

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный строительный университет»**

Утверждено на заседании кафедры
«Строительные материалы»
«28» августа 2023 г.

Основы строительной керамики и силикатных строительных материалов

Методические указания

**для проведения лабораторных занятий на тему:
«Методика определения пластичности глинистого сырья
по методу Пфедферкорна» для обучающихся по направлению
подготовки 08.04.01 «Строительство»
Профиль подготовки «Инновационные материалы в современном
строительстве»**

Ростов-на-Дону
2023

УДК 691.42; 666.32/36; 666.3.017

Составители:

проф., д.т.н., заведующий кафедры «Строительные материалы» А.В. Котляр,
ассист. Г.А. Козлов

Основы технологии строительной керамики для обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство», профиль «Инновационные материалы в современном строительстве». – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2023. – 12 с.

Методические указания для проведения лабораторных занятий на тему: «Методика определения пластичности глинистого сырья по методу Пфефферкорна» составлены на кафедре «Строительные материалы» и предназначены для обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство», профиль «Инновационные материалы в современном строительстве» изучающих дисциплины «Основы технологии строительной керамики», «Технология грубой керамики». В методических указаниях описана методика определения пластических свойств глинистого сырья и керамических масс по методу Пфефферкорна. Дан анализ влияния количества водозатворения на степень деформации глинистого материала. Приведён алгоритм построения линейной зависимости между осадкой и влажностью керамического сырья при фиксированном ударном воздействии.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Строительные материалы»
д-р техн. наук, проф. В.Д. Котляр

В печать _____

Формат 60x84/16. Объём ____ усл. п.л.

Тираж ____ экз. Заказ № _____

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный

технический университет, 2023 г.

Введение

Пластичность является одним из важнейших свойств, которое легло в основу определения термина «глина», обозначающего горные землистые породы, способные при затворении с водой образовывать пластичное тесто. Несмотря на то, что в литературе по керамике принято говорить о пластичности как о свойстве глины, в действительности она является не свойством, а одним из состояний глины, которое отлично от хрупкого и вязкотекучего.

На практике о пластичности глин судят по числу пластичности, которое определяется по ГОСТ 21216 - 2014, как разность между значениями влажностей нижней границы текучести и границы раскатывания материала. Однако этот метод при своих положительных качествах (малый размер пробы исследуемого материала, унифицированный прибор конструкции Васильева для определения границы текучести) имеет существенный недостаток, а именно сложность в определении точной границы раскатывания и требует большого практического навыка для получения удовлетворительной повторяемости результатов.

В данной лабораторной работе приведён малораспространенный в России метод Пфефферкорна для определения пластичности керамического сырья. Достоинством этой методики является возможность определения кроме числа пластичности таких важных в технологическом отношении параметров, как формовочная влажность, сжимающее усилие, необходимое для формования керамической массы, а также показатель пластичности, используемый для характеристики пластических свойств сырьевых материалов в керамической промышленности ряда европейских стран.

1. СУЩНОСТЬ МЕТОДА ПЕФФЕРКОРНА

В основу метода определения пластических свойств глинистого сырья положена зависимость между влажностью образца исследуемого материала и степенью его деформации под действием фиксированной ударной нагрузки.

В области пластического состояния прочность глиняного теста, обусловленная силами межмолекулярного притяжения и капиллярного давления, достаточна для сохранения образцом формы под действием собственного веса, но в то же время водные оболочки глинистых частиц сравнительно велики и обеспечивают их скольжение в отношении друг друга при воздействии внешних усилий. С увеличением влажности пластическая прочность падает вследствие возрастания толщины водных оболочек и уменьшения сил сцепления (b) между частицами согласно закону Кулона:

$$B = e_1 \cdot e_2 / r^2, \quad (1)$$

где e_1 и e_2 – элементарные заряды частиц;

r – расстояние между частицами.

Наращение влажности до границы текучести приводит к такому возрастанию толщины водных оболочек, что они полностью экранируют действие сил межмолекулярного притяжения, при этом прочность системы падает настолько, что она оказывается не в состоянии сохранять приданную форму и переходит в вязкотекучее состояние.

Снижение прочности при увеличении влажности системы приводит к росту относительной деформации образца под действием приложенной силы вследствие повышения сдвиговой подвижности глиняных частиц (рис. 1).

При одинаковых начальной высоте образцов (h_0) и сжимающего усилия ($f_{сж}$), с увеличением влажности ($w_2 > w_1$) наблюдается уменьшение высоты образцов после деформации ($h_2 < h_1$). Таким образом, между влажностью глинистой массы и высотой образца после деформации существует обратно пропорциональная зависимость, которая в идеальном случае будет стремиться

нейной (рис. 2).

Влажность ($w_{рас.}$) при которой высота образца после деформации равна первоначальной высоте h_0 , соответствует границе между хрупким и пластическим состоянием системы и является пределом раскатывания. Влажность ($w_{тек.}$), при которой высота образца после деформации стремится к нулю, соответствует переходу системы в вязкотекучее состояние и является нижней границей текучести.

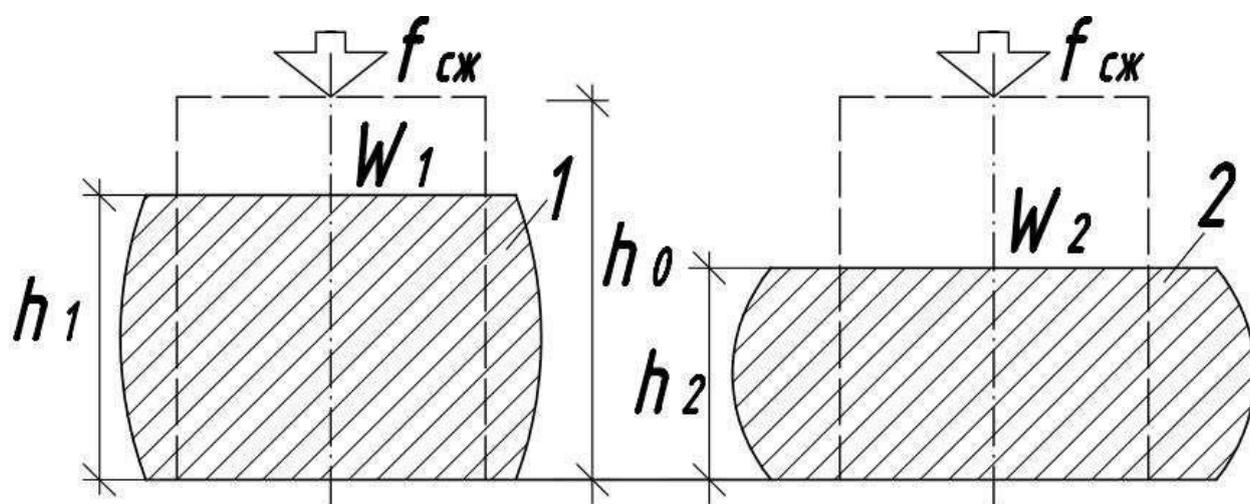


Рис. 1. Изменение осадки глиняного образца под действием ударной нагрузки в зависимости от его влажности: 1 – образец с влажностью W_1 ; 2 – образец с влажностью W_2

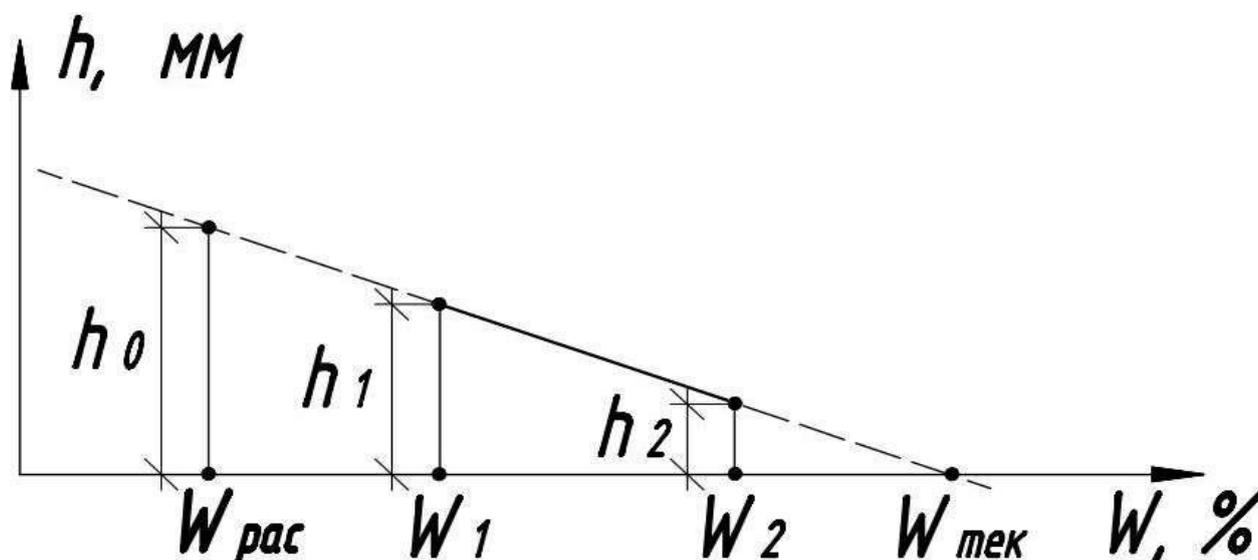


Рис. 2. Схема определения пределов раскатывания и текучести глинистого сырья

Для обеспечения постоянства прикладываемой ударной нагрузки сконструирована экспериментальная установка (рис. 3), состоящая из вертикальной стойки (2), соединенной жёстко с опорной плитой (1). По направляющей втулке (4), закреплённой на горизонтальной плите (3), в вертикальном направлении свободно перемещается цилиндрический шток (6) с закреплённым на нем диском (7). Масса диска со штоком строго фиксированная равна 1,2 кг (допустимое отклонение не более 0,1 %). Для установки диска в верхнее положение, зафиксированное на штоке ограничителем (8), в направляющей втулке предусмотрен стопорный винт (5), при этом между подошвой диска и верхней горизонтальной поверхностью образца (9) расстояние равно 185 мм. Предназначенный для испытания образец устанавливается на наковальню (10). Вертикальный ход штока обеспечен при горизонтальном положении опорной плиты, которое устанавливается с помощью винтовых опор (12) и, благодаря конструкции прибора, контролируется по отвесу (11).

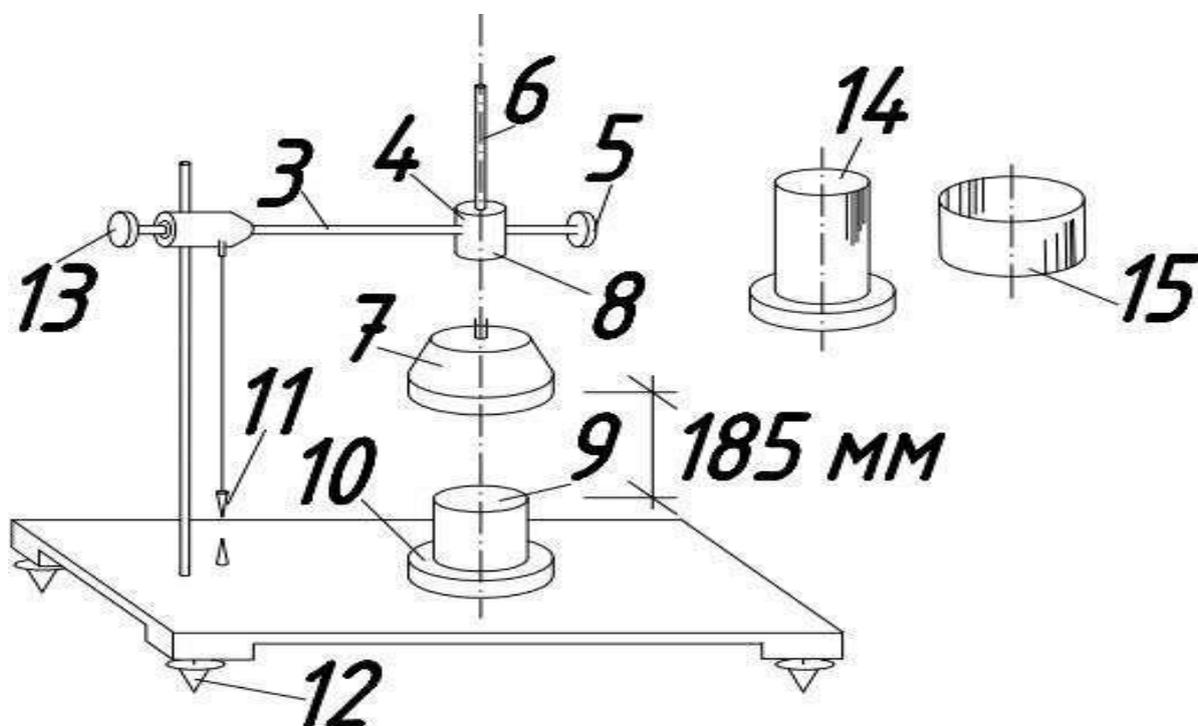


Рис. 3. Экспериментальная установка для определения пластичности по методу Пфферкорна: 1 – опорная плита; 2 – вертикальная стойка; 3 – горизонтальная планка; 4 – направляющая втулка; 5 – стопорный винт; 6 – цилиндрический шток; 7 – диск; 8 – ограничитель; 9 – испытуемый образец; 10 – наковальня; 11 – отвес; 12 – винтовая опора; 13 – фиксатор; 14 – пуансон; 15 – металлическая обечайка

Определив при помощи, описанной установки величину деформации нескольких образцов исследуемого керамического сырья с различной влажностью и построив зависимость, показанную на рис. 2, можно рассчитать число пластичности материала (р) по формуле:

$$P = W_{\text{тек.}} - W_{\text{рас.}} \quad (2)$$

2. МАТЕРИАЛЫ И АППАРАТУРА

Материалы: глинистое сырье с известными гранулометрическим и химико-минералогическим составами, вода дистиллированная.

Аппаратура:

- сушильный шкаф с температурой нагрева 105 - 110 °С;
- ступка фарфоровая с пестиком;
- сито с сеткой 0,5;
- мензурка объемом до 0,5 л;
- эксикатор;
- штангенциркуль;
- весы лабораторные;
- стаканчики для взвешивания (бюксы);
- экспериментальная установка для определения пластичности по методу Пфедеркорна.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ

3.1. Экспериментальная часть

Определение пластических свойств глинистого сырья осуществляется путем деформации на экспериментальной установке образцов с различной формовочной влажностью. Влажность образцов варьируется в пределах от 14 до 35

%, которые могут быть сдвинуты в зависимости от водопотребности и свойств сырья (глины, суглинки, аргиллитоподобные глины, аргиллиты, кремнистые породы и т.д.). Лабораторная работа выполняется в следующей

последовательности:

1) высушенную глину массой 500 г (в случае приготовления двух образцов одинаковой влажности количество сырья удваивают) измельчают до полного прохождения через сито с сеткой 05 и добавляя воду готовят однородную пластичную массу с минимальной влажностью;

2) с помощью формовочного оборудования (см. рис. 3) изготавливают и маркируют образец-цилиндр высотой 40 мм и диаметром 35 мм и затем для снятия внутренних напряжений его выдерживают в эксикаторе над водой в течение 30 минут;

3) в оставшуюся глиняную массу добавляют воду из расчёта увеличения влажности на 2 - 2,5 % и тщательно перемешивают после чего повторяют операции, указанные во втором пункте. Таким образом готовят 6-7 образцов различной влажности;

4) подготавливают экспериментальную установку к работе, как указано выше при описании конструкции прибора, при этом смазывают нижнюю поверхность диска и наковальню керосином или машинным маслом;

5) производят испытания образцов. Для этого предварительно измеряют штангенциркулем начальную высоту образца и устанавливают его на наковальню. Поворачивая стопорный винт против часовой стрелки, опускают шток с диском. При свободном падении диска с высоты 185 мм происходит деформация образца. Затем диск со штоком поднимают в исходное положение и фиксируют стопорным винтом;

6) деформированный образец снимают с наковальни и в трех точках измеряют его высоту. После этого из образца берут кусочек массой 30 - 40 г, помещают в бюкс и взвешивают. Таким образом испытывают все приготовленные образцы;

7) бюксы с кусочками образцов помещают в сушильный шкаф, высушивают при температуре 105 - 110 °С до постоянной массы и взвешивают;

8) промаркированные бюксы освобождают от образцов протирают на-

сухо и тоже взвешивают.

Результаты проведенных исследований заносят в табл. 1.

Таблица 1

Таблица для занесения результатов испытаний

Порядковый номер образца	Высота образца до деформации, мм	Высота образца после деформации, мм				Масса, г		
		в первой точке	во второй точке	в третьей точке	среднее значение	бюксы	влажной навески с бюксой	сухой навески с бюксой
1								
2								
...								

3.2. Обработка результатов эксперимента

Обработка данных, полученных при выполнении экспериментальной части работы, заключается в расчёте параметров, необходимых для построения графиков, с помощью которых определяются пластические свойства исследуемого глинистого сырья. Рассчитываются следующие параметры:

- 1) Влажность образцов исследуемого материала ($W_{\text{абс.}}$):

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_{\text{бюксы}}}, \quad (3)$$

где m_1 – масса влажной навески с бюксой, г.

m_2 – масса абсолютно сухой навески с бюксой, г.

$m_{\text{бюксы}}$ – масса сухой бюксы, г.

- 2) Степень деформации (коэффициент осадки) (d_f).

$$d_f = h_0 / h_1, \quad (4)$$

где h_0 – высота образца до деформации, мм;

h_1 – высота образца после деформации, мм.

3) Критическое напряжение сжатия ($\sigma_{сж.}$)

$$= \frac{M_d \cdot g}{V \cdot \ln df} \quad (5)$$

где M_d – масса диска с штоком, равная 1,2 кг;

h_d – высота падения диска, равная 185 мм;

h_1 – высота образца после деформации, мм;

V – объём образца, взятого для испытания, см³;

$\ln df$ – натуральный логарифм степени деформации;

4) Критическое напряжение сдвига ($\tau_{сд.}$)

$$\tau_{сд.} = \sigma_{сж.} / 2. \quad (6)$$

Рассчитанные параметры графически отображают в виде зависимостей между степенью деформации d_f , высотой деформированного образца h_1 , критическим напряжением сжатия $\sigma_{сж.}$ от формовочной влажности.

Степень деформации служит мерой консистенции массы и находится в прямо пропорциональной зависимости от влажности материала, которая при фиксированном воздействии стремится к линейной. Однако это относится только к узкой области. С возрастанием содержания воды зависимость не должна быть линейной, так как кулоновские силы между зарядами (формула 1) ослабевают обратно пропорционально квадрату расстояния между частицами глины. Очевидно, что между силами сцепления и влажностью будет существовать взаимосвязь ($b \approx 1 / W^2$), тогда при определенном «переувлажнении» возникнет уже не линейная зависимость:

$$W \approx \sqrt{df}. \quad (7)$$

Построив график (рис. 4), определяют влажность массы, при которой показатель пластичности будет максимальным. Этому максимуму соответствует переход к зависимости, выраженной формулой (7). Экспериментально установлено, что такое условие на приборе Пфедеркорна выполняется при $df \approx 3,3$.

Из этого значения степени деформации проводится линия, параллельная оси абсцисс. Точка пересечения этой линии с экспериментальной кривой дает искомое значение влажности (W_n). Его принимают за показатель пластичности, носящий по Пфедферкорну сравнительный характер.

Построив график (рис. 5), определяют усилие, необходимое для формования керамической массы с оптимальной влажностью.

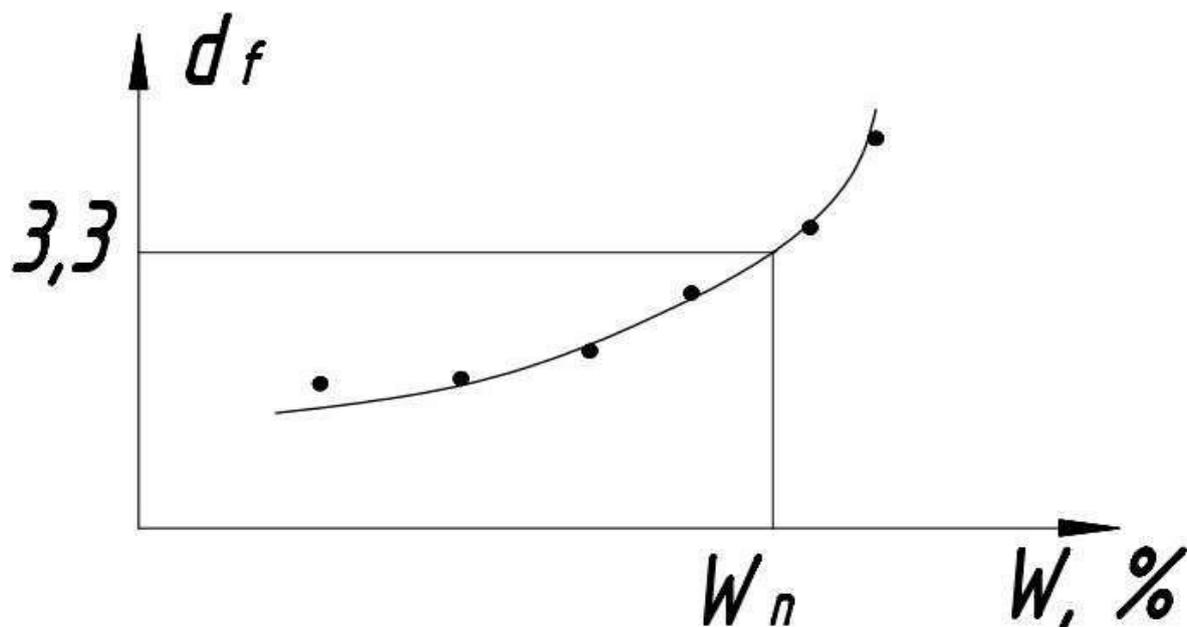


Рис. 4. Зависимость степени деформации от влажности образца

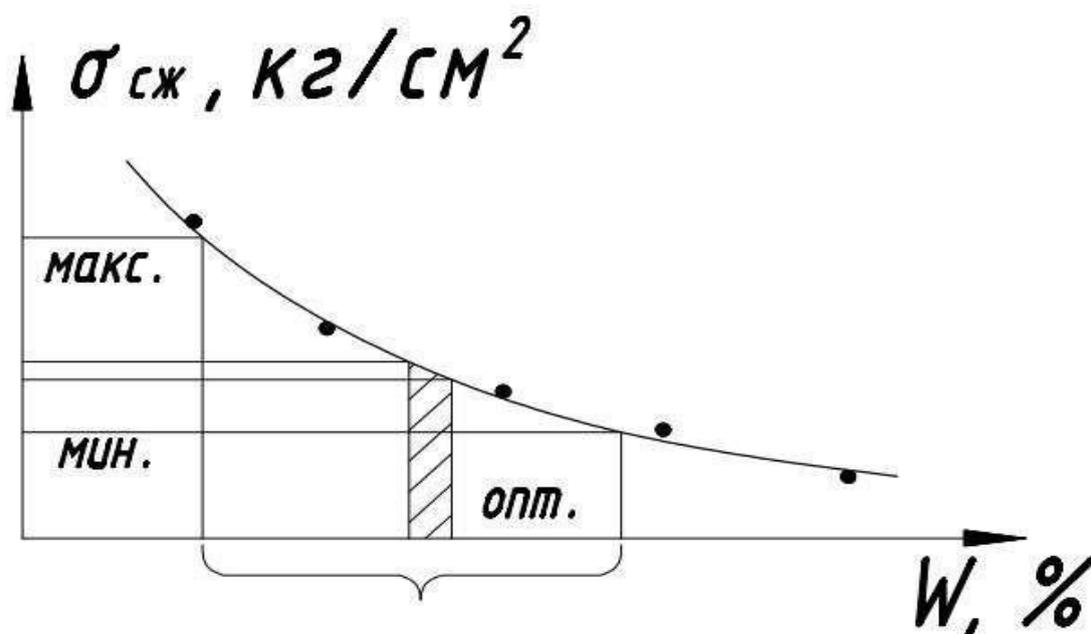


Рис. 5. Зависимость критического напряжения сжатия от влажности образца

Пользуясь графиком, представленным на рис. 2, определяют число пластичности исследуемого керамического сырья, по формуле (2). Для этого проводят линию, параллельную оси абсцисс, с ординатой $h_0 = 40$ мм. В пределах зависимости, построенной по экспериментальным точкам, условно проводят наклонную прямую до пересечения с осью абсцисс. Абсцисса этой точки пересечения определит влажность, соответствующую пределу текучести ($w_{\text{тек.}}$). Абсцисса точки на проведенной наклонной линии с ординатой h_0 , покажет значение влажности границы раскатывания в жгут ($w_{\text{рас.}}$).

По рассчитанному числу пластичности устанавливают группу пластичности исследуемого материала на основании данных табл. 2.

Таблица 2

Классификация глин по числу пластичности

Наименование группы глинистого сырья	Число пластичности
Высокопластичные	более 25
Среднепластичные	15 - 25
Умереннопластичные	7 - 15
Малопластичные	3 - 7
Непластичные	не дают пластичного теста

Литература

1. Салахов А.М., Салахова Р.А. Керамика вокруг нас. М.: РИФ «Стройматериалы», 2008. 156 с.
2. Гузман И.Я. Химическая технология керамики. М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. 496 с.
3. Гузман И.Я. Практикум по технологии керамики: Учебное пособие. М.: Изд-во. «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2004. 195 с.
4. Бакунов В.С., Балкевич В. Д. Практикум по технологии керамики и огнеупоров. М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. 352 с.
5. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С, Ковков И.В. Курс лекций по дисциплине «Технология керамических материалов». Самара.: Б. И., 2007. 96 с.