие (1500 кг/м3 – туф, шлак, керамзит, пемза).

*По виду вяжущего:* цементные; известковые; гипсовые; смешанные (цементно-известковые, цементно-глиняные, известково-гипсовые).

*По назначению:* кладочные; штукатурные (отделочные); специальные (гидроизоляционные, рентгенозащитные, акустические).

*Заполнители:* кварцевые и полевошпатовые пески, пемзовые, шлаковые, туфовые. Размер зерна – до 2,5 мм. Содержание глинистых, илистых, пылеватых частиц – до 10 %.

В качестве *минеральных пластифицирующих добавок* в цементных и известковых растворах используют глину, в цемент добавляют известковое тесто или тонкомолотый трепел, вулканический пепел, которые улучшают удобоукладываемость растворной смеси, а также ее водоудерживающую способность.

*Состав раствора* выражается количеством исходных компонентов на 1 м3 растворной смеси (или 1 м3 песка) или соотношением сухих компонентов по массе (или объему). Например, простой раствор 1:3 – на 1 часть цемента приходится 3 части песка; сложный раствор 1:1:5 − на 1 часть цемента приходится 1 часть добавки (извести) и 5 частей песка.

**Свойства растворных смесей:**

1. *Удобоукладываемость* – способность свежеизготовленного раствора распределяться на основании тонким однородным слоем и не расслаиваться при хранении, транспортировании и перекачивании.

2. *Водоудерживающая способност*ь. Частичное отсасывание воды в кладке уплотняет раствор и повышает его прочность. Водоудерживающая способность возрастает с увеличением расхода цемента, при добавке извести, введении тонкомолотой золы, глин, ПАВ.

**2.2. Методы испытания**

*2.2.1. Определение подвижности и средней плотности растворной смеси по ГОСТ 5802-86*

**Оборудование и материалы.** Стандартный конус для определения подвижности (рисунок 2.2), секундомер, металлическая штыковка, цилиндрический сосуд емкостью 1 л с насадкой, весы с гирьками.

**Проведение испытания.** При проведении контрольных испытаний растворные и мелкозернистые бетонные смеси приготавливают в смесителе (см. рисунок 2.1). Допускается приготовление смесей вручную при проведении производственного контроля.

Чашу и лопасть смесителя изготавливают из нержавеющей стали. Смеситель должен иметь приспособление, позволяющее крепить чашу вместимостью 5 л неподвижно к станине и изменять положение чаши по высоте относительно лопасти для регулирования зазора между ними, который в момент максимального приближения лопасти к стенке чаши должен быть (3,0 ± 1,0) мм.

При работе смесителя вращение лопасти вокруг собственной оси и ее планетарное перемещение относительно оси чаши должны осуществлять в противоположных направлениях со скоростью вращения вокруг собственной оси (140 ± 5) об/мин. при планетарном перемещении относительно оси чаши – (62 ± 5) об/мин.



Рисунок 2.1 – Смеситель для приготовления растворных смесей

Началом перемешивания смеси считают момент соединения всей пробы сухой смеси с водой (момент затворения).

Смесь приготавливают в смесителе в следующей последовательности:

* перемешивание в течение 120 с;
* остановка смесителя для снятия налипшей на стенки чаши смесителя смеси в течение 90 с;
* перемешивание в течение 60 с.

При приготовлении вручную смесь должны перемешивать непрерывно. Общее время перемешивания смеси с момента затворения водой должно быть не менее 3 мин без учета времени остановки смесителя.

Для определения подвижности сосуд 3 объемом 1 л наполняют смесью примерно на 1 см ниже краев. Растворную смесь штыкуют 25 раз металлической штыковкой и встряхивают 5-6 раз легким простукиванием сосуда об стол. Острие конуса 2 доводят до поверхности растворной смеси и закрепляют стержень в таком состоянии зажимным винтом, отмечая положение стрелки шкалы 1. Затем открывают зажимной винт, давая возможность конусу свободно погружаться в течение 10 секунд и после окончания погружения снимают второй показатель на шкале. Разница между этим и начальным показателям шкалы с точностью до 2 мм характеризует подвижность растворной смеси. Значение подвижности растворной смеси (см) вычисляют как среднее арифметическое результатов двух испытаний и назначают марку по подвижности по таблице 2.1.



Рисунок 2.2 – Стандартный конус для определения подвижности растворной смеси

Таблица 2.1 – Марки строительной растворной смеси по подвижности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Марка растворной смеси по подвижности | Норма по подвижности, см | Назначение растворной смеси |
| П4 | От 1 до 4 | Вибрированная бутовая кладка |
| П8 | Выше 4 до 8 | Бутовая кладка обычная, из пустотелых кирпича и камней. Монтаж стен из крупных блоков и панелей, расшивка горизонтальных и вертикальных швов в стенах из панелей и блоков, облицовочные работы |
| П12 | Выше 8 до 12 | Кладка из обычного кирпича и различных видов камней, штукатурные и облицовочные работы |
| П14 | Выше 12 до 14 | Заливка пустот в бутовой кладке |

Среднюю плотность растворной смеси определяют в цилиндрическом мерном сосуде емкостью 1 л. Мерный сосуд без насадки взвешивают с точностью до 5 г, на него надевают насадку, заполняют растворной смесью с избытком. Смесь уплотняют так, как и в предыдущем испытании. Снимают насадку, срезают ножом избыток смеси наравне с краями сосуда, снова взвешивают с той же точностью.

Отдельные значения средней плотности вычисляют по формуле (2.1.):

, (2.1)

где: m1 – масса мерного цилиндра, кг; m2 – масса мерного цилиндра с материалом, кг; V – объем мерного цилиндра, м3.

Испытания повторяют с целью получения параллельного результата и определения среднего арифметического как окончательного значения средней плотности растворной смеси. Результаты испытаний заносят в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты средней плотности растворной смеси

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Масса мерного цилиндра m1, кг | Масса мерного цилиндра с раствором m2, кг | Объем мерного цилиндра V, м3 | Средняя плотность, кг/м3 | |
| отдельные значения ρ0, | среднее значение, |
| 1. |  |  |  |  |  |
| 2. |  |  |  |  |  |

*2.2.2. Определение водоудерживающей способности*

*Сущность метода заключается в определении количества воды, удерживаемого растворной смесью при ее нанесении на поглощающее воду основание.*

**Оборудование и материалы.** Бумага фильтровальная по ГОСТ 12026. Прокладки размером 250×350 мм из марлевой ткани по ГОСТ 11109. Кольцо из нержавеющего и не поглощающего воду материала внутренним диаметром 100 мм. высотой 12 мм и толщиной стенки 5 мм. Пластинка стеклянная размером 150×150 мм. толщиной 5 мм. Весы лабораторные с диапазоном взвешивания не менее 500 г и пределом допускаемой погрешности взвешивания ± 0,1 г.

**Подготовка к испытанию.** Десять листов бумаги взвешивают с погрешностью до 0,1 г, помещают на стеклянную пластинку и сверху укладывают прокладку из марлевой ткани. На прокладку устанавливают металлическое кольцо и все устройство взвешивают с погрешностью ± 0,1 г. Приготавливают растворную смесь с заданной подвижностью.

**Проведение испытания.** Приготовленную смесь укладывают в металлическое кольцо вровень с краями, выравнивают ножом, протертым влажной тканью, взвешивают с погрешностью ± 0,1 г и оставляют на 10 мин.

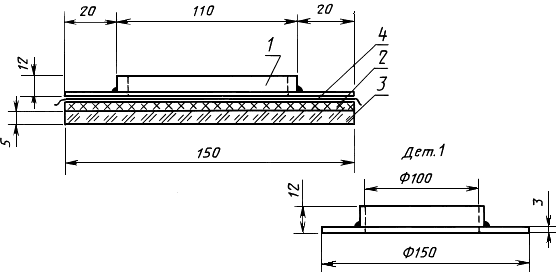


Рисунок 2.2 – Схема прибора для определения водоудерживающей способности растворной смеси: 1 - металлическое кольцо с раствором; 2 - 10 слоев промокательной бумаги; 3 - стеклянная пластина; 4 - слой марлевой ткани

По истечении 10 мин кольцо со смесью осторожно снимают вместе с марлей. Бумагу взвешивают с погрешностью ± 0,1 г. Водоудерживающую способность смеси устанавливают по содержанию воды в пробе смеси после испытания.

Таблица 2.2 – Результаты водоудерживающей способности сухой смеси

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Масса промокательной бумаги до испытаний, *m*1 , кг | Масса промокательной бумаги после испытания, *m*2, кг | Масса установки без растворной смеси, *m*3, кг | Масса установки с растворной смесью, *m*2, кг | Водоудерживающая способность *V*, % | |
| *Vi* | *V*ср |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |

Водоудерживающую способность смеси в %. вычисляют по формуле:

(2.2)

– масса промокательной бумаги до испытаний, г.; – масса промокательной бумаги после испытания, г.; – масса установки без растворной смеси, г.; – масса установки с растворной смесью, г.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний двух проб.

*2.2.3. Определение предела прочности на растяжение при изгибе*

Марка раствора – это средняя округленная в сторону уменьшения величина предела прочности при сжатии, кгс/см2 (МПа), стандартных образцов-кубов с ребром 7,07 см, или половинок образцов-балочек 4×4×16 см в возрасте 28 суток, изготовленных из растворной смеси требуемой подвижности.

**Оборудование и материалы.** Форма разъемная для изготовления образцов-призм размерами 160×40×40 мм по ГОСТ 30744. Пластинки для передачи нагрузки на половинки образцов-призм по ГОСТ 30744. Линейка по ГОСТ 427. Цилиндр мерный по ГОСТ 1770 вместимостью 1 л с ценой деления не более 1 мл. Штыковка по ГОСТ 30744. Весы с пределом допускаемой погрешности взвешивания ± 0.1 г. Прибор для испытания на изгиб образцов-призм по ГОСТ 30744. Машина для определения прочности при сжатии с предельной нагрузкой от 10 до 20 тс по ГОСТ 28840. Камера для выдерживания образцов, обеспечивающая твердение образцов при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха (95 ± 5) %. Камера для выдерживания образцов, обеспечивающая твердение образцов при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха (60 ± 10) %.

**Подготовка к испытанию.** Приготавливают растворную смесь в соответствии с требуемой подвижностью. Для испытания прочности на растяжение при изгибе изготавливают три образца. Внутреннюю поверхность стенок формы и поддон предварительно смазывают тонким слоем масла.

Приготовленную смесь укладывают в форму. Форму заполняют растворной смесью в два приема. Уплотнение каждого слоя проводят путем штыкования растворной смеси штыковкой 25 раз. Растворными самовыравнивающимися смесями заполняют форму в один прием.

Избыток смеси срезают металлической линейкой вровень с краями формы. Уложенную смесь уплотняют и выравнивают пятью ударами формы о поверхность стола, поднимая ее на высоту 10 мм.

Образцы выдерживают при температуре (20 ± 2) °С по режиму, указанному в нормативном документе на смесь конкретного вида. Если в нормативном документе режим хранения образцов не указан, образцы хранят по следующему режиму:

* 2 сут – хранение образцов в форме при влажности окружающего воздуха (95 ± 5) %;
* 5 сут – хранение образцов после распалубки при влажности окружающего воздуха (95 ± 5) % и далее 21 сут. – при влажности (60 ± 10) %.

Для определения предела прочности на растяжение при изгибе образец устанавливают на опоры прибора для испытания на изгиб так, чтобы его грани, горизонтальные при изготовлении, находились в вертикальном положении.

Расстояние между опорами должно быть (100 ± 0,2) мм. Скорость нарастания нагрузки – (50 ± 10) Н/с.

Предел прочности на растяжение при изгибе одного образца (Н/мм2). вычисляют по формуле:

, (2.3)

где: *F* – разрушающая сила, Н (кгс); *L* – расстояние между опорами, мм (см); *b* – ширина сечения, мм (см); *h* – высота сечения, мм (см).

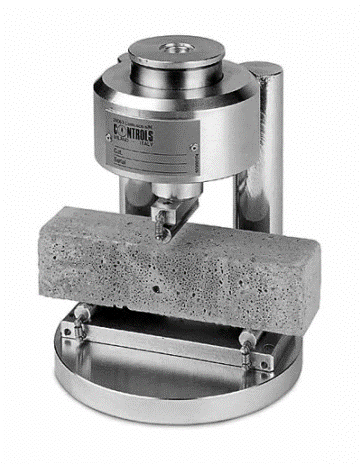


Рисунок 2.3 – Испытание образцов из сухой строительной смеси на изгиб

*2.2.4. Определение предела прочности при сжатии*

*Определение предела прочности при сжатии на образцах-кубах размерами 70×70×70 или 100×100×100 проводят в соответствии с ГОСТ 10180 или ГОСТ 5802.*

Для изготовления образцов используются формы по ГОСТ 22685. Количество образцов должно быть не менее шести. Приготовление растворной смеси и хранение образцов следует выполнять в соответствии с указаниями в нормативных документах на смесь конкретного вида. Опорные грани отформованных образцов-кубов, предназначенных для испытания на сжатие, выбирают так, чтобы сжимающая сила при испытании была направлена параллельно слоям укладки растворной (бетонной) смеси в формы. При испытании на сжатие образцы-кубы устанавливают одной из выбранных граней на нижнюю опорную плиту испытательной машины (пресса) центрально относительно его продольной оси. используя риски, нанесенные на плиту испытательной машины (пресса), или специальное центрирующее приспособление. Скорость нарастания нагрузки при испытании – (2,0 ± 0,5) МПа/с.

Предел прочности затвердевшего раствора на сжатие вычисляют как среднеарифметическое значение четырех наибольших результатов испытаний, вычисленное с точностью ± 0,1 МПа.

Образцы-кубы растворной смеси, подвижность которой менее 4 см, изготавливают в формах с поддоном. Собранную и смазанную форму заполняют растворной смесью в два захода равными порциями. Послойное уплотнение смеси в каждом отделении формы проводят двадцатью нажатиями шпателя с уплотнительной поверхностью 6×1,2 см; шестью нажатиями параллельно одной из сторон формы и шестью - в перпендикулярном направлении. Избыток растворной смеси срезают увлажненным ножом, заглаживают поверхность образцов. Изготовление образцов-кубов из растворной смеси, подвижность которой менее 4 см, в формах без поддонов аналогично изготовлению балочек.

Свежеизготовленные образцы, содержащие гидравлические вяжущие вещества, выдерживают в камерах при температуре 20±3°С и относительной влажности не менее 90%, а образцы с воздушными вяжущими веществами - в помещениях с такой же температурой, но относительной влажностью 65±10%.

Образцы, изготовленные из медленнотвердеющих растворных смесей, можно освобождать от форм не после суточного выдерживания, а позже.

Перед испытанием образцы воздушного хранения освобождают из формы, очищают от песка и пыли. Образцы водного хранения вынимают из воды не ранее чем за 10 минут до начала испытания, обтирают влажной тряпкой и замеряют.

Предел прочности при сжатии (Rсж) вычисляют по формуле (2.4):

(2.4)

где *Р* – наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, Н; *F* – площадь поперечного сечения образца без вычета площади пустот, мм2.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний двух наибольших измерений, вычисленное с точностью ± 0,1 МПа.

Таблица 2.3 – Пределы прочности образцов строительного раствора

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Разрушающая сила, F, кгс | Прочность при изгибе | | Площадь пластины, S, см2 | Разрушающая сила, F, кгс | Прочность при сжатии | |
| Rи, кгс/см2 | , МПа | Rсж.і, кгс/см2 | , МПа |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |

Проектные марки строительного раствора по прочности такие: 0,4(4); 1(10); 2,5(25); 5(50); 7,5(75); 10(100); 15(150); 20(200); 30(300) МПа (кгс/см2).

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА ЦЕМЕНТНОЙ ОСНОВЕ

**3.1. Общие положения**

Сухая строительная смесь (ССС) – смесь вяжущих, заполнителей и добавок-модификаторов – при перемешивании с водой образует растворную смесь, способную с течением времени к самопроизвольному затвердеванию с образованием искусственного камня – строительного раствора различного назначения.

Принципиальное отличие ССС от традиционных растворных смесей заключается в применении в составах ССС комплекса модифицирующих добавок, придающих особые свойства как растворным смесям в процессе применения, так и затвердевшим растворам в процессе эксплуатации: сохранение связности и эластичности во времени даже при нанесении на пористое основание, повышение предела прочности на растяжение и снижение модуля упругости, что обеспечивает повышенную усадочную и температурную трещиностойкость, повышенное сцепление с основанием, в т.ч. не пористым. Применение модифицирующих добавок в составах ССС позволило изменять в широких пределах технологические свойства растворных смесей и строительно-технические свойства строительных растворов, а также открыло возможность широкого применения тонкослойных технологий и технологий машинного нанесения.

Классификация ССС осуществляется по назначению, виду вяжущего, свойствам заполнителя и др. (таблица 3.1).

В качестве *вяжущих* в смесях используют портландцемент (обычный, белый или цветной), известь-пушонку, гипс.

*Наполнителями* служат кварцевый или полиминеральный песок определенного фракционного состава; песок обязательно должен быть чистым, не содержать органических и других примесей. Дисперсный наполнитель получают тонким помолом карбонатных пород (известняка, доломита, мрамора, мела) или природных пуццолан (трепела, опоки и др.). Для этой цели могут использоваться и активные техногенные отходы: молотые основные шлаки, зола уноса, микрокремнезем.

Таблица 3.1 – Классификация ССС

|  |  |
| --- | --- |
| Признак классификации | Виды ССС |
| По назначению | клеевые (клеи);  штукатурные (выравнивающие, защитные, декоративные, санирующие, специальные);  шпатлевочные;  легкоразравниваемые и самонивелирующиеся (стяжки);  специальные (гидроизоляционные, теплоизоляционные, жаростойкие и др.);  затирочные (фуги);  грунтовочные;  кладочные;  монтажные;  красочные |
| По виду вяжущего | на гидравлических вяжущих (ПЦ, ГЦ и др.);  на воздушных вяжущих (гипс строительный, известь строительная и др.);  на полимерных вяжущих;  на комбинированных вяжущих (ГГРЦ, полимерцементные и др.) |
| По виду заполнителя  (наполнителя) | на минеральных заполнителях;  на органических заполнителях;  на комбинированных заполнителях |
| По крупности заполнителя | бетонные;  растворные;  крупнозернистые (не более 2,5 мм);  мелкозернистые (не более 0,315 мм);  дисперсные;  тонкодисперсные (не более 200 мкм);  с включениями |

Все дисперсные наполнители должны иметь максимальный размер зерен не более 100 мкм. Малые размеры и большая удельная поверхность зерен наполнителей обусловливают улучшение удобообрабатываемости, водоудерживающей способности смесей и увеличение их плотности.

В сухих строительных смесях особая роль принадлежит добавкам.

По функциональному признаку эти компоненты смесей подразделяются на:

*Стабилизирующие*, придающие смесям реологические свойства, оптимальные в конкретных условиях применения: связность, легкую удобокладываемость при нанесении тонкими слоями на различные основания. Важным положительным свойством этих добавок является уменьшение, и даже полное исключение седиментации наполнителей и испарения воды из готовой смеси до схватывания вяжущего. Такое влияние стабилизирующих добавок положительно сказывается и на свойствах затвердевшего материала.

В качестве стабилизирующих добавок чаще всего применяют эфиры целлюлозы: карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ), метилгидроксиэтилцеллюлозу (МГЭЦ), метилцеллюлозу и др. Из добавок этого вида, широко применяемых зарубежными и отечественными производителями сухих смесей, можно назвать эфиры марок Tilosa, Walocel M, Kulminal и др. Стабилизирующие добавки вводят в сухие смеси в виде дисперсных порошков, гранул или волокон в количестве 0,1- 1 % массы сухой смеси в зависимости от ее назначения:

*Диспергируемые полимерные порошки* *(ДПП)*, получаемые сушкой распылением латексных эмульсий. По своей химической природе они бывают различных типов: стирол-бутадиеновые, винилацетатэтиленовые и винилацетатакриловые сополимеры, гомополимеры полиакриловых эфиров, винилацетатные гомополимеры и др. Из широко применяемых в производстве сухих строительных смесей можно назвать Movilit, Vinnapas, Roximat PAV и др., выпускаемые немецкими фирмами.

При затворении сухих смесей водой ДПП в ней диспергируется, а при испарении воды образует пленки, увеличивающие непроницаемость и прочность (особенно, на растяжение) затвердевшего материала. Кроме того, ДПП заметно улучшают подвижность и водоудерживающую способность свежих смесей, их прилипание к обрабатываемым поверхностям, замедляют испарение воды из смеси и существенно увеличивают сцепление с различными основаниями, которое может достигать 1МПа и более. ДПП содержатся в сухих смесях в количестве до 3% массы всех составляющих.

В зависимости от назначения сухих смесей в их состав включают пеногасители (для уменьшения воздухововлечения), гидрофобизаторы, суперпластификаторы, ускорители твердения, армирующие синтетические волокна, пигменты, порообразователи и др.

Общим требованием для всех добавок, применяемых в производстве ССС, является минимальная гигроскопичность и быстрое (до 8 минут) растворение в воде.

**3.2. Методы испытания**

*3.2.1. Определение влажности*

Испытания проводятся согласно ГОСТ 31376-2008 «Смеси сухие строительные на гипсовом вяжущем. Методы испытаний».

**Оборудование и материалы*.*** Весы с пределом допускаемой погрешности взвешивания ±0,1 г. Сушильный шкаф, обеспечивающий температуру (45 ± 3) °С. Эксикатор. Хлористый кальций (хлорид кальция). Бюкса для сушки навески сухой смеси по ГОСТ 23932. Сухая смесь на гипсовом вяжущем.

**Методы испытания.** Навеску сухой смеси массой не менее 10 г, отобранной от подготовленной лабораторной пробы, помещают в предварительно взвешенную бюксу, распределяют равномерным слоем толщиной до 2 мм и взвешивают с погрешностью ±0,1 г.

Навеску высушивают в сушильном шкафу при температуре (45 ± 3) °С в течение не менее 1 ч до постоянной массы, охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивают с погрешностью ±0,1 г.

Массу навески считают постоянной, если разность между результатами двух последовательных взвешиваний не превышает 1 г.

Испытания смесей на гипсовом вяжущем проводят при температуре воздуха в помещении (20 ± 2) °С и относительной влажности (60 ± 10) %.

Влажность сухой смеси *W*, % по массе, вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле:

(3.1)

где *т –* масса бюксы, г; *т*1 *–* масса бюксы с навеской до сушки, г; *т*2 *–* масса бюксы с навеской после сушки, г.

Результаты испытаний заносят в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты определения влажности

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Масса бюксы m, г | Масса бюксы с навеской до сушки *т*1, г; | Масса бюксы с навеской после сушки *т*2, г. | Влажность,% | |
| *Wi* |  |
| 1. |  |  |  |  |  |
| 2. |  |  |  |  |  |

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытания двух навесок, округленное до первой значащей цифры после запятой.

Согласно требованиям, ГОСТ 31377-2008 «Смеси сухие строительные штукатурные на гипсовом вяжущем. Общие технические условия» влажность штукатурных смесей не должна превышать 0,30 % по массе.

*3.2.2. Определение зернового состава сухой смеси*

Методом рассеивания на ситах ручным или механическим способом определяют содержание зерен размером, установленным стандартом или техническими условиями на сухую смесь конкретного вида.

**Оборудование и материалы.** Сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм и набор сит, указанных в стандарте или технических условиях на смесь конкретного вида. Весы с диапазоном взвешивания не менее 500 г и пределом допускаемой погрешности взвешивания ±0,1 г. Сушильный шкаф, обеспечивающий температуру (45 ± 3) °С. Кисточка для очистки сита от остатков сухой смеси. Сухая смесь на гипсовом вяжущем.

**Методы испытания.** Из лабораторной пробы сухой смеси отбирают пробу массой 200 г, высушивают до постоянной массы при температуре (45±3) °С в течение не менее 1 ч и охлаждают в сушильном шкафу до комнатной температуры. Массу пробы считают постоянной, если разность между результатами двух последовательных взвешиваний не превышает 1 г. Высушенную пробу просеивают через сито с отверстиями диаметром 5 мм. Из пробы, прошедшей через сито, отбирают навески массой 30 г каждая и просеивают каждую навеску через соответствующее сито, указанное в стандарте или технических условиях на смесь конкретного вида. Число отобранных навесок соответствует числу сит, входящих в набор в соответствии со стандартом или техническими условиями на смесь конкретного вида.

При просеивании сито с навеской, укрепленное на поддоне, удерживают рукой с небольшим наклоном, встряхивают и затем ударяют ситом по свободной руке с частотой около 125 ударов в минуту для равномерного распределения сухой смеси на сите. После 25 ударов сито поворачивают на 90°. После просеивания в течение 1 мин остаток на сите взвешивают и продолжают просеивание до тех пор, пока масса сухой смеси, прошедшей через сито в течение 1 мин, не будет менее 0,4 г.

После просеивания в течение приблизительно 3 мин кисточкой очищают раму сита от остатков сухой смеси, возвращая их на сито, и продолжают просеивание. Просеивание считают законченным, если масса сухой смеси, прошедшей через сито в течение 1 мин, будет менее 0,2 г.

Кисточкой очищают каждую сторону сита. Остаток смеси с кисточки возвращают на сито, на котором проводилось просеивание.

Остаток на сите взвешивают с погрешностью ±0,1 г.

Определяют частный остаток на каждом сите *аi* в процентах массы просеиваемой навески по формуле:

(3.2)

где *mi* - масса остатка на сите, г; *т*- масса просеиваемой навески, г.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов двух определений содержания зерен на каждом сите.

Согласно требованиям ГОСТ 31377-2008 штукатурные смеси не должны содержать зерен размером более 5 мм.

Содержание зерен размером 1,25 мм должно быть не более 1,0 %, размером 0,20 мм - не более 12,0 %, размером 0,125 мм - не более 15 %.

*3.2.3. Определение подвижности по расплыву кольца (Рк) в соответствии с ГОСТ 31356*

**Оборудование и материалы*.*** Смеситель. Кольцо из нержавеющего металла с полированной внутренней поверхностью, внутренним диаметром (70±0,1) мм и высотой (50±0,1) мм. Линейка по ГОСТ 427 длиной 300 мм с ценой деления 1 мм. Весы с пределом допускаемой погрешности взвешивания г. Пластина стеклянная размером 400×400 мм. Цилиндр мерный по ГОСТ 1770 с ценой деления не более 1 мл

**Подготовка к испытанию.** Воду в объеме, указанном в маркировке сухой смеси и необходимом для получения растворной смеси требуемой подвижности, выливают в чашу смесителя, предварительно протертую влажной тканью. В течение 5 – 10 с высыпают 2000 г сухой смеси, включают смеситель и перемешивают смесь по режиму.

**Проведение испытания.** Приготовленную растворную смесь быстро, за один прием, переносят е кольцо, установленное в центре стеклянной пластины. Стекло и кольцо предварительно протирают влажной тканью. Излишки смеси срезают вровень с краями кольца ножом, протертым влажной тканью.

Через 10 – 15 с после заполнения смесью кольцо поднимают вертикально на высоту от 10 до 15 см и отводят в сторону. Диаметр расплыва растворной смеси измеряют линейкой через не менее 2 мин после поднятия кольца в двух взаимно перпендикулярных направлениях с погрешностью ± 1 мм и вычисляют среднеарифметическое значение результатов двух измерений диаметра расплыва. Среднеарифметическое значение округляют до 5 мм.

За окончательный результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов измерения диаметра расплыва двух проб растворной смеси, округленное до 5 мм.

*3.2.4. Определение капиллярного водопоглощения*

Капиллярное водопоглощение определяют по массе воды, поглощенной образцом, высушенным до постоянной массы, при атмосферном давлении за счет капиллярных или адсорбционных сил.

**Оборудование и материалы.** Формы для изготовления образцов-призм размерами 40×40×160 мм по ГОСТ 30744. Весы с пределом допускаемой погрешности не более ± 0,01 г. Ванна с сетчатой подставкой для насыщения образцов водой температурой (20±2) °С. Составы водонепроницаемые (парафин, эпоксидная смола и др.). Секундомер. Шкаф сушильный, обеспечивающий температуру сушки (60±5) °С. Инструмент или приспособление для разлома образцов-призм на половинки.

**Подготовка к испытанию.**Для испытания изготавливают образцы-призмы размерами 40×40×160 мм из растворной смеси установленной подвижности в количестве не менее трех штук. Допускается изготавливать образцы-призмы размерами 40×40×80 мм из растворной смеси установленной подвижности в количестве не менее шести штук, для чего посередине каждой секции формы для изготовления образцов-призм вертикально и параллельно торцам устанавливают пластину из невпитывающего материала толщиной не более 1 мм. Образцы выдерживают не менее 28 суток при температуре (20 ± 2) °С.Перед испытанием образцы высушивают до постоянной массы при температуре (60 ± 5) °C. Массу образца считают постоянной, если разность между результатами двух последовательных взвешиваний не превышает 0,2 % массы образца. Промежуток времени между двумя последовательными взвешиваниями должен быть не менее 4 ч. Образцы размерами 40×40×160 мм разламывают на две половинки поперек продольных граней. У образцов размерами 40×40×80 мм с помощью металлической щетки зачищают одну торцевую грань. Четыре продольные грани испытуемых образцов покрывают водонепроницаемым составом (расплавленным парафином, эпоксидной смолой и др.).

**Проведение испытания.** Образцы помещают торцевой гранью (разломом) в ванну на сетчатую подставку. Ванну заполняют водой температурой (20 ± 2) °C так, чтобы торец (разлом) был погружен в воду на 5 – 10 мм. Уровень воды в ванне должен поддерживаться постоянным в течение всего времени испытания.

Через 10 мин после погружения извлекают образцы из воды, удаляют с поверхности образцов избыток воды влажной тканью, сразу взвешивают образец с погрешностью ± 0,01 г (т,) и снова помещают в ванну на сетчатую подставку. Через 90 мин образец повторно извлекают из воды, удаляют с поверхности образца избыток воды влажной тканью и взвешивают с погрешностью ± 0,01 г (*m*2).

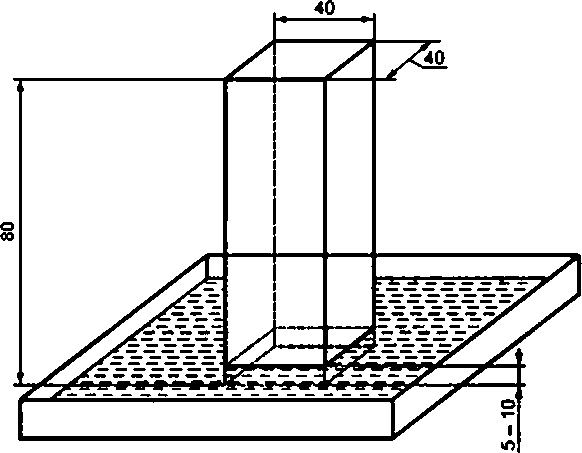
******

Рисунок 3.1 – Схема испытания по определению водопоглощения при капиллярном подсосе

Капиллярное водопоглощение *W*кп, кг/(м2 ·мин), вычисляют по формуле:

(3.3)

где *т*2– масса образца при насыщении водой после погружения в течение 90 мин. кг; *т*1, – масса образца при насыщении водой после погружения в течение 10 мин. кг; *Кw* – коэффициент, учитывающий время насыщения образца и равный

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытания шести образцов, округленное до 0,1 кг/(м2 ·мин).

*3.2.5. Определение устойчивости к стеканию с вертикальных поверхностей*

**Оборудование и материалы.** Бетонная плита по ГОСТ Р 58277. Малярный стальной шпатель шириной 100 мм. Металлическая линейка по ГОСТ 427. Механические часы с секундной стрелкой по ГОСТ 10733.

**Подготовка к испытанию и проведение испытания.** Для проведения испытания приготавливают в соответствии с ГОСТ Р 58277 растворный состав заданной подвижности. Температура воздуха в помещении, в котором проводят испытания, должна быть (20±2)°С, относительная влажность воздуха – (60±10)%. На бетонную плиту, расположенную в горизонтальном положении, шпателем наносят слой растворного состава размером примерно 100×100 мм и толщиной 10 мм, после чего обозначают его контур. Излишки растворного состава удаляют. Плиту устанавливают в вертикальное положение и выдерживают в таком положении 30 мин.

По истечении указанного времени стальной линейкой измеряют расстояние, на которое сдвинулся образец растворного состава под воздействием собственного веса. Результат фиксируют в журнале испытаний.



Рисунок 3.2 – Схема определения открытого времени.

**Результаты испытания.** Растворный состав считают выдержавшим испытание, если нанесенный образец не изменил своего первоначального положения.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

**4.1. Общие положения**

Теплоизоляционные материалы предназначены для защиты от проникновения тепла или холода. Это обычно очень пористые материалы, имеющие среднюю плотность не более 600 кг/м3 и низкую теплопроводность - не более 0,18 Вт/(м·°С).

Материалы с открытой пористостью обладают также способностью поглощать звуки и применяются в качестве акустических и для звукоизоляции.

***Область применения теплоизоляционных материалов:***

– утеплители в 3- и 2-слойных стеновых конструкциях (пенопласты, газобетон, минеральная вата);

– теплоизоляционно-конструкционные стеновые материалы (туфы, газобетон, арболит);

– тепло- и звукоизоляция стен, потолков, полов, перегородок, перекрытий (ДВП, строительный войлок);

– изоляция трубопроводов (фенопласты, минеральная вата, пенополиэтилен).

Использование теплоизоляционных материалов в строительстве позволяет снизить потери тепла, уменьшить толщину стен зданий, соответственно снизить вес и стоимость сооружений.

***Теплоизоляционные материалы классифицируют:***

1) *по виду основного сырья:* неорганические (из горных пород, шлаков, стекла, асбеста); органические (торф, древесное волокно); из синтетических полимеров;

2) *по форме и внешнему виду:* штучные жесткие (плиты, скорлупы, сегменты, кирпичи, цилиндры); гибкие (маты, шнуры, жгуты); рыхлые и сыпучие (вата, перлитовый песок, вермикулит);

3) *по структуре:* ячеистые (пенопласты, пенобетон, пеностекло); волокнистые (минеральная вата, стекловолокно); зернистые (перлит, вермикулит);

4) *по плотности (марки):* особо низкой плотности (ОНП) – 15, 25, 35, 50, 75 кг/м3; низкой плотности (НП) – 100, 125, 150, 175 кг/м3; средней плотности (СП) – 200, 250, 300, 350 кг/м3; плотные (ПЛ) – 400, 450, 500 кг/м3;

5) *по жесткости (относительной деформации):* М – мягкие (относительные деформации – выше 30 %); П – полужесткие (от 6 до 30 %); Ж – жесткие (до 6 %);

6) *по теплопроводности, Вт/(м·ºС), разделяют на классы:* Класс А – низкой теплопроводности – до 0,06; класс Б – средней теплопроводности – 0,06–0,115; класс В – повышенной теплопроводности – 0,115–0,175;

7) *по назначению:* теплоизоляционно-строительные (для утепления строительных конструкций); теплоизоляционно-монтажные (изоляция промышленного оборудования и трубопроводов).

Теплоизоляционные материалы дополнительно должны обладать биостойкостью, малой гигроскопичностью, химической стойкостью, теплостойкостью, огнестойкостью.

**4.2. Методы испытания**

*4.2.1. Определение влажности минераловатной плиты по ГОСТ 17177-94.*

**Оборудование и материалы.** Электрошкаф сушильный с температурой до 105±5°С, металлическая линейка, образцы минераловатной плиты, весы технические, стаканы типа СВ или СН по ГОСТ 25336 или тигли по ГОСТ 9147, кальций хлористый плавленый, эксикатор по ГОСТ 25336.

**Проведение испытания.** Пробу массой 5±0,1 г помещают в предварительно высушенный и взвешенный стакан или тигель (*m*3), взвешивают (*m*1), высушивают в сушильном электрическом шкафу до постоянной массы (*m*2). После высушивания стакан или тигель с пробой охлаждают в эксикаторе над хлористым кальцием до температуры 22±5 ° С. Влажность W, %, вычисляют по формуле:

, (4.1)

Результаты испытаний сравнивают с требованиями стандарта, который допускает, влажность минераловатных плит, не более, %:

1. на синтетических связующих – 1;
2. на битумных связующих:

а) жесткие – 2,5;

б) полужесткие – 2,0;

в) мягкие – 5,0.

*4.2.2. Определение сжимаемости минераловатных плит по ГОСТ 17177-94.*

**Оборудование и материалы.** Прибор на испытания сжимаемости и упругости (рисунок 4.1.), часы, образцы минераловатных плит.

**Проведение испытания.** Образцы минераловатных плит укладывают на плиту прибора, освобождают нижний винт и плавно опускают на образец квадратную пластину весом 0,5 кг, которая обеспечивает давление 0,0005 МПа. Образец под этим давлением выдерживают 5 минут и берут отсчет на шкале прибора. Это дает начальную толщину минераловатной плиты (Н0).

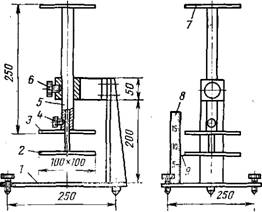


Рисунок 4.1 – Прибор для определения сжимаемости и упругости минераловатных плит

Далее освобождают верхний винт и плавно опускают на образец груз массой 1,5 кг (давление вместе с квадратной пластиной составляет 0,002 МПа). Под этим давлением образец выдерживают 5 минут. Затем берут отсчет на шкале прибора, который дает толщину сжатой минераловатной плиты (Н1).

Сжимаемость (Сж) минераловатной плиты, %, вычисляют по формуле:

, (4.2)

где: Н0 – толщина образца под удельной нагрузкой 0,0005 МПа, мм (м); Н1 –толщина образца после деформации под удельной нагрузкой 0,002 МПа, мм (м).

По сжимаемости минераловатные плиты бывают: жесткие - сжимаемость менее 6%, полужесткие - 6-30%, мягкие - выше 30%.

*4.2.3. Определение упругости минераловатных плит по ГОСТ 17177-94.*

**Оборудование и материалы.** Прибор на испытания сжимаемости и упругости (рисунок 2.2.), часы, образцы минераловатных плит.

**Проведение испытания.** Определение упругости является продолжением предыдущего опыта. После определения толщины сжатой минераловатной плиты все нагрузки снимают на 15 минут, затем на поверхность образца плавно опускают квадратную пластину, освобождая нижний винт. Образец выдерживают в таком состоянии 5 минут и берут отсчет на шкале прибора. Это будет конечная толщина образца (Н2).

Упругость (*У*) минераловатной плиты, %, определяют по формуле:

, (4.3)

где: Н2 – толщина образца после снятия нагрузки 0,002 МПа, мм (м).

Упругость минераловатной плиты должна быть не менее 90%.

Результаты испытания сжимаемости и упругости минераловатных плит приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.1 – Результаты определения сжимаемости и упругости минераловатных плит

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Н0, мм | Н1, мм | Н2, мм | Сж, % | , % | У, % | , % |
| 1. |  |  |  |  |  |  |  |
| 2. |  |  |  |  |  |
| 3. |  |  |  |  |  |

*4.2.4. Определение марки минераловатной плиты по ГОСТ 17177-94.*

**Оборудование и материалы.** Металлическая линейка, весы торговые, образцы минераловатной плиты.

**Проведение испытания.** Длину и ширину образцов минераловатных плит измеряют металлической линейкой в трех местах. Затем образцы взвешивают и укладывают на плиту прибора, которым определяли сжимаемость (рисунок 4.1). Образец нагружают пластиной весом 0,5 кг и выдерживают 5 минут. Это будет толщина образца. Толщину образца можно взять из предыдущего испытания (Н0). Результаты испытаний заносят в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты определения средней плотности минераловатных плит

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | Размеры, см | | | V(w),  см3 | m,  г | W,  % | ρ0,  г/см3 | ρ0,  кг/м3 | ,  кг/м3 | Марка |
| l | b | H0 |
| 1. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

За марку минераловатной плиты принимают округленную до ближайшего большего стандартного значения величину средней плотности в кг/м3.

Марки минераловатных плит: 30 – плотностью до 30 кг/м3; 40 – плотностью более 30 кг/м3 до 40 кг/м3; 50 – плотностью более 40 кг/м3 до 50 кг/м3; 75 – плотностью более 50 кг/м3 до 75 кг/м3; 100 – плотностью более 75 кг/м3 до 100 кг/м3; 125 – плотностью более 100 кг/м3 до 125 кг/м3; 150 – плотностью более 125 кг/м3 до 150 кг/м3; 175 – плотностью более 150 кг/м3 до 175 кг/м3; 200 – плотностью более 175 кг/м3 до 200 кг/м3; 225 – плотностью более 200 кг/м3 до 225 кг/м3.

Все полученные результаты сравнивают с табличными данными для испытываемых теплоизоляционных материалов (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Некоторые физико-технические показатели минераловатных плит

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название показателя | Норма для плит марки | | | | | | | | | |
| 30 | 40 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 |
| Плотность, кг/м3, не более | 30 | 40 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 |
| Теплопроводность, Вт/(м·К), не более, при температуре |  | | | | | | | | | |
| (25±5)°С | 0,040 | 0,040 | 0,039 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,041 | 0,041 |
| (125±5)°С | 0,062 | 0,062 | 0,060 | 0,060 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,065 | 0,067 |
| Сжимаемость под нагрузкой 0,002 МПа, %, не более | 15,0 | 10,0 | 8,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Влажность, % по массе, не более | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |