



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШНПТ
К.К. Манабаев

_____ « ____ » _____ 2020 г.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания к выполнению лабораторной и
самостоятельной работы по курсу
«Современные композиционные материалы»
для студентов направления подготовки **бакалавров**
18.03.01 Химическая технология

Томск 2020

УДК 666.11+666.117.9.038.8

ББК 00000

М00

Получение и исследование свойств гипсоволокнистых композиционных материалов

Методические указания к выполнению лабораторной и самостоятельной работы по курсу «**Современные композиционные материалы**» для студентов направления подготовки **бакалавров 18.03.01 Химическая технология**

Томск: Изд. ТПУ, 2020.- 16 с.

Составители: **д.т.н., профессор Казьмина О.В.**

к.т.н., доцент Митина Н.А.

к.т.н., ст. преподаватель Сударев Е.А.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром НОЦ Н.М Кижнера
«__» _____ 2020 г.

Руководитель НОЦ Н.М. Кижнера

д.х.н, профессор

_____ Е.А. Краснокутская

Рецензент

Доктор технических наук, профессор ТПУ

В.И. Верецагин

© Составление ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2020

© Казьмина О.В., Митина Н.А., составление 2020

Термины и определения

Воздушные вяжущие вещества – группа вяжущих веществ (известь воздушная гашеная, известь молотая негашеная, гипсовые вяжущие, магнезиальные, растворимое стекло), которые способны твердеть, набирать и сохранять прочность только в воздушной среде (на воздухе).

Гипсовые вяжущие вещества – воздушные вяжущие, которые получают путем термообработки сырья и помола продукта обжига. Сырьем для получения гипсовых вяжущих служат природные материалы: двухводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ангидрит CaSO_4 , а также гипс содержащие отходы промышленности.

Полуводный гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) – вяжущее вещество для строительных растворов и бетонов, в основном пригоден для растворов и бетонов малой прочности.

Алебастр (от греч. ἀλάβαστρος) – название двух различных минералов: гипса (диаквасульфата кальция) и кальцита (карбонат кальция). Первый – алебастр (алавастор), которым мы пользуемся в наши дни; второе – по большей части название материала в античности

Твердение гипсовых вяжущих – при твердении идет реакция гидратации $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Наиболее часто твердение полуводного гипса описывают кристаллизационной теорией Ле-Шателье. Согласно которой $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, обладая достаточно высокой растворимостью в воде (8 г/л), присоединяет воду в растворе и превращается в двухводный гипс, который имеет меньшую растворимость (2 г/л) и выпадает в виде осадка из раствора. При этом раствор по отношению к полуводному гипсу вновь становится ненасыщенным, что вызывает растворение новых порций гипса. По мере увеличения количества кристаллов новой фазы они срастаются между собой, образуя кристаллический «сросток», являющийся основой твердеющей системы.

Гипсовый цемент – продукт помола двухводного гипса без обжига. Тонкие частицы гипса, имеющие повышенную растворимость, способны перекристаллизовываться и срачиваться между собой. Для ускорения перекристаллизации вводят добавки, повышающие растворимость двухводного гипса, например кислые соли, или соли, образующие с гипсом растворимые комплексы (например, сульфат аммония). Изделия из гипсового цемента готовят трамбованием или прессованием для улучшения контакта между частицами.

Перекристаллизация – процесс образования и роста кристаллов из раствора, расплава или газовой фазы.

1. Общие теоретические сведения

1.1 Сырье для производства гипсовых вяжущих

Основным сырьем для производства гипсовых вяжущих является природный гидросульфат $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Химический состав чистого $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ включает: CaO – 32,56 %; SO_3 – 46,51 %; H_2O – 20,93 %.

Двуводный гипс широко распространен в природе, имеет несколько минералогических разновидностей: алебастр – мелкозернистая структура; селенит – волокнистая; гипсовый шпат – пластинчатая.

Природный гипсовый камень имеет осадочное происхождение, вот почему он содержит примеси глины, песка, известняка. Требования ГОСТ 4013-61 ограничивают содержание примесей в гипсовом камне до 35 %. Эта цифра обусловлена особенностями проявления вяжущих свойств гипсовым камнем. Качество сырья оценивается в зависимости от его назначения, так гипс, используемый в качестве добавки при помолке клинкера, может содержать большее количество примесей.

Примеси, равномерно распределенные в кристаллических сростках гипса, практически не влияют на технические свойства строительного гипса. Примесь известняка является балластом в производстве строительного гипса. Карбонат кальция $CaCO_3$ диссоциирует при $950^\circ C$, при термической обработке гипса при $140-190^\circ C$, карбонат кальция находится в гипсе в виде неактивной примеси.

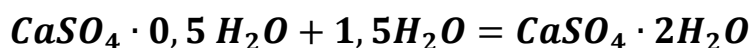
1.2 Схватывание и твердение полуводного гипса

При затворении полуводного гипса водой образуется пластичное тесто, которое уже через несколько минут теряет подвижность. Через **1,5 ч** схватившийся гипс приобретает значительную прочность, хотя внутри изделия сохраняется еще значительное количество воды. После высушивания изделия при умеренной температуре прочность повышается почти в два раза.

Количество воды, необходимое для затворения, не должно быть очень малым или слишком большим. В первом случае схватывание гипса наступает очень быстро, во втором случае вода может отделиться от гипса и изделие не будет достаточно прочным.

Снижение количества воды, взятой для затворения, увеличивает прочность изделия. Количество воды, необходимое для получения легко формирующегося теста, зависит от модификационного состава гипса. Так, α -полугидрат требует для образования теста нормальной густоты около 35 - 45% воды, β -полугидрат образует подобное же тесто при 50 - 60% воды.

Разница в количестве воды объясняется тем, что β -полугидрат состоит из мелких кристаллов, дисперсность его в два-три раза больше, чем α -полугидрата. Малая потребность в воде α -полугидрата (высокопрочного гипса) обуславливает его высокую прочность. В процессе твердения происходит реакция, обратная реакции дегидратации



Впервые Ле-Шателье показал, что процессы схватывания и твердения определяются различной растворимостью *полуводного* (8 - 10 г/л $CaSO_4$) и *двуводного* (2 г/л $CaSO_4$) гипса. В растворе полуводного гипса произведение концентраций ионов кальция и сульфат-ионов $[Ca^{2+}][SO_4^{2-}]$ значительно превышает произведение растворимости двуводного гипса. Поэтому из растворов полуводного гипса выпадают зародыши кристаллов двуводного гипса, которые способны к дальнейшему росту и сцеплению между собой, что и приводит к схватыванию и твердению.

Процессы схватывания и твердения гипса были обстоятельно изучены акад. А.А. Байковым.

По Байкову, весь процесс твердения можно разделить на три периода: 1) *период растворения*, в котором некоторая часть полуводного гипса растворяется и образует насыщенный раствор; 2) *период коллоидации*, во время которого гипс гидратируется в твердом состоянии и переходит в коллоидное состояние; 3) *период кристаллизации*.

1.3 Применение гипсовых вяжущих веществ

Из всех высоко- и низкообжиговых гипсовых вяжущих наиболее широкое применение нашел *строительный гипс*. Низкообжиговый строительный гипс используют для внутренних штукатурных и отделочных работ, изготовления лепных украшений и плит искусственного мрамора, листов сухой штукатурки, производства гипсобетонных изделий – гипсовых камней, стеновых блоков, крупноразмерных перегородок, объемных сантехнических кабин.

Гипсовые вяжущие, в том числе и строительный гипс, обладают такими характерными свойствами, как быстрое схватывание и твердение, расширение при твердении с увеличением в объеме до 1 %. Изделия из строительного гипса обладают огнестойкостью, легкостью, низкой теплопроводностью и водостойкостью.

К композиционным строительным изделиям на основе гипсового вяжущего относятся гипсокартон и гипсоволокнистые листы.

Гипсокартонные листы (ГКЛ) – листовой отделочный материал, состоящий из затвердевшей гипсовой матрицы, прочно соединенной с картонной оболочкой, покрывающей все плоскости листов и их грани, кроме торцовых (*рис.1*).

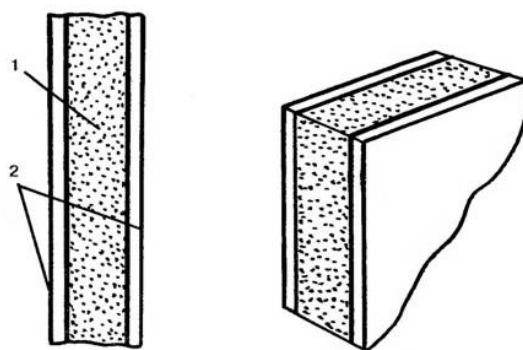


Рис.1. Строение листа гипсокартона:
1 – гипс; 2 – картон

Гипсокартон незаменим при строительно-отделочных работах: возведении межкомнатных перегородок, облицовке стен и устройстве подвесных потолков в зданиях с сухим и нормальным влажностным режимом. Если взять массу гипсокартона за 100 %, то 93 % - это *гипсовая прослойка*, 6 % - *картонные пластины* и 1 % - влага и различные органические вещества. Технология изготовления гипсокартонных листов состоит в формировании из идущей по конвейерной ленте специальной массы непрерывной плоской полосы с сечением заданной формы (требуемой толщины и типа боковых кромок). Полоса шириной **1200 мм** состоит из двух слоев специального картона с прослойкой из гипсового теста, в которое добавлены армирующие волокна. В процессе формирования гипсокартонной полосы боковые кромки завальцовываются краями картона (лицевого слоя). После того как гипс затвердеет, производится резка полосы на отдельные листы, а затем сушка, маркировка, штабелирование и упаковка готовой продукции.

Материалы, в основе которых имеется гипс, обладают уникальной способностью "дышать", т. е. поглощать избыточную влагу и выделять ее в окружающую среду при ее недостатке.

Гипсоволокнистые листы (ГВЛ) – листовой отделочный материал, подобный гипсокартону, изготавливающийся из строительного гипса, армированного распушенной целлюлозной макулатурой и различными технологическими добавками. В отличие от гипсокартона *ГВЛ* являются однородным материалом, не имеющим оболочки (картонного покрытия). Их плотность значительно выше, чем у гипсокартона, и составляет 1250 кг/м³, при этом значительно выше прочностные характеристики.

В зависимости от марки гипсового вяжущего возможны различные области применения (табл.1).

Таблица 1. Области применения гипсовых вяжущих веществ

Области применения гипсовых вяжущих	Рекомендуемые марки и виды
Изготовление гипсовых строительных изделий	<i>Г-2, Г-7</i> , всех сроков твердения и степени помола
Изготовление тонкостенных строительных изделий и декоративных деталей	<i>Г-2, Г-25</i> , тонкого и среднего помола, быстрого и нормального твердения
Производство ремонтных и штукатурных работ (заделка швов, трещин, иные цели)	<i>Г-2, Г-25</i> , тонкого и среднего помола, медленного и нормального твердения
Изготовление форм и моделей в керамической промышленности	<i>Г-5, Г-25</i> , тонкого помола, с нормальными сроками твердения
Для медицинских целей	<i>Г-2, Г-7</i> , тонкого и среднего помола, быстрого и нормального твердения

2. Лабораторная работа

Цель работы: получение гипсоволокнистого композиционного материала и определение зависимости его свойств от количества дисперсного волокна.

Методика выполнения лабораторной работы

2.1 Определение нормальной густоты гипсового теста.

Для изготовления гипсоволокнистых образцов предварительно определяется водопотребность гипсового вяжущего. При затворении гипсового вяжущего водой образуется гипсовое тесто, представляющее собой пластичную массу. Водопотребность вяжущего – минимальное количество воды, необходимое для получения подвижного и удобоукладываемого гипсового теста. Водопотребность гипсового вяжущего характеризуется нормальной густотой гипсового теста или водотвердым соотношением (В/Т).

Сущность метода количественной оценки значения нормальной густоты состоит в измерении диаметра расплыва гипсового теста, вытекающего из цилиндра при его поднятии на вискозиметре Суттарда. Вискозиметр Суттарда (*рис.2*) представляет собой металлический диск-подставку с равномерно нанесенными на него концентрическими окружностями диаметром от 60 до 250 мм и покрытый листом стекла. Полый металлический цилиндр с полированной внутренней поверхностью устанавливается в центр окружностей.

Перед испытаниями внутренняя поверхность цилиндра и поверхность стекла протирается увлажненной тканью. На технических весах отвешивается навеска гипсового вяжущего массой 400 г. В чашку для приготовления

гипсового теста вливается вода (начинают эксперимент с **55 – 60 %** воды от массы исходной навески гипса), включается секундомер и затем за **2-5 секунд** высыпается **400 г** гипсового вяжущего при интенсивном перемешивании гипсового теста в течение **30 секунд**.

После окончания перемешивания гипсовое тесто выкладывается в цилиндр, установленный в центре окружностей, поверхность гипсового теста в цилиндре выравнивается ножом и удаляются излишки.

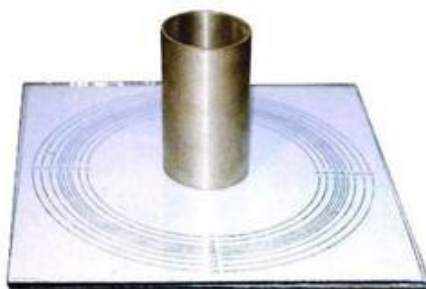


Рис.2. Вискозиметр Суттарда

Через **15 с** после окончания перемешивания гипсового теста (или **45 с** с момента затворения) цилиндр поднимается вертикально вверх на высоту **15 – 20 см**, гипсовое тесто выливается на стекло прибора. Затем проводится измерение диаметра расплыва гипсового теста в двух взаимно перпендикулярных направлениях с погрешностью не более **5 мм** и вычисляется его среднеарифметическое значение. Если диаметр расплыва теста отличается от **180 ± 5 мм**, эксперимент повторяется при изменении количества воды затворения.

Нормальная густота гипсового теста и водогипсовое отношение рассчитываются по формулам:

$$\text{НГ} = \left(\frac{M_{\text{В}}}{M_{\text{ГВ}}} \right) \cdot 100; \quad \text{В/Г} = \frac{M_{\text{В}}}{M_{\text{ГВ}}}$$

где **НГ** – нормальная густота, %;

M_В – количество воды затворения гипсового вяжущего при расплыве гипсового теста **180 ± 5 мм**, мл;

M_{ГВ} – масса навески гипсового вяжущего, г.

При изготовлении гипсовых изделий методом литья требуется **60 – 80 %** воды от массы строительного или формовочного гипса и **35 – 45 %** воды от массы высокопрочного гипса.

Вывод: По результатам экспериментальных данных сделать вывод о нормальной густоте гипсового вяжущего заводского изготовления.

2.2 Определение геометрических размеров и формы коротковолокнистых наполнителей. Определение содержания влаги в волокнистых наполнителях.

Для получения армированных композиционных материалов (КМ) на основе силикатных дисперсных систем обычно применяют разнообразные волокнистые материалы (льноволокно, древесные опилки, короткие стеклянные, полимерные или металлические волокна и др.).

Выбор наполнителя в первую очередь обуславливается размерами его частиц и распределением по размерам (полидисперсностью), а также формой частиц и характером их упаковки.

Эксперимент №1: по заданию преподавателя небольшое количество волокнистого наполнителя распределяют равномерно на плоской поверхности. Для замеров применяют штангенциркуль или микрометр, для очень малых волокон (<0,1 мм) замеры проводят при помощи микроскопа.

Определяют характерные размеры частиц (длина, ширина, толщина).

Определяют форму волокна различных наполнителей. Результаты исследований заносят в (табл.2).

Таблица 2.

№ п/п	Материал	Размеры частиц, мм			Форма волокна
		Длина	Ширина	Толщина	
1					
...					

При повышенном содержании влаги в волокнистых материалах существенно ухудшается их сыпучесть, в результате чего в бункере перерабатывающего оборудования происходит зависание материала, приводящее к снижению точности дозирования и нарушению равномерности питания машины. Снижается качество изделий – на внешней поверхности образуются волнистости, вздутия, разводы, пузыри и трещины, наблюдается размерный брак, коробление и расслоение изделий.

Содержание влаги в наполнителях может быть определено по изменению массы наполнителя до и после высушивания его в сушильном шкафу при заданных температурах и времени.

Эксперимент №2: в чистый, предварительно взвешенный бюкс (или тигель) помещают примерно 5 г испытуемого волокнистого материала и взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,001 г. Открытый бюкс

помещают в сушильный шкаф и выдерживают в течение **30 мин** при температуре **(95-100)±2° С**. После этого открытый бюкс переносят в эксикатор для охлаждения материала до комнатной температуры. Затем бюкс закрывают и вторично взвешивают вместе с материалом.

Относительное содержание влаги и других летучих веществ $W_{отн}, \%$, $W_{абс}, \%$, рассчитывают по формуле:

$$W_{отн} = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M} \cdot 100, \% \quad W_{абс} = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M} \cdot 100, \%$$

где M_1, M_2 – масса бюкса с материалом до и после удаления влаги соответственно, г;

M – масса бюкса, г.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое значение не менее трех измерений. Экспериментальные данные заносят в (табл.3).

Таблица 3.

№ образца	Материал	$M, г$	$M_1, г$	$M_2, г$	$W_{отн}, \%$	$W_{абс}, \%$
1						
...						
Среднее арифметическое значение						
Среднее квадратическое отклонение						
Коэффициент вариации						

Выводы по результатам экспериментов: дать описание внешнего вида исследуемого волокнистого материала, привести расчетные значения относительной и абсолютной влажностей материала и дать обоснование зависимости этих значений влажности от строения материала.

2.3 Определение прочности образцов

Применение строительного гипса в качестве вяжущего для изготовления строительных деталей и изделий определяет требования к его прочностным характеристикам - пределу прочности при изгибе и пределу прочности при сжатии. По показателям пределов прочности при сжатии и при изгибе строительный гипс разделяется на марки (табл.1).

Испытания прочностных характеристик гипсового вяжущего заводского изготовления проводятся при формовании стандартных образцов из теста

нормальной густоты. Стандартные образцы-балочки $40 \times 40 \times 160$ мм испытываются через $1,5-2$ ч. твердения (или в состоянии будучи высушенными до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре не более 60 °С) для определения предела прочности при изгибе и затем половинки балочек - для определения предела прочности при сжатии с помощью гидравлического прессы.

При выполнении экспериментальных работ, когда масса синтезируемого материала мала, допускается определение прочностных характеристик, вяжущих на малых образцах с последующим пересчетом результатов эксперимента с учетом разницы в размерах испытываемых и стандартных образцов.

Приборы и материалы для выполнения лабораторной работы:

- 1) гипсовое вяжущее;*
- 2) технические весы;*
- 3) чашка для приготовления тисового теста;*
- 4) мензурки на 250 мл;*
- 5) шпатель или лопатка для перемешивания;*
- 6) секундомер;*
- 7) формы для образцов кубиков и балочек;*
- 8) металлическая линейка или нож, штангенциркуль или линейка;*
- 9) сушильный шкаф;*
- 10) пресс.*

Определение прочности образцов, изготовленных из гипсового теста стандартной консистенции, производят через 2 ч после контакта, гипсового вяжущего с водой. Для изготовления образцов берут пробу гипсового вяжущего массой от $1,0$ до $1,6$ кг. Гипсовое вяжущее в течение $5...20$ с засыпают в чашку с водой, взятой в количестве, необходимом для получения теста нормальной густоты. После засыпания вяжущего смесь интенсивно перемешивают в течение 60 с до получения однородного теста, которым заливают форму. Предварительно внутреннюю поверхность металлических форм слегка смазывают минеральным маслом средней вязкости. Отсеки формы наполняют одновременно, для чего чашку с гипсовым тестом равномерно продвигают над формой. Для удаления вовлеченного воздуха после заливки форму встряхивают 5 раз, для чего ее поднимают за торцевую сторону на высоту от 8 до 10 мм и опускают. После наступления начала схватывания излишки гипсового теста снимают линейкой, передвигая ее по верхним граням формы перпендикулярно к поверхности образцов. Через (15 ± 5) мин после конца схватывания образцы извлекают из формы, маркируют

и высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы. Образцы – балочки испытывают на прессе для определения предела прочности при изгибе.

Полученные после испытаний на изгиб шесть половинок балочек испытывают на сжатие. Образцы помещают между двумя пластинами таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегли к продольным стенкам форм, находились на плоскостях пластин, а упоры пластин плотно прилегли к торцевой гладкой стенке образца. Образец вместе с пластинами подвергают сжатию на прессе. Время от начала равномерного нагружения образца до его разрушения должно составлять от 5 до 30 с, средняя скорость нарастания нагрузки при испытании должна быть $10 \pm 5 \text{ кгс/см}^2$ в сек.

Предел прочности на сжатие одного образца определяют, как частное от деления величины разрушающей нагрузки на рабочую площадь пластины (с размерами 40x62,5 мм), равную 25 см^2 . Предел прочности на сжатие вычисляют как среднее арифметическое результатов нескольких испытаний без наименьшего и наибольшего результатов.

Расчет предела прочности образцов при изгибе и при сжатии производится с точностью до 1 кг/см^2 и вычисляют по формуле:

$$R_{\text{изг}} = \frac{3 \cdot P_{\text{ман}} \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

где $R_{\text{изг}}$ – предел прочности при изгибе, кгс/см^2 ; $P_{\text{ман}}$ – показания манометра, кг/см^2 ; l – расстояние между опорами, см ; b – ширина балочки, см ; h – высота балочки, см ;

$$R_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{ман}} \cdot F_{\text{порш}}}{S_{\text{обр}}}$$

где $R_{\text{сж}}$ – предел прочности при сжатии, кгс/см^2 ; $P_{\text{ман}}$ – показания манометра, кг/см^2 ; $F_{\text{порш}}$ – площадь поршня, см^2 ; $S_{\text{обр}}$ – площадь образца, см^2 .

Вывод. По результатам экспериментальных данных определяется марка гипсового вяжущего, приводится условное обозначение.

2.4 Изготовление армированных гипсовых образцов

Для изготовления гипсоволокнистых образцов готовят гипсовые смеси с разным количеством базальтового волокна. Для этого определенное количество волокна смешивают с гипсовым вяжущим в сухом состоянии. В полученную смесь вводят воду до пучения гипсового теста нормальной

густоты. Количество воды затворения – **нормальная густота** композиции подбирается с помощью прибора Суттарда в соответствии с п. 2.1.

Основным свойством, определяющим область применения гипсовой композиции, является прочность. При этом большое значение в эксплуатации армированных изделий наряду с прочностью при сжатии имеет прочность при изгибе. Прочностные характеристики армированных гипсовых образцов определяются в соответствии с методикой, представленной в п. 2.3. Для этого формируют образцы из гипсового теста с разным содержанием базальтового волокна, количество воды затворения соответствует нормальной густоте композиции при определенном количестве волокна. Время твердения образцов **1,5-2 часа**. После истечения времени твердения, образцы испытывают на прочность и результаты заносят в (табл.5).

Таблица 5. Результаты определения свойств гипсоволокнистых образцов

№ образца	Количество волокна, % от массы гипса	Нормальная густота, %	Предел прочности, МПа	
			при изгибе	при сжатии
1	0			
2	0,5			
3	1,0			
4	1,5			
5	2,0			
Среднее арифметическое значение				
Среднее квадратическое отклонение				
Коэффициент вариации				

Выводы. По результатам проведенных исследований делают выводы о прочностных характеристиках гипсоволокнистого материала.

2.5 Определение кажущейся (средней) плотности и водостойкости гипсоволокнистых материалов

Кажущейся (средней) плотностью называют массу единицы объема материала в естественном состоянии, т.е. вместе с порами и пустотами.

Кажущаяся плотность определяется по формуле:

$$\rho_k = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3,$$

где m - масса образца, г; V - объем образца в естественном состоянии, см^3 .

Для вычисления кажущейся плотности материала определяют массу образца и его объем в естественном состоянии. Одно и то же количество

материала в естественном состоянии занимает больший объем, чем в плотном. Поэтому кажущаяся плотность каменных материалов всегда меньше истинной плотности.

Эксперимент №1. Определение кажущейся плотности образцов правильной формы.

Образцы правильной геометрической формы должны иметь наименьшее измерение не менее 10 см, если материал пористый, и не менее 4 см, если материал плотный. Испытания проводят на **5-ти** образцах кубической или цилиндрической формы. Образцы взвешивают на технических весах с точностью до **0,1 г**, (если масса образца менее **500 г**). Перед взвешиванием образцы должны быть высушены до постоянной массы.

Для определения объема образцы измеряют с помощью штангенциркуля с точностью до **0,1 мм**.

Для обеспечения точности результатов кажущуюся плотность вычисляют как среднее арифметическое пяти определений.

Эксперимент №2. Методика определения водостойкости гипсового камня.

Степень водостойкости искусственного камня на основе гипсовых вяжущих веществ оценивают по **коэффициенту размягчения**. Чтобы узнать коэффициент водостойкости испытывают с определением прочностных показателей три образца из гипса, высушенных до постоянной массы при температуре не выше **60 °С**, и три идентичных образца – в водонасыщенном состоянии. Насыщают образцы гипса, выдерживая их в воде в течение **2 ч**, предварительно высушив до постоянной массы при температуре не выше **60 °С**.

Коэффициент размягчения вычисляют как частное от деления предела прочности при сжатии **водонасыщенных** образцов на предел прочности при сжатии образцов в **сухом** состоянии с погрешностью **0,01**.

$$K_p = \frac{R_{нас}}{R_{сух}}$$

где $R_{нас}$ - предел прочности при сжатии насыщенных образцов, МПа;

$R_{сух}$ - предел прочности при сжатии образцов, высушенных до постоянной массы, МПа.

Значение K_p для разных материалов колеблется от 0 (необожженная глина) до 1 (стекло, фарфор, сталь). Материал считается водостойким при $K_p > 0,8$. В этом случае его разрешается применять в сырых местах без специальных мер по защите от увлажнения.

Результаты экспериментов заносят в сводную **таблицу 6**.

Таблица 6. Сводная таблица

№ образца	Количество волокна, % от массы гипса	НГ, %	Предел прочности, МПа		$\rho_{\text{к}} \text{ г/см}^3$	K_p
			при изгибе	при сжатии		
1	0					
2	0,5					
3	1,0					
4	1,5					
5	2,0					
Среднее арифметическое значение						
Среднее квадратическое отклонение						
Коэффициент вариации						

Общие выводы по лабораторной работе: по результатам проведенных исследований проводится анализ влияния количества введенных в композицию волокон на свойства гипсоволокнистого вяжущего, определяется марка исследуемых композитов и приводятся возможные области их применения, используя данные таблицы 1.

Литература:

1. Химическая технология вяжущих материалов: учебное пособие В.Н. Смирнская, С.А. Антипина, С.Н. Соколова; Томский политехнический университет. – Томск: Из-во ТПУ, 2009 – 200 с.
2. Композиционные материалы. Лабораторный практикум: учебное пособие для студентов специальностей «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов», «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» / Е. И. Кордикова. – Минск: БГТУ, 2007. – 232 с.
3. ГОСТ 125-2018. Вяжущие гипсовые. Технические условия.
4. ГОСТ 23789-2018. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний.

Учебное издание

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГИПСОВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания к выполнению лабораторной и самостоятельной
работы по курсу «Современные композиционные материалы»
для студентов направления подготовки **бакалавров**
18.03.01 Химическая технология

Составители

Казьмина Ольга Викторовна
Митина Наталия Александровна
Сударев Евгений Александрович

Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
С качеством представленного оригинал-макета

Подписано к печати 05.11.2010. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл. печ.л. 9,01. Уч.-изд. л. 8,16.


Заказ . Тираж 20 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества

Издательство Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30 Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru