

**Министерство образования и молодежной политики
Свердловской области**

ГАПОУ СО «Богдановичский политехникум»



Методические указания

**к лабораторным работам по учебной дисциплине
ОП 17 «Технологические процессы производства огнеупоров»
для студентов всех форм обучения специальности
18.02.05 «Производство тугоплавких неметаллических и силикатных
материалов и изделий»**

**Богданович
2021**

Утверждено
методическим советом
ГАПОУ СО «БПТ»

Протокол №2
от «08»ноября 2021 г.

Составитель:

Озорнина И.А., преподаватель специальных дисциплин ГАПОУ СО «БПТ» высшей квалификационной категории.

Методические указания разработаны для сопровождения выполнения лабораторных работ по определению свойств огнеупорных материалов и изделий при освоении специальности 18.02.05 «Производство тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий». В результате выполнения этих работ обучающиеся сформируют и закрепят практические умения и навыки (профессиональные компетенции), которые им понадобятся в будущей профессиональной деятельности.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа №1 Определение насыпной массы зернистых материалов.	5
Лабораторная работа №2 Определение угла естественного откоса молотых материалов.	7
Лабораторная работа №3 Определение качества смешения шихты методом определения П.П.П.	9
Лабораторная работа №4 Определение влажности глиняной массы.	11
Лабораторная работа №5 Определение пластичности глин	12
Лабораторная работа №6 Определение коэффициента чувствительности глин к сушке	14
Лабораторная работа №7 Определение воздушной, огневой и полной/общей/ усадки шамотных изделий	16

ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина ОП 17 «Технологические процессы производства огнеупоров» является одной из основных в процессе подготовки специалистов для производственной деятельности по специальности 18.02.05 «Производство тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий».

Главной задачей дисциплины является изучение общих принципиальных вопросов технологии производства огнеупорных материалов и изделий. Знания, полученные студентами при изучении данной дисциплины, должны являться базовыми при выполнении курсового проекта по специальности и при разработке соответствующего раздела дипломного проекта.

В целях более качественной подготовки студентов программой предусматривается проведение лабораторных работ. Лабораторные исследования, предложенные данным пособием, соответствуют реально проводимым на существующих производствах.

Выполнению каждой работы предшествует теоретическое изучение соответствующего раздела. Затем студент знакомится с методикой проведения работы, со схемой установки, устройством основных и измерительных приборов. Перед выполнением лабораторных работ преподавателем проводится инструктаж по технике безопасности.

Для получения надежных результатов при выполнении лабораторных работ следует строго соблюдать методику ее проведения, знать закономерности измерительных процессов, уметь правильно измерять изучаемые величины; правильно, с требуемой точностью, вычислять значения величин и их минимальное количество, определить (знать) наилучшие условия измерений, при которых ошибки будут наименьшими, уметь провести общий анализ результатов измерений.

Лабораторные работы оформляются студентами в отдельных тетрадях с указанием номера лабораторной работы, ее названия, цели, оборудования и материалов, приводится ход выполнения работы с необходимыми рисунками, таблицами, расчетами. Результаты исследований анализируются и в конце работы записывается вывод.

В результате обучающийся приобретает практический опыт за счет формирования профессиональных компетенций: работа с контрольно-измерительными приборами, работа с нормативной документацией, оформление технологической документации, работа с лабораторным оборудованием, проведение необходимых расчетов.

Лабораторная работа №1

Определение насыпной массы зернистых материалов.

Цель работы: Научиться определять насыпную массу зернистых материалов в рыхлом состоянии. Формирование профессиональных компетенций: работа с контрольно-измерительными приборами, работа с нормативной документацией, оформление технологической документации, работа с лабораторным оборудованием, проведение необходимых расчетов.

Оборудование: Засыпная воронка, мерный сосуд, весы с разновесом, линейка, противень.

Молотые материалы: шамот молотый фракций: 0,14-1,25 мм, 1,25-2, мм, 2,5-5 мм.

Объем работы: 2 учебных часа.

Краткая теория

Под насыпной массой понимают массу порошкообразного материала в естественном насыпном (рыхлом) состоянии или в уплотненном (с утряхиванием). В особых случаях значение ее выражается отношением массы определенной пропорции зернистого материала к занимаемому им объему вместе с пустотами, т.е. воздушными промежутками между зернами. Эту величину выражают в г/см³ или кг/м³ и обозначают индексом

$\gamma_{нр}$ – для рыхлого состояния,

$\gamma_{ну}$ – для уплотненного состояния.

Методика определения

Для определения насыпной массы в рыхлом состоянии применяют засыпную воронку, цилиндрическая часть которой переходит в коническую. Воронку устанавливают в металлическом штативе с таким расчетом, чтобы расстояние между нижним краем воронки и верхним краем мерного сосуда составляло 50мм. Мерный сосуд перед установкой взвешивают с точностью до гр. В воронку насыпают 2л. Хорошо просушенного зернистого материала, выходное отверстие воронки при этом перекрывается левой рукой. После заполнения воронки материалом последний разливают и освобождают выходное отверстие воронки. Свободно падающий порошок должен заполнить мерный сосуд с избытком. Избыток материала снимают линейкой, передвигая ее ребром по верхнему краю сосуда. Наполненный сосуд осторожно (не встряхивая!) переносят на весы и взвешивают с точностью до 1г. Для расчета H_p , г/см³ (кг/л) пользуются расчетной формулой:

$$H_p = \frac{m_1 - m}{V}$$

где

m – масса пустого сосуда, г(кг);

m_1 – масса сосуда, наполненного испытуемым материалом, г (кг);

V – объем сосуда, см^3 (л).

При выполнении настоящей работы необходимо установить зависимость между зерновым составом порошкообразного материала и его насыпной массой. Для этого предлагается порошкообразный материал трех фракций: 1,25-2,5 мм, 2,5-5 мм, 0,4-1,25 мм. Проведя трижды эту операцию и получив результаты взвешивания, необходимо заполнить таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты исследований

Фракция материала	Масса, г			$V, \text{см}^3$	$\gamma_{\text{НР}}, \text{г/см}^3$
	m	m_1	$m_1 - m$		
2,5 – 5 мм					
1,25 – 2,5 мм					
0,14 – 1,25 мм					

Вывод: Как изменяется насыпная масса порошкообразного материала с уменьшением размера его частиц?

Лабораторная работа №2

Определение угла естественного откоса молотых материалов.

Цель работы: Научиться практически, определять угол естественного откоса.
Формирование профессиональных компетенций: работа с контрольно-измерительными приборами, работа с нормативной документацией, оформление технологической документации, работа с лабораторным оборудованием, проведение необходимых расчетов.

Оборудование: Воронка для засыпания материала, прибор для замера угла естественного откоса.

Молотые материалы: шамот, глина, магнезит.

Объем работы: 2 учебных часа.

Краткая теория

Если какой-либо материал (кусковой, порошкообразный) свободно насыпать на горизонтальную поверхность, то он будет располагаться на ней в виде правильного конуса. Образующая этого конуса с горизонтальной поверхностью дает угол, называемый углом естественного откоса (у.е.о.) (рис.1).

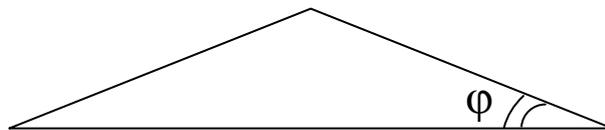


Рисунок 1 - Угол естественного откоса материала

Угол естественного откоса огнеупорных материалов имеет большое значение для правильного выбора формы бункера. Как правило, в огнеупорной промышленности бункера выполняются комбинированные, т.е. они состоят из прямоугольной и пирамидальной части.

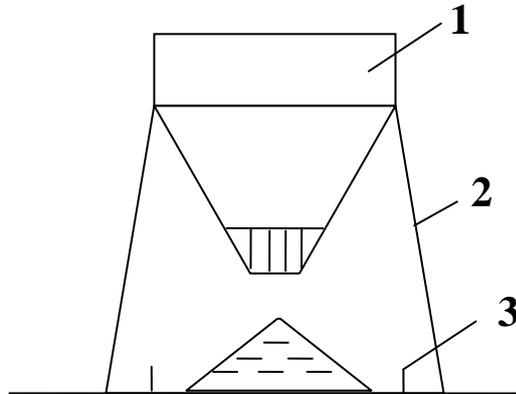
Для нормального истечения материалов из такого бункера необходимо, чтобы угол наклона стенки пирамидальной части γ (рис.2) был несколько больше (на 5-10°) угла естественного откоса материала Φ . В противном случае, будет происходить зависание материала.



Рисунок 2 - Угол наклона бункера

Методика определения

Испытуемый материал в количестве 1 л через воронку свободно насыпается на горизонтальную поверхность, на которой он располагается в виде правильного конуса (рис.3).



1–воронка, 2 - стойка (тренога), 3 - металлический лист

Рисунок 3 - Установка для определения угла естественного откоса материала.

Для определения угла естественного откоса используется прибор-шаблон. Подвижная часть шаблона приставляется к образующей конуса и по шкале определяется величина острого угла таким образом определяется у.е.о. используемых материалов (рис.4), результаты заносят в таблицу 1.

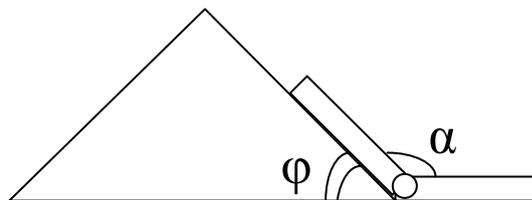


Рисунок 4 - Определение у.е.о. материала

Таблица 1 - Результаты исследований

Название материала	φ
Глина Шамот Магнезит крупный Магнезит мелкий	

Вывод: От чего зависит угол естественного откоса φ ?

Лабораторная работа №3

Определение качества смешения шихты методом определения П.П.П.

Цель работы: Научиться практическим путем, определять качество смешения шамотной шихты методом определения П.П.П.

Формирование профессиональных компетенций: работа с контрольно-измерительными приборами, работа с нормативной документацией, оформление технологической документации, работа с лабораторным оборудованием, проведение необходимых расчетов.

Оборудование: Тигли фарфоровые (2шт.), фарфоровая чашка, шпатель для перемешивания, весы технические, печь муфельная, эксикатор.

Молотые материалы: Шамот, глина.

Объем работы: 4 учебных часа.

Краткая теория

Смесь сухих порошков называют шихтой. Однородность и равномерность смешения шихты зависят в основном от дисперсности порошков: чем дисперснее исходный порошок, тем более равномерную смесь их можно получить. Равномерность смешения может быть установлена по некоторым признакам, характерным для физических и химических свойств компонентов шихты. Например, при смешении шамота и глины равномерность смешения определяют по потере в массе путем прокаливания пробы.

Методика определения

На бумаге отвешивается шихта в количестве 50г заданного соотношения и тщательно перемешивается. 10г перемешанной шихты переносят в предварительно взвешенный тигель, а затем помещают в муфельную печь для прокаливания при температуре 1000° . после прокаливания навеска шихты вновь взвешивается и определяется П.П.П. шихты по формуле:

$$П.П.П. \text{ шихты} = \frac{a_1 - a_2}{a_1} \cdot 100\%$$

где

a_1 – масса навески до прокаливания, г;

a_2 – масса навески после прокаливания, г.

После этого в другой взвешенный тигель помещают 10г глины и ставят в муфельную печь для прокаливания при температуре 1000⁰ С.

После прокаливания навеска глины вновь взвешивается и определяется П.П.П. глины по приведенной выше формуле:

$$Г = \frac{\text{П.П.П.шихты}}{\text{П.П.П.глины}} \cdot 100\%$$

Если расчетное содержание глины в шихте отличается от заданного на 0-3% - качество смешения хорошее, на 3-5% - удовлетворительное, на 5-10% и более – неудовлетворительное.

Вывод: Дать оценку качеству смешения (хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное).

Лабораторная работа №4

Определение влажности глиняной массы.

Цель работы: Научиться рассчитывать абсолютную и относительную влажность глиняной массы. Формирование профессиональных компетенций: работа с контрольно-измерительными приборами, работа с нормативной документацией, оформление технологической документации, работа с лабораторным оборудованием, проведение необходимых расчетов.

Оборудование: Тигель фарфоровый, фарфоровая чашка, шпатель для перемешивания, весы технические, разновес.

Материалы: Глина, вода.

Объем работы: 4 учебных часа.

Краткая теория

Влажность шамотных масс имеет большое значение в технологии производства. От влажности зависит механическая прочность сырца, удельное давление прессования. Чем меньше влажность, тем больше прочность и величина удельного давления прессования. Правильно подобранная влажность масс обеспечивает нормальную работу прессов и хорошее качество продукции.

Методика определения

На технических весах отвешивают 20 г глины и в фарфоровой чашке готовят глиняную массу, наиболее удобную для формования. От этой массы берется кусочек и переносится в предварительно взвешенный тигель. Тигель с массой взвешивается и помещается в сушильный шкаф. После сушки тигель с массой снова взвешивается. После взвешивания вычисляется относительная и абсолютная влажность массы.

$$W_{отн} = \frac{a_1 - a_2}{a_1} \cdot 100\%$$

$$W_{абс} = \frac{a_1 - a_2}{a_2} \cdot 100\%$$

где

a_1 – масса навески до сушки, г;

a_2 – масса навески после сушки, г.

Вывод: Какова относительная и абсолютная влажность пригодной для формования глиняной массы?

Лабораторная работа №5

Определение пластичности глин

Цель работы: Научиться практически определять пластичность глин. Формирование профессиональных компетенций: работа с контрольно-измерительными приборами, работа с нормативной документацией, оформление технологической документации, работа с лабораторным оборудованием, проведение необходимых расчетов.

Оборудование: Фарфоровая чашка, шпатель, нож, прибор Васильева, фарфоровые тигли (2шт.).

Материалы: Глина, вода.

Объем работы: 4 учебных часа.

Краткая теория

Пластичностью глин называются их свойства при смешении с водой принимать ту или иную форму под давлением без образования трещин и разрывов и сохранять ее после прекращения давления. Это свойство глин является одним из основных и во многом определяет связующие и формовочные свойства шамотной массы. Пластические свойства глин изменяются в зависимости от содержания в ней воды. Для смеси глин с водой наблюдается ряд характерных состояний:

1. Верхний предел текучести – глиняная масса течет непрерывной струей.
2. Нижний предел текучести, при котором слой глины толщиной 1-1,5см нанесенный на дно фарфоровой чашки и разделенной ножом на две части, при сильных отрывистых толчках перестает сливаться.
3. Нормальная рабочая консистенция, когда глина не пристает к руке и металлу.
4. Состояние, когда глиняная масса не раскатывается в жгутики – граница раскатывания.
5. Состояние, при котором глина теряет связность и рассыпается при сдавливании.
6. Для определения пластичности, находят так называемое число пластичности, представляющее собой разность между абсолютной влажностью массы при нижнем пределе текучести на границе раскатывания по формуле:

$$\text{ЧП} = W \text{ абс. н. п. т.} - W \text{ абс. г. р.}$$

где

W абс. н. п. т. – абсолютная влажность массы при нижнем пределе текучести, %;

W абс. г. р. - абсолютная влажность массы при границе раскатывания, %.

Ниже приведена классификация глин по пластичности в зависимости от величины ЧП.

>20 - высокопластичная

20-16 - пластичная

15-7 – среднепластичная

<7 – малопластичная

Хотя определение числа пластичности не является прямым методом оценки пластичности глин, но оно широко распространено и дает вполне удовлетворительные результаты.

Методика определения

На технических весах взвешивают 25г глины, помещают ее в фарфоровой чашке, добавляя воду, перемешивают. Получив однородную массу более жидкую, чем в нормальном рабочем состоянии, ее с помощью шпателя равномерно распределяют по дну чашки, при этом толщина слоя массы должна составлять 1-1,5см. при помощи ножа массу в чашке разрезают на две равные части так, чтобы между ними образовался просвет шириной 2,5-3мм вверху и 1мм у дна чашки. Затем чашку с массой устанавливают на прибор Васильева и встряхивают три раза. После каждого встряхивания наблюдают величину просвета. Испытание считается законченным, когда разрезанные части массы соединяются по дну (просвет исчезнет) только после третьего встряхивания. Если после третьего раза обе части массы не соединяются, то это значит, что масса слишком густа. Тогда постепенно добавляют воду, перемешивают до полной однородности и проводят повторное определение. Соединение массы после одного или двух ударов свидетельствует о том, что масса слишком жидкая. В этом случае к массе добавляют глины, примешивают и повторяют опыт сначала.

Получив массу требуемой вязкости, от нее отбирают пробу и помещают в взвешенный тигель. Пробу взвешивают в тигле, высушивают в сушильном шкафу, затем снова взвешивают. Далее рассчитывают абсолютную влажность массы при нижнем пределе текучести. Для определения границ раскатывания к массе, которая осталась в чашке, добавляют сухой глины и перемешивают. Часть массы раскатывают в жгутики диаметром около 3мм раскатывание массы и добавление глины проводят до тех пор, пока жгутики не начнут рассыпаться. Часть этой массы помещают в предварительно взвешенный тигель, взвешивают и ставят на сушку. После сушки взвешивают и рассчитывают абсолютную влажность массы в состоянии границы раскатывания.

По формуле определяют число пластичности, равное разности между абсолютной влажностью при нижнем пределе текучести и границы раскатывания.

Вывод: Какой является глина по величине числа пластичности?

Лабораторная работа №6

Определение коэффициента чувствительности глин к сушке

Цель работы: Определить коэффициент, характеризующий чувствительность глин к сушке. Формирование профессиональных компетенций: работа с контрольно-измерительными приборами, работа с нормативной документацией, оформление технологической документации, работа и лабораторным оборудованием, проведение необходимых расчетов.

Оборудование: Формы для формирования образцов, молоток деревянный, весы технические, штангенциркуль.

Материалы: Глина, вода.

Объем работы: 4 учебных часа.

Краткая теория

Отношение глины и масс на их основе к процессам сушки имеет первостепенное значение для технологии огнеупорных изделий. Выбор и обеспечение рациональных режимов сушки представляет собой серьезную технологическую и теплотехническую задачу. Их приходится решать не только с учетом свойств массы, но также с учетом размеров и формы изделий, требований, предъявляемых к высушенному сырцу. На чувствительность глин к сушке сильно влияют многие их особенности: минералогический состав, дисперсность, запесоченность и другие.

Методика определения

Из глины в количестве 150г готовят пластичную массу и из нее формируют 3-4 образца в виде плиток 50×50×10мм и укладывают на фанерку. На плитки наносят порядковый номер, затем их взвешивают и измеряют для определенного объема.

После этого образцы высушивают в комнатных условиях до воздушно - сухого состояния, снова взвешивают и определяют объем.

Результат заносят в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты исследований

Номер образца	Объем свежесформ. образца V_0 см ³	Объем образца после сушки V_1 см ³	Масса свежесформ. образца m_0 г	Масса образца после сушки m_1 г
1				
2				
3				
4				
5				
Среднее значение				

Расчет коэффициента чувствительности производится по формуле Носовой:

$$K = \frac{V_1}{V_0 \left(\frac{m_0 - m_1}{v_0 - v_1} - 1 \right)}$$

где

v_0 – объем сформированного образца, см³

v_1 – объем образца после сушки, см³

m_0 – масса свежеформированного образца, г;

m_1 – масса образца после сушки, г.

В формулу подставляют среднее значение определяемых величин. В зависимости от значения K глины можно разделить на следующие группы:

Малочувствительные к сушке ($K < 1$).

Среднечувствительные к сушке ($K = 1-2$).

Высокочувствительные к сушке ($K > 2$).

Вывод: Какой является глина по величине коэффициента чувствительности к сушке?

Лабораторная работа №7

Определение воздушной, огневой и полной (общей) усадки шамотных изделий

Цель работы: Научиться определять усадку шамотных изделий. Формирование профессиональных компетенций: работа с контрольно-измерительными приборами, работа с нормативной документацией, оформление технологической документации, работа и лабораторным оборудованием, проведение необходимых расчетов.

Оборудование: Формы для формирования образца, штангенциркуль, сушильный шкаф, печь муфельная, молоток деревянный.

Материалы: Глина, шамот, вода.

Объем работы: 4 учебных часа.

Краткая теория

Воздушной усадкой называют изменение линейных размеров свежесформованного образца под влиянием физических процессов происходящих при сушке. Воздушную усадку выражают в % от начальной длины образца и рассчитывают по формуле:

$$Y_{\text{воз.}} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100\%$$

где

l_0 - размер образца в свежесформованном состоянии, мм;

l_1 – размер образца после сушки, мм.

Огневой усадкой называют изменение линейных размеров высушенного образца под влиянием физико-химических процессов происходящих при обжиге. Огневую усадку выражают в % от длины высушенного образца по формуле:

$$Y_{\text{огн.}} = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \cdot 100\%$$

где

l_1 – размер образца после сушки, мм;

l_2 – размер образца после обжига, мм.

Общая или полная посадка – линейное изменение размеров в результате сушки и обжига, выражение в % от длины свежеформованного образца и рассчитывается по формуле:

$$U_{полн.} = \frac{l_0 - l_2}{l_0} \cdot 100\%$$

где

l_0 – размер образца в свежеформованном состоянии, мм;

l_2 – размер образца после обжига, мм.

Определение воздушной и огневой усадки огнеупорных масс проводится при исследовании сырья и контроля производства: оценка возможного поведения масс в процессе сушки и обжига, определение размеров пресс-форм и т.д.

Методика определения

Из смеси шамота и глины в заданном соотношении в количестве 150г готовят пластичную массу и из нее формируют 4-5 образцов в виде плиток размером 50×50×10мм и укладывают на фанерку. На плитку наносят порядковый номер одновременно острыми рабочими концами штангенциркуля в направлении двух диагоналей наносят метки на расстоянии 50мм друг от друга. Глубина вдавливания концов штангенциркуля 2-3мм. Передвигание плитки руками при нанесении меток не допускается. После высушивания образцов в сушильном шкафу штангенциркулем измеряют расстояние между каждой парой меток. Для определения огнеупорной усадки высушенные образцы помещают в муфельную печь и обжигают при температуре 1000⁰С. Измерение расстояний между метками на обожженных образцах производят аналогично высушенным образцам.

Результаты размеров и вычислений заносят в таблицу 1, из двух замеров в таблицу 1 заносят среднее значение.

Таблица 1 - Результаты исследований

Состав шахты г:ш	№ образца	Расстояние между метками в высушен. сост. l_0 , мм	Расстояние между метками в высушен. сост. l_1 , мм	Возд. усадка (Увозд, %)	Расстояние между метками в обожж. сост. l_2 , мм	Огневая усадка (Уогн., %)	Полная усадка (Уполн., %)
50*50	1	50	43	4	47	2	6
	2						
	3						
	4						
	5						
Средние значения							

У воз. ср. =

У огн. ср. =

У полн. ср. =

Следует указать, что полная (общая) усадка не равна сумме воздушной и огневой усадок, зависимость между этими величинами выражается формулами:

$$U_{огн.} = \frac{U_{полн.} - U_{возд.}}{100 - U_{возд.}} \cdot 100\% \quad \text{или} \quad U_{полн.} = \frac{100 - U_{возд.}}{100} + U_{возд.}$$

Вывод: От чего зависят величины воздушной и огневой усадки?

