

А.А. Наумов, Г.А. Козлов, И.В. Мальцева, Ю.В. Терехина

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ И ВЫБОР
ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ПРЕДПРИЯТИЙ
СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ**

Ростов-на-Дону

2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ И ВЫБОР
ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ПРЕДПРИЯТИЙ
СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

Учебное пособие

Ростов-на-Дону

ДГТУ

2017

УДК 691.42
ББК 38
К 73

Рецензент

доктор технических наук, профессор кафедры
«Строительные материалы»

Котляр Владимир Дмитриевич
(АСА ДГТУ, г. Ростов-на-Дону)

Авторы:

А.А. Наумов, Г.А. Козлов, И.В. Мальцева, Ю.В. Терехина

Технологические расчеты и выбор оборудования при проектировании предприятий строительной керамики: учеб. пособие / А.А. Наумов [и др.]; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. – 99с.

Представлены краткие сведения по технологии стеновой керамики.

Приведены цели и задачи курсового проекта, содержание и объём расчетно-пояснительной записки, классификационные схемы глинистого сырья, методика определения основных технологических параметров производства и приложения со справочными данными.

Содержит технологические расчеты, которые выполняются при проектировании предприятий строительной керамики, представлены формы для оформления проведенных расчетов.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по программе бакалавриата и магистратуры по направлению 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство» профиля подготовки «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», изучающих дисциплину «Технология грубой строительной керамики».

УДК 691.42
ББК 38

© Наумов А.А., Козлов Г.А.,
Мальцева И.В., Терехина Ю.В., 2017.
© ДГТУ, 2017.

О г л а в л е н и е

1. Введение в технологию стеновой керамики	6
1.1. Из истории развития стеновых керамических материалов	6
1.2. Минералогический и вещественный состав глинистого сырья.....	8
1.3. Химический состав глин	11
1.4. Гранулометрический состав глин	13
1.5. Требования к сырьевым материалам	15
1.5.1. Глинистое сырье	15
1.5.2. Кремнистые породы	18
1.5.3. Добавки в шихту	20
1.6. Технологии производства керамических изделий	23
2. Курсовое проектирование. Цель и задачи, структура работы	25
2.1. Цель и задачи курсового проектирования	25
2.2. Задание по курсовому проектированию	26
2.3. Содержание и объем курсового проекта	26
2.4. Порядок выполнения проекта	27
2.5. Защита курсового проекта	28
3. Содержание пояснительной записки	28
3.1. Анализ качества глинистого сырья и составление технологического регламента производства	28
3.1.1. Вводная часть	28
3.1.2. Характеристика глинистого сырья и добавок	29
3.1.3. Разработка технологических параметров производства основных видов изделий грубой строительной керамики	31
3.1.4. Разработка состава шихты	31
3.1.4.1. Для изделий пластического формования	32
3.1.4.2. Для изделий полусухого прессования	35
3.1.4.3. Использование топливосодержащих отходов	36

3.1.5. Технологические параметры подготовки и формования изделий	37
3.1.6. Разработка и обоснование технологических схем производства	39
3.2. Технологические расчеты и подбор оборудования	40
3.2.1. Расчет расхода сырья и добавок	40
3.2.2. Расчет количества воды для увлажнения шихты до формовочной влажности	41
3.2.3. Расчет ориентировочного расхода условного топлива на сушку и обжиг 1000 шт. условного кирпича	43
3.2.4. Определение режима работы предприятия	46
3.2.5. Материальный баланс производства	46
3.2.6. Расчет производительности предприятия	49
3.2.7. Нормы запасов и складирования сырья, топлива и готовой продукции ..	50
3.2.8. Выбор глиноперерабатывающего и формующего оборудования	52
3.2.9. Расчет размеров выходного отверстия мундштука или пресс-формы формующего агрегата	56
3.2.10. Выбор сушила и расчет сушильного агрегата	57
3.2.11. Выбор обжигового агрегата	59
3.2.12. Составление аппаратурно-технологической схемы производства	62
3.2.13. Заключение по курсовому проекту	62
Библиографический список	63
Приложение 1	64
Приложение 2	86
Приложение 3	87
Приложение 4	88
Приложение 5	92
Приложение 6	93
Приложение 7	95

1. ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЮ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ

1.1. Из истории развития стеновых керамических материалов

Производство керамических изделий имеет тысячелетнюю историю. Археологами обнаружены керамические изделия, изготовленные 12-13 тыс. лет назад.

Название «керамика» происходит от греческого слова «keramos» – глина. Поэтому под технологией керамики всегда подразумевали производство материалов и изделий из глинистого сырья и смесей его с органическими и минеральными добавками. Материал, из которого состоят керамические изделия после обжига, в технологии керамики называют керамическим черепком [4].

За последние годы это понятие получило более широкое толкование, т.к. получило распространение в производстве керамики технология формования из другого минерального неглинистого сырья – из чистых оксидов (техническая керамика) и отходов промышленности (золы, углеотходы и др.). В этой связи понятие «технология керамики» получило толкование как науки о методах производства изделий из минерального сырья путем придания им камнеподобных свойств посредством обжига.

Глина издревле являлась наиболее широко распространенным простейшим материалом, который использовался как вяжущее, а также для производства керамических изделий. До новой эры технологию развития керамики можно разделить на три этапа: первый – до применения огня, когда различные изделия, в основном прикладного характера, формовали из влажной глины и сушили на солнце или воздухе, второй – связан с применением огня и печей, что позволило после сушки уже обжигать изделия, третий (1 век до н.э.) – связан с изобретением гончарного круга, когда научились изготавливать изделия тонкой керамики. Безобжиговый или сырцовый кирпич готовили в Египте и Месопотамии, области Передней Азии (Иран). Судя по дошедшим до нас изобретени-

ям, кирпич готовили из речного глинистого ила, добываемого из Нила, Тигра или Ефрата. Мелкую гальку и рубленую солому добавляли для уменьшения усадки при высыхании и для увеличения прочности. Полученную смесь – глинобетон набивали в деревянные формы-рамки, которые затем снимали. Отформованные кирпичи либо сушили несколько часов на солнце, либо сразу пускали в дело. В Египте кирпич клали на жидком глиняном растворе, а в Месопотамии сырые кирпичи клали один на другой, в результате они склеивались в монолит.

Следует отметить, что прочность сырцового кирпича доходит до 3-4 МПа, что позволяет строить из него достаточно внушительные сооружения.

На территории Руси археологи находили и находят образцы сосудов, расписной посуды, изразцов и плиток, покрытых разноцветной глазурью. В русских городах X-XIII в.в. было широко распространено гончарное ремесло. Так, один из окраинных районов Великого Новгорода даже назывался Гончарским.

Производство обожженного глиняного кирпича на Руси возникло в период расцвета Киевского государства. Начиная с середины XV в. из кирпича начинают возводить жилые дома, а в 1475 г. там появляется первый кирпичный завод с напольными печами, имеющими постоянные своды. Особенно возрастает роль кирпича как основного материала в связи с начатыми в конце XV в. работами по возведению крепостных стен, соборов и дворцов Московского Кремля. Приказом каменных дел, учрежденным в 1584 г., были введены размеры “государева” кирпича – 31,2х13,4х8,9 см, позволившие значительно разнообразить кладку, придавая ей особую выразительность. Усиливающееся стремление к декоративности архитектуры стимулировало появление фигурных керамических изделий и поливных деталей, которые, в частности, использовались при сооружении таких памятников русского зодчества, как храм Василия Блаженного (1554 – 1560 г.г.) на Красной площади в Москве (18 типов фигурного кирпича), шатровая церковь Вознесения (1532 г.) в Коломенском (9 типов фигурного кирпича) и др.

Глубокие преобразования керамического производства связаны с деятельностью Петра I. Огромный размах строительства по возведению новой столицы русского государства Петербурга, начатый в 1703 г., вызвал дальнейший прогресс в развитии кирпичного производства. В этот период водится единый для всей страны размер кирпича в сырце - 28х14х7х см. Кирпич становится основным материалом, из которого возводятся почти все элементы зданий - стены, своды, пилоны, арки, колонны и постепенно вытеснивший естественный камень. В антаблементах - наиболее сложных конструктивных частях портиков - нашли применение керамические профильные блоки и плитообразный плинф.

В период правления Екатерины II петровские заводы выпускали кирпич размером 280 х 140 х 70 мм, московские заводы – 240 х 120 х 55, 255 х 120 х 66 и 255 х 120 х 55 мм.

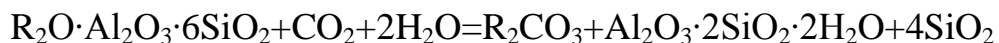
В первой половине XIX в. размеры кирпича в основном стабилизировались (255 х 121 х 66 мм), и практически приблизились к размерам обычного кирпича, выпускаемого в настоящее время. Эти размеры наилучшим образом отвечают условию перевязки кирпичей в кладке с учетом толщины швов. Кирпичи выпускали следующих видов: кирпич алый, красный, полужелезняк и железняк. Первый применяли для кладки печей, второй – стен, третий – облицовки, четвертый – для стен подвалов, цоколей и мощения дорог.

1.2. Минералогический и вещественный состав глинистого сырья

Глинистое сырье являются одним из самых распространенных видов минерального сырья, образующегося в процессе естественного выветривания (физического, химического и биологического) магматических (граниты, вулканические стекла, туфы, порфириты) или метаморфических (гнейсы) полевошпатовых горных пород.

Под действием агентов выветривания полевые шпаты (ортоклаз – $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$, альбит – $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$, анортит – $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) и

слюды, являясь природными алюмосиликатами – солями алюмокремневой кислоты, подвергаются постепенному разрушению с образованием глинистых минералов. Этот процесс называется реакцией каолинизации и обусловлен совместным разрушающим действием углекислоты и воды по схеме:



В результате каолинизации полевые шпаты превращаются в скопление мелких чешуек глинистых минералов размером менее 0,001 мм, порода становится пористой и постепенно рассыпается в порошок. Таким образом, из химических элементов в глинистом сырье, как правило, присутствуют кислород, кремний и алюминий, суммарное содержание которых достигает 80 %, а также – железо, кальций, магний, калий, натрий, титан и в составе воды и органики – водород.

Итак, глинистое сырье – это мелкообломочные осадочные горные породы, состоящие в основном из глинистых минералов - слоистых алюмосиликатов с размером частиц менее 0,001 мм и примесей [4].

Современная минералогия насчитывает 40 наименований глинистых минералов, которые объединяются в группы каолинита, монтмориллонита и гидрослюд.

Основные минералы каолиновой группы – каолинит, дикрит, накрит.

Каолинит ($Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$), наиболее распространенный минерал – имеет относительно плотное строение кристаллической решетки со сравнительно небольшим межплоскостным расстоянием 7,2 Å. Поэтому каолинит не способен присоединять и прочно удерживать большое количество воды. При сушке глинистое сырье с большим содержанием каолинита сравнительно свободно и быстро отдает воду смачивания. Размер частиц каолинита 0,001 – 0,005 мм. Каолинит мало чувствителен к сушке и обжигу, слабо набухает в воде и обладает небольшой адсорбционной способностью и пластичностью.

Основными представителями монтмориллонитовой группы являются: монтмориллонит, нонтронит, бейделит.

Монтмориλλονит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – имеет слабую связь между пакетами, расстояние между которыми составляет – 9,6-21,4 Å, и оно может возрастать под воздействием вклинивающихся молекул воды. Иначе говоря, кристаллическая решетка монтмориλλονита является подвижной (разбухающей). Поэтому монтмориλλονитовые глины способны интенсивно поглощать большое количество воды, прочно ее удерживать и трудно отдавать при сушке, а также сильно набухать при увлажнении с увеличением в объеме до 16 раз. Размеры частиц монтмориλλονита много меньше 1 мкм ($< 0,001$ мм). Эти глинистое сырье с этими минералами характеризуется высоким набуханием, пластичностью, связностью и высокой чувствительностью к сушке и обжигу.

Основными представителями минералов группы гидрослюдов являются: иллит, гидромусковит, глауконит и др.

Гидрослюды являются продуктом разной степени гидратации слюдов. В значительных количествах они встречаются в легкоплавких глинах и в небольших количествах в огнеупорных и тугоплавких глинах.

Иллит (гидрослюда) ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{MgO} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – является продуктом многолетней гидратации слюдов, и ее кристаллическая решетка сходна с монтмориλλονитом. Гидрослюды по интенсивности связи с водой занимают среднее положение между каолинитом и монтмориλλονитом. Размеры частиц гидрослюды порядка 1 мкм.

Кроме глинистых минералов в состав глинистых пород входят останки материнской породы и различные инородные материалы, которые принято называть примесями. По происхождению они разделяются на кварцевые, карбонатные, железистые, органические и щелочные окислы.

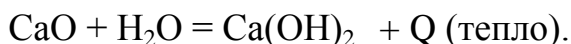
Кварцевые примеси встречаются в глине в виде кварцевого песка и пыли. Они отощают глину и ухудшают ее пластичность и формовочные свойства, хотя крупный кварцевый песок улучшает сушильные свойства глин, а мелкий – ухудшает их. В то же время, кварцевые примеси ухудшают обжиговые свойства.

ва, понижая трещиностойкость обожженных изделий при их охлаждении, снижают прочность и морозостойкость.

Карбонатные примеси встречаются в глинах в 3-х структурных формах: в виде тонкодисперсных равномерно распределенных пылеватых частиц, рыхлых и мучнистых примазок и в виде плотных каменистых частиц.

Тонкодисперсные карбонатные примеси, разлагаясь при обжиге по реакции $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$, способствуют формированию пористого черепка и снижению его прочности. Эти мелкие включения не являются вредными для стеновой керамики. Рыхлые примазки и скопления при механической переработке глины легко разрушаются на более мелкие и не снижают существенно качество изделий.

Наиболее вредными и опасными являются каменистые карбонатные включения размером более 1 мм, так как после обжига керамики эти включения остаются в черепке в виде обожженной извести, которая в последующем при присоединении влаги из атмосферы или, например, при увлажнении обожженных изделий переходит в гидроокись кальция по схеме:



Учитывая, что объем гидроокиси по сравнению с CaO увеличивается более чем в четыре раза, в черепке возникают значительные внутренние напряжения, вызывающие образование трещин. В случае, если этих включений много, возможно полное разрушение керамического изделия.

Железистые примеси окрашивают керамику в разные цвета: от светло-коричневого до темно-красного и даже черного. Органические примеси при обжиге выгорают, они существенно влияют на сушку изделия, так как вызывают большую усадку, что приводит к образованию трещин.

1.3. Химический состав глин

Содержание основных химических составляющих в глинистой породе оценивают по количественному содержанию диоксида кремния, в том числе

свободного кварца, сумме оксидов алюминия и титана, железа, кальция и магния, калия и натрия, сумме соединений серы (в пересчете на SO_3), в том числе сульфидной.

Обычно химический состав легкоплавких глин составляет, % по массе: SiO_2 – 60-85; Al_2O_3 вместе с TiO_2 – не менее 7; Fe_2O_3 вместе с FeO – не более 14; $\text{CaO} + \text{MgO}$ – не более 20; R_2O ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) – не более 7. Это не совсем согласуется с табл. 1.1

Сравнительная характеристика химического состава различного глинистого сырья приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Химический состав глин

Тип глин	Содержание, % по массе							
	SiO_2	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	п.п.п.
Огнеупорные	46-62	25-39	0,4-2,7	0,2-0,8	0,2-1	следы - 0,5	0,3-3	8-18
Тугоплавкие	53-73	16-29	1-9	0,5-2,0	0,3-2,6	следы - 0,6	0,7-3,2	4-12
Легкоплавкие	55-80	7-21	3-12	0,5-15 и более	0,5-3	следы - 3	1-5	3-15 и более

Кремнезем (SiO_2) находится в глинах в связанном и свободном состояниях. Первый входит в состав глинообразующих минералов, а второй представлен кремнеземистыми примесями. С увеличением содержания SiO_2 пластичность глин снижается, увеличивается пористость, снижается прочность обожженных изделий. Предельное содержание SiO_2 – не более 85 %, в том числе свободного кварца не более 60 %.

Глинозем (Al_2O_3) находится в составе глинообразующих минералов и слюдистых примесей. С увеличением содержания Al_2O_3 повышается пластичность и огнеупорность глин. Обычно по содержанию глинозема косвенно судят об относительной величине глинистой фракции в глинистой породе. Глинозема содержится от 10-15 % в кирпичных и до 32-35 % в огнеупорных глинах.

Оксиды щелочноземельных металлов (CaO и MgO) в небольших количествах представлены в составе некоторых глинистых минералов. При высоких температурах CaO вступает в реакцию с Al_2O_3 и SiO_2 и, образуя эвтектические расплавы в виде алюмо-кальций-силикатных стекол, резко понижают температуру плавления глин.

Оксиды щелочноземельных металлов (Na_2O и K_2O) входят в состав некоторых глинообразующих минералов, но в большинстве случаев участвуют в примесях в виде растворимых солей и в полевошпатовых песках. Они понижают температуру плавления глины и ослабляют красящее действие Fe_2O_3 и TiO_2 . Оксиды щелочных металлов являются сильными плавнями, способствуют повышению усадки, уплотнению черепка и повышению его прочности.

В качестве предельного значения соединений серы в пересчете на SO_3 принимается не более 2 %, в том числе сульфидной – не более 0,8 %. При наличии SO_3 более 0,5 %, в том числе сульфидной не более 0,3 %, в процессе испытаний глинистой породы должны определяться способы устранения высолов и выцветов на обожженных изделиях путем перевода растворимых солей в нерастворимые.

1.4. Гранулометрический состав глинистого сырья

Гранулометрический состав глинистого сырья – это распределение зерен в глинистой породе по их размерам. Обычно зерновой состав различных глинистого сырья характеризуется данными, приведенными в табл.1.2.

Таблица 1.2

Зерновой состав глинистого сырья

Тип глин	Размер частиц в мм / Содержание, % по массе					
	более 0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	менее 0,001
Огнеупорные	0-5	0-15	1-16	1-25	4-33	45-86
Тугоплавкие	0,5-15	0,5-1,5	2-27	0,5-16	4-34	18-80
Легкоплавкие	0,2-19	0,5-18	9-55	4-24	6-25	10-50

Сравнивая данные таблиц химического (табл.1.1.) и гранулометрического (табл.1.2) составов можно сделать вывод о значительных их колебаниях для различных глин, что не позволяет точно установить взаимосвязь со свойствами сырья [3, 4]. Однако имеются определенные общие закономерности. Незначительное содержание глинозема (Al_2O_3) при высоком содержании кремнезема (SiO_2) свидетельствует о большом содержании свободного кремнезема, который в основном находится в грубодисперсной составляющей глинистого сырья и является кварцевой примесью – естественной отощающей добавкой.

Для легкоплавкого глинистого сырья характерно максимальное содержание SiO_2 и плавней (R_2O , RO , Fe_2O_3) и минимальное содержание Al_2O_3 . Здесь глинозем практически полностью входит в состав глинообразующих минералов, на что указывают и данные табл. 1.2, где содержание частиц менее 0,001 мм в легкоплавких глинах наименьшее по сравнению с тугоплавкими и огнеупорными.

Повышенное содержание Al_2O_3 в глинистом сырье свидетельствует о большом количестве глинистого вещества, большей его дисперсности, и, следовательно, большей пластичности и связанности материала. Большое содержание плавней и в особенности R_2O (Na_2O и K_2O) при малом содержании Al_2O_3 свидетельствует о низкой огнеупорности глины. Чем меньше в глине содержится плавней, тем она более огнеупорна и спекается при более высоких температурах. Однако, одновременное присутствие в глине значительного количества щелочных окислов (главным образом K_2O) при одновременном высоком содержании Al_2O_3 и малом содержании других плавней может обусловить и высокую огнеупорность глин и способность спекаться при низких температурах, что дает возможность изготавливать широкий ассортимент пористых и спекшихся изделий. Таким образом, на основе знания химико-минералогического и зернового состава сырья можно приближенно оценить его свойства.

1.5. Требования к сырьевым материалам для производства стеновой керамики

1.5.1. Глинистое сырье

Основным традиционным сырьем для производства керамического кирпича служат глинистые породы и, прежде всего, суглинки в силу их распространенности.

На сегодняшний день в ГОСТ 530 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» отсутствуют четкие требования к сырьевым материалам для производства стеновой керамики. В соответствии с положениями данного нормативного документа, глинистое сырьё, кремнеземистые породы (трепел, диатомит), лессы, промышленные отходы (углеотходы, золы и др.), минеральные и органические добавки должны соответствовать требованиям действующих нормативных и технических документов на них [2, 10]. Таким образом, керамический кирпич может быть изготовлен из любого глинистого сырья и добавочных материалов, установленных самим предприятием-изготовителем.

До 2002 года испытания глинистого сырья для изготовления стеновых материалов проводились в соответствии с требованиями ОСТ 21-78-88 «Сырье глинистое (горные породы) для производства керамических кирпича и камней. Технические требования. Методы испытаний». В настоящий момент срок действия данного ОСТа истек, другой регламентирующий документ разработан и утвержден не был. Однако многие исследователи и испытательные лаборатории продолжают ориентироваться на данный документ. При оценке новых видов сырья многие положения ОСТ 21-78-88 должны быть учтены, т.к. они основаны на научном и практическом опыте предыдущих исследователей. Требования к глинистому сырью, предъявляемые ОСТ 21-78-88, следующие:

1. Содержание основных химических составляющих в глинистой породе оценивают по количественному содержанию диоксида кремния, в том числе

свободного кварца, суммы оксидов алюминия и титана, железа, кальция и магния, калия и натрия, суммы соединений серы (в пересчете на SO_3), в том числе сульфидной.

Содержание химических составляющих, % по массе, должно соответствовать приведенному ниже:

- диоксид кремния (SiO_2) – не более 85, в том числе свободного кварца – не более 60;
- сумма оксидов алюминия и титана ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$) – не менее 7,0;
- сумма оксидов кальция (CaO) и магния (MgO) – не более 20;
- сумма соединений серы в пересчете на SO_3 , не более 2,0, в том числе сульфидной серы не более 0,3.

При наличии SO_3 более 0,5 %, в том числе сульфидной более 0,3 %, в процессе испытаний глинистой породы должны определяться способы устранения высолов и выцветов на обожженных изделиях путем перевода растворимых солей в нерастворимые:

- сумма оксидов железа ($\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$) – не более 14,0;
- сумма оксидов калия и натрия ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) – не более 7,0.

При превышении установленных показателей по содержанию $\text{CaO} + \text{MgO}$, $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ или $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ пригодность породы определяют по результатам ползу заводских испытаний.

2. Показателями технологических свойств глинистой породы, определяемыми при оценке её качества, являются: естественная влажность, пластичность, гранулометрический состав, содержание крупнозернистых, в том числе карбонатных включений, минеральный состав, усадка, спекаемость и прочность обожженного изделия.

Естественную влажность, определяемую по результатам испытаний проб, отобранных на месторождении, не регламентируют.

Глинистая порода должна иметь число пластичности не менее 7.

Содержание в глинистой породе тонкодисперсной фракции менее 1 мкм должно быть более 15 %, фракция менее 10 мкм – более 30 % по массе, содержание фракции 0,01 – 0,5 мм определяется, но не регламентируется.

Содержание в глинистой породе крупнозернистых (размер частиц свыше 0,5 мм) включений размером более 5 мм не должно превышать 5 % по массе.

Содержание в глинистой породе карбонатных включений (в крупнозернистых включениях) не должно превышать величину указанных в табл. 1.3.

Усадку, характеризующую линейным сокращением образцов, определяют, но не регламентируют.

Водопоглощение обожженного черепка (без признаков пережога), характеризующее спекаемость, должно больше 6 % для обычного кирпича и меньше 6 % для клинкерного.

Окончательно все виды глинистого сырья оценивают по результатам заводских испытаний.

Таблица 1.3

Допустимое содержание в глинистой породе карбонатных включений

Размер карбонатных включений, мм	Содержание карбонатных включений, % по массе, в зависимости от их активности (содержание $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ в карбонатных включениях, %)		
	Высокоактивные (более 70)	Среднеактивные (50 – 70)	Малоактивные (менее 50)
Св. 0,5 до 1	0,5	0,8	3,0
1 – 2	0,1	0,4	2,0
2 – 3	0,05	0,1	0,5
Св. 3	Не допускается		

Классификацию глинистого сырья проводят по ГОСТ 9169-75 «Сырьё глинистое для керамической промышленности. Классификация».

Таким образом, пригодность глины для производства керамического кирпича определяют исходя из минерально-петрографической характеристики, химического состава, показателей технологических свойств и рациональной характеристики [10].

Несмотря на широкое распространение глинистых пород, качественное сырье во многих регионах, и особенно в Южном Федеральном Округе, встречается достаточно редко. В ЮФО в настоящее время, разрабатывается лишь одно месторождение огнеупорных и тугоплавких глин – Владимировское, керамические свойства которого отвечают всем необходимым требованиям. Однако, и в эти глины при производстве лицевого кирпича необходим ввод добавок, снижающих высолообразование. Большинство кирпичных заводов испытывает трудности именно с сырьем. Объясняется это несколькими причинами. Во-первых, большая часть качественного глинистого сырья для получения стеновой керамики уже выработана. Предприятиям приходится использовать сырье, содержащее карбонатные, сернистые примеси, обладающее неудовлетворительными керамическими свойствами (высокой чувствительностью к сушке, большой усадкой и т.д.).

Во-вторых, в силу своего генезиса, суглинки, имея небольшую мощность отложений и покрывая почти сплошным чехлом дочетвертичные породы, очень изменчивы по вещественному составу и свойствам. Следствием этого является усложнение технологии, применение различных регулирующих добавок и весьма ограниченный выпуск лицевых керамических изделий. Кроме того, месторождения суглинков, как правило, находятся на пахотных землях, что в современных условиях землепользования создает значительные трудности для недропользователей. Многими исследователями [3-5] подчеркивается, что расширение сырьевой базы является важным фактором развития отрасли керамических стеновых материалов.

1.5.2. Кремнистые породы

Опоки, трепелы и диатомиты – это кремнистые осадочные породы, состоящие полностью или более чем на 50 % из аморфного кремнезема. Их химический состав, %: SiO_2 – 70-85; Al_2O_3 – 5-13; Fe_2O_3 – 2-5; CaO – 0,5-5; MgO – 0,5-3; п.п.п. – 4-8.

В настоящее время кремнистые породы практически не используются для получения стеновой керамики. В качестве сырья, диатомиты используют лишь единичные заводы. На опоках и опокovidных породах не работает ни один завод. В прошлом, диатомиты и трепелы достаточно широко использовались для производства легковесного кирпича, и это было вполне обосновано, рационально и прагматично, учитывая свойства получаемых изделий и распространенность кремнистых пород.

При использовании кремнистых пород для производства стеновой керамики, требования к ним, по данным различных источников неоднозначны. Требования, которые предъявляются к кремнистым породам (прежде всего по вещественному составу), как к сырью для производства легковесного кирпича и термолита, обозначенные в «Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Кремниевые породы» представлены в табл. 1.4.

Как видно, требования к кремнистому сырью, даны лишь в самом общем виде. Тем более что в настоящее время нет нормативного документа регламентирующего понятие «легковесный строительный кирпич». ГОСТ 648-41 «Легковесный строительный кирпич» давно отменен. Единых требований к качеству диатомитов, опок и трепелов не существует, каждая отрасль предъявляет к ним свои специфические требования. Для производства строительного кирпича и термолита желательно присутствие глинистого материала и окислов. Наиболее оптимальными в этом случае являются породы с содержанием активного кремнезема в пределах 40-70 %, глинистого материала (желательно монтмориллонитового и бейделлитового состава) – 20-50 %, обломочного до 10 %, карбонатного – не более 10-15 %.

Одним из важнейших свойств керамического сырья является способность к спеканию. Наиболее полно эта способность для кремнистых пород изучена при получении термолита. Лучшим кремнистым сырьем для получения термолитовых заполнителей являются те породы, которые содержат легкоплавкие

глинистые примеси. При обжиге они характеризуются «жидкостным» спеканием, а полученный термолит высокой прочностью при сжатии. Обычно эти породы имеют большой температурный интервал обжига и в зависимости от степени спекания позволяют получать из одной породы 2-3 вида заполнителей с различными физико-механическими свойствами.

Таким образом, вывод о пригодности кремнистого опоковидного сырья для производства изделий стеновой керамики необходимо обосновывать результатами тщательного изучения пород с учетом предполагаемой технологии. При этом необходимо учитывать возможности корректировки как сырцовых, так и послеобжиговых свойств изделий посредством ввода различных добавок и технологических параметров производства.

При большом научно-практическом опыте, по изучению и исследованию сырьевой базы для производства стеновой керамики, существующие методики испытаний и нормативная документация, регламентирующие основные требования, имеют ряд существенных недоработок и недостатков, что приводит к неоднозначности определения пригодности той или иной породы для производства стеновых изделий, отрицательно сказывается на результатах испытаний сырья и, впоследствии, на качестве выпускаемой продукции. Так, до настоящего времени не существует общепринятой методики испытания сырья при полусухом способе прессования изделий. Проектно-конструкторские организации руководствуются достаточно устаревшим документом при проектировании кирпичных заводов – «Временное руководство по проектированию предприятий по производству кирпича и камней керамических. Нормы технологического проектирования» (Москва, 1989 г.) [1].

Для опоковидных пород, как и для глинистых, сложность заключается в трудности установления строгой зависимости между свойствами сырья и свойствами продукции. Пригодность сырья, в конечном итоге, устанавливается по качеству готовых изделий.

Таблица 1.4

Требования к качеству кремнистого опал-кristобалитового сырья

Область применения	Качественный тип	Тип сырья	Компонентный состав (процентное отношение): опал – глина – песок – карбонат	Химический состав, %				Средняя плотность, г/см ³	Характерные месторождения
				SiO ₂ общ.	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO		
Легковесный строительный кирпич	ВК НК	Д, Т Д, Т, О	< 70: < 40: < 15: < 5 > 30: > 20: < 25: < 10	70-80	5-10	–	< 2	0,9-1,2	Потанинское (Челябинская обл.)
				< 85	3-15	–	< 7	0,9-1,2	
Термолит	ВК НК	О, Д, Т О, Д, Т	50-75: 20-40: 2-8: < 5 40-90: 5-60: < 20: 5-12	60-75	5-10	2-8	< 10	0,7-1,2	Шадринское (Курганская обл.)
				> 75 или < 60	> 10 или < 5	< 2 или > 8	< 10	–	

Примечание. ВК – высоко-, НК – низкокondиционное сырье; Д – диатомиты, О – опоки, Т – трепелы

1.5.3. Добавки в шихту

Современное производство ориентируется на высокую степень автоматизации и интенсификации сушки и обжига, что требует стабильности всех теплотехнических параметров. Это вызывает необходимость тщательной корректировки массы и создания искусственных многокомпонентных смесей, обеспечивающих заданные формовочные, сушильные и другие технологические свойства [5-7].

В глинистое сырье для регулирования его свойств вводят различные добавки, которые разделяются на отощающие, пластифицирующие, флюсующие (плавни), топливосодержащие, порообразующие или выгорающие, уменьшающие высаливание растворимых солей, окрашивающие черепок при производстве лицевых изделий [4, 5].

Отощающие добавки (кварцевый песок, шамот, дегидратированная глина, керамзитовая крошка, золы ТЭС, шлаки фосфорного производства, ваграночный шлак, флотационные хвосты обогащения апатитовых руд и др.) служат для отошения массы, улучшают сушку за счет снижения воздушной усадки и структурных дефектов при формовании, снижения формовочной влажности.

Пластифицирующие добавки (высокопластичная глина, бокситовый шлам, поверхностно-активные вещества типа ЛСТ, СДБ, бентонит) применяют для пластифицирования шихты и улучшения формовочных свойств при меньшем расходе воды.

Флюсующие добавки (бой легкоплавкого стекла, пиритные огарки, золы ТЭС, полевые шпаты, железная руда, доломит, магнезит, тальк, мел, нефелин-сиенит, перлит) – это плавни, которые вводят с целью снижения температуры обжига керамических изделий.

Топливосодержащие добавки (уголь, отходы углеобогащения коксохимических производств, негорелые породы из терриконов угольных шахт) вводят с

целью экономии топлива, а также повышают спекаемость, создают дополнительную пористость в черепке.

Порообразующие или выгорающие добавки (уголь каменный, бурый, антрацит, опилки, торфяная пыль, солома, растительные отходы сельскохозяйственной переработки в виде шелухи гречихи и других зерновых, лузги подсолнуха) служат для увеличения пористости черепка и повышения теплофизических свойств керамических изделий. Кроме того, они армируют глиняную массу, улучшают формовочные свойства, повышают трещиностойкость при сушке, однако снижают прочность изделий и повышают их водопоглощение.

1.6. Технологии производства керамических изделий

Стеновые керамические изделия производятся различными способами формования – в зависимости от реологических, физико-химических свойств сырья, карьерной влажности и плотности, чувствительности к сушке и т.д. Имеет значение также предполагаемый ассортимент продукции и возможности того или иного комплекта оборудования.

При пластическом методе формования влажность шихты соответствует нормальной формовочной и в зависимости от свойств глинистого сырья находится в пределах 18-22 %. При жестком методе формования формовочная влажность на 3-4 % ниже, чем при пластическом. Полусухой способ производства изделий предусматривает формование изделий из сыпучих масс влажностью 7-10 %.

Добыча, переработка и хранение глинистого сырья во всех случаях аналогичны и производятся в соответствии с эксплуатационными условиями месторождения глины. Аналогичными являются также методы контроля и испытания глинистого сырья. Пластический способ формования, хотя и самый сложный, традиционно получил наибольшее распространение. Этим способом можно изготавливать кирпич, керамические камни и даже плиты и панели с пустотностью до 70 %. При этом способе пресс выдает непрерывный брус заданного

профиля, который разрезается на изделия с последующей укладкой их на рейки, затем сушкой в камерных и туннельных сушилках, перекладкой на печные вагонетки и обжигом в кольцевых или туннельных печах.

При полусухом способе производства – подготовленный пресс-порошок уплотняется в коленорычажных или гидравлических прессах. Полусухой способ производства кирпича начал распространяться на заводах страны в 50-е годы XX века, однако длительное время считался неперспективным. В конце 70-х начале 80-х годов технология переработки глины была усовершенствована, после чего этот способ вновь стал рекомендоваться для строительства заводов. Преимуществом традиционного полусухого способа производства является отсутствие перекладки кирпича-сырца с сушильной на печную вагонетку, возможность использовать как обычные глинистые породы, в том числе с карбонатными включениями, так и плотные трудноразмокаемые (глинистые сланцы, отходы угледобычи и углеобогащения), а недостатком – невозможность производства эффективных и высокопустотных изделий, запыленность производственных помещений, низкая производительность прессов полусухого прессования.

Американская фирма «J.C. Steele & Sons, Inc.» на протяжении 70 лет является основным разработчиком технологии и оборудования «жесткой» экструзии и почти монопольно владеет мировым рынком. «Жесткий» метод дает возможность экструдировать глинистое сырье при влажности 12-18 % (оптимальная влажность 14-16 %), поэтому при сушке требуется удалить меньше влаги. Общая усадка при этой технологии не выше 4-5 %, что положительно влияет на качество кирпича, стабильность и прочность садочного пакета.

В последние годы для формования клинкера и полнотелого лицевого кирпича в Западной Европе используется технология «Soft mud». Оборудование для такого формования производится голландской фирмой Де Бур (De Boer B.V.). Формование осуществляется при влажности формовочной массы 30-33

%. Этот способ позволяет изготовить изделия, имитирующие старинные, сформованные вручную.

С целью определения наиболее эффективного способа производства необходимо провести сравнение вариантов и выбрать более подходящий для определенного глинистого сырья, принимая во внимание экономическую составляющую производства.

2. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ, СТРУКТУРА РАБОТЫ

2.1. Цель и задачи курсового проектирования

Курсовое проектирование – одна из наиболее активных форм учебного процесса. Цель курсового проектирования – закрепить знания, полученные студентами на лекциях, в лаборатории кафедры и во время производственной практики на заводах, а также подготовить их к выполнению дипломного проекта путем ознакомления с основами технологического проектирования производств керамических материалов.

Задачи курсового проектирования следующие:

- определение условий эксплуатации изделий, выпускаемых проектируемым предприятием, а также вытекающих из этих условий требований соответствующих ГОСТов, ТУ и др.;
- оценка сырья и его пригодности для производства данного вида изделий;
- выбор и обоснование технологического процесса (вещественного и зернового состава массы, содержания и последовательности отдельных переделов производства и т.д.), а также основного производственного оборудования;

– технологические расчеты производства, определение режима работы завода, составление материального баланса, технологический расчет оборудования;

– разработка проектных решений – компоновки оборудования.

Выполняя курсовой проект, студент должен научиться пользоваться технической и справочной литературой, ГОСТами, правильно оформлять чертежи и составлять пояснительную записку. Это расширяет кругозор студента, и он несет ответственность за принятые в проекте решения, правильность вычислений и оформление проектных материалов.

При выполнении курсового проекта студент должен исходить из сложившихся рыночных отношений – увеличения производительности труда, улучшения качества, снижения стоимости строительства, повышения степени его индустриализации. В проекте следует применять новейшие технологические решения, наиболее совершенные материалы и тепловые агрегаты.

2.2. Задание по курсовому проектированию

Каждый студент выполняет курсовой проект по индивидуальному заданию. Темой является проект керамического предприятия, начиная со склада сырья и кончая складом готовой продукции. В задании указывают производительность и ассортимент продукции.

2.3. Содержание и объем курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

Объем пояснительной записки должен составить 30-40 страниц текста, включающего следующие части проекта:

1. Введение.
2. Характеристики глинистого сырья и добавок.

3. Разработка технологических параметров производства основных видов изделий грубой строительной керамики.

4. Материальный баланс производства.

5. Доставка и хранение сырья.

6. Выбор перерабатывающего и формующего оборудования.

7. Выбор сушильного агрегата.

8. Выбор печи для обжига продукции.

9. Выводы по содержанию курсового проекта.

10. Список используемой литературы.

Оформляется пояснительная записка в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе» [11].

По тексту пояснительной записки и в соответствующих местах необходимо сделать ссылки на используемую литературу, а также на таблицы, рисунки, чертежи, которые должны иметь номера и названия.

2.4. Порядок выполнения проекта

Для успешной работы над курсовым проектом рекомендуется придерживаться следующей последовательности:

1. ознакомиться с заданием, настоящим пособием, на консультации с преподавателем уточнить особенности разработки заданной темы;

2. изучить литературу по теме курсового проекта и составить краткие аннотации прочитанных статей;

3. изучить номенклатуру продукции, подлежащей выпуску, ее технические свойства согласно действующему стандарту и конкурентоспособности.

Студенты выполняют перечисленные разделы проекта самостоятельно при регулярном посещении консультаций преподавателя.

2.5. Защита курсового проекта

Курсовой проект студент защищает перед комиссией, которая принимает и оценивает проект с учетом качества выполнения пояснительной записки и графической части выбранной технологической схемы.

К защите проекта студент допускается лишь при наличии на титульном листе допуска к защите и на чертежах подписи руководителя проекта.

Для защиты следует подготовить доклад на 10 мин, в котором надлежащим образом изложить содержание основных разделов проекта.

3. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

3.1. Анализ качества глинистого сырья и составление технологического регламента производства

3.1.1. Вводная часть

Вводная часть курсового проекта должна содержать обзор современного состояния производства грубой строительной керамики и включать следующее:

- виды изделий грубой строительной керамики и основные требования к ним в соответствии с действующими стандартами;
- типы сырья и добавок, их назначение;
- способы добычи и хранения сырьевых материалов;
- основные виды транспортирующего и дозирующего оборудования для глинистого сырья и добавок;
- виды основного технологического оборудования с указанием принципа работы;
- виды сушильных и обжиговых агрегатов с краткой характеристикой и принципом работы;

– оборудование, используемое для автоматизации основных технологических переделов производства (резки бруса, укладки на сушильные и обжиговые вагонетки, пакетировки сырца и обожженного кирпича).

Также во введении необходимо изложить основные задачи по развитию отрасли и показать актуальность и целесообразность проектирования заданного объекта.

Вводная часть должна заканчиваться формулировкой задач проекта и его отличительных особенностей.

3.1.2. Характеристика глинистого сырья и добавок

Для выполнения курсового проекта в прил. 1 и 2 представлены результаты исследований 26 проб различных месторождений глинистого сырья и 30 проб топливосодержащих отходов перерабатывающей промышленности.

В курсовом проекте по этим данным должна быть приведена полная характеристика глинистого сырья и добавок для заданного варианта в виде таблиц с выводами по результатам исследований глинистого сырья.

Классификация глинистого сырья

Для заданного варианта глинистого сырья необходимо провести классификацию [9] по следующим параметрам:

- количеству и размеру крупнозернистых включений;
- активности карбонатных включений;
- пластичности, содержанию тонкодисперсной фракции;
- содержанию оксида алюминия и оксидов железа в прокаленном состоянии, содержанию свободного кремнезёма;
- содержанию водорастворимых солей;
- степени спекания и огнеупорности;
- чувствительности к сушке;
- механической прочности в сухом состоянии.

Классифицировать сырьё по ГОСТ 9169 – 75 «Сырьё глинистое для керамической промышленности. Классификация». Справочные данные по активности карбонатных включений и чувствительности к сушке даны в прил. 3.

Перед проведением классификации глинистого сырья необходимо выполнить для заданного варианта (прил. 1) следующие вычисления:

- определить общий остаток крупнозернистых включений на сите 0,5мм (в %), путём сложения частных остатков на всех указанных ситах (табл.2);
- определить пластичность глинистого сырья путём вычитания влажностей нижней границы текучести и границы раскатывания (табл.3);
- найти сумму оксидов металлов, SO_3 потери при прокаливании ($\sum a_i$) и пересчитать Al_2O_3 и Fe_2O_3 на прокаленное вещество по формуле:

$$x = \frac{100 a_i}{\sum a_i - c}, \quad (3.1),$$

где x – содержание компонента Al_2O_3 или Fe_2O_3 в прокаленном веществе, %; a_i – содержание этого же компонента в глинистом сырье до прокаливании (как указано в табл.5); $\sum a_i$ – сумма оксидов в %, по данным анализа; c – потери при прокаливании (п.п.п.), %;

– определить содержание водорастворимых солей путём сложения катионов и анионов ионного состава водной вытяжки, мг·экв (табл. 6);

– в табл. 9 привести данные по огневой усадке образцов, %, путём вычитания из общей усадки (табл. 7) воздушной усадки (табл. 8), а также определить водопоглощение образцов (табл. 7), соответствующее указанной в табл. 9 температуре обжига.

Характеристика добавочных материалов

Для корректировки свойств сырья можно использовать любые виды добавок, с обязательным обоснованием необходимости их применения.

3.1.3. Разработка технологических параметров производства основных видов изделий грубой строительной керамики

Определение пригодности сырья для производства стеновых керамических изделий.

Должна быть определена пригодность глинистого сырья в чистом виде для производства следующих видов продукции:

- кирпича полнотелого (с технологическими пустотами) пластического и полусухого прессования;
- кирпича жесткого формования;
- кирпича (камней) пластического формования с пустотностью $> 25 \%$;
- лицевого кирпича;
- черепицы.

Установить, по каким параметрам возможно использовать сырье в чистом виде (для каждого вида продукции) и какие свойства необходимо корректировать [2, 3].

3.1.4. Разработка состава шихты

Состав шихты определяется по следующим показателям качества глинистого сырья:

- пластичности;
- гранулометрическому составу;
- механической прочности на изгиб в сухом состоянии образцов-балочек;
- чувствительности к сушке;
- воздушной и общей усадке;
- прочности обожженных образцов;
- внешнему виду образцов после сушки, обжига, пропаривания и капиллярного подсоса;

– морозостойкости и водопоглощению.

С учётом указанных показателей необходимо обосновать введение каждого компонента и определить его влияние на свойства глиномассы и качественную характеристику изделий.

Состав шихты определяют с помощью тройных диаграмм грансостава глинистого сырья (прил. 4). В конце раздела указывают состав шихты в массовых и объёмных процентах.

3.1.4.1. Для изделий пластического формования

Главная цель подбора шихты заключается в том, чтобы формовочной массе придать оптимальный гранулометрический состав, пластичность, влажность и пористость, создать в сформированном изделии крупные поры и капилляры, ускоряющие сушку и предохраняющие изделия от трещин и деформаций. Отощитель, добавляемый в нужном количестве и соответствующей крупности и равномерно распределённый в глинистой массе, придаёт изделию такие свойства, которые способствуют нормальному течению физических процессов формования, сушки и обжига. Количество, крупность и вид отощителя определяет величину и скорость увлажнения, сушки, связующую способность, усадку и деформируемость сырца, водопоглощение, а также прочность изделия [4].

При выборе отощающих добавок необходимо учитывать, что тонкие и мелкие пески и другие добавки с высоким содержанием пылеватой фракции не создают в глинистой массе крупных пор и капилляров. Для повышения влагопроводности массы необходимо, чтобы содержание фракций менее 0,2 мм в отощающих добавках не превышало 20 %.

Основным критерием, определяющим нормальное течение физических процессов в изделии, является оптимальное соотношение глинистых и песчаных частиц, т.е. оптимальный гранулометрический состав и пластичность формируемой массы. Оценка пригодности глинистого сырья по результатам грануло-

метрического анализа позволяет ориентировочно определить оптимальный состав массы. В прил. 4 представлены тройные диаграммы грансоставов, в которых выделены области рекомендованных керамических масс для полнотелого и пустотелого кирпича и керамических камней, указаны области, определяющие сроки сушки изделий.

Оптимальный состав массы можно рассчитать по правилу «рычага» (прил. 4). Например, имеется проба глинистого сырья, гранулометрический состав которой соответствует точке А на диаграмме, и требуется разработать шихту для производства керамических камней. Из анализа тройной диаграммы следует, что указанная проба содержит недостаточное количество песчаной фракции и необходимо введение отощающей добавки для перемещения грансостава в область рекомендуемых масс. Процент добавки рассчитывается как отношение расстояния от точки А до точки желаемого грансостава смеси (например, т. В) к расстоянию от точки А до вершины треугольника, соответствующей стопроцентному содержанию песчаной фракции:

$$\% \text{добавки} = \frac{AB}{AC} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

Следовательно, состав шихты, % по массе, будет представлен:

глинистое сырьё – х;

добавка – у.

Так как при производстве грубой керамики принято объёмное дозирование, то необходимо пересчитать состав шихты с массовых процентов на объёмные по формуле:

$$A = \frac{X}{\rho_x \left(\frac{X}{\rho_x} + \frac{Y}{\rho_y} \right)} \cdot 100, \%, \quad (3.3)$$

где А – содержание глинистого сырья, % по объёму; X – содержание глинистого сырья, % по массе, Y – содержание добавки, % по массе; ρ_y – насыпная плотность добавки, т/м³; ρ_x – насыпная плотность глинистого сырья, т/м³.

Вид добавки (крупнозернистой или пылеватой) принимают по приложению 5.

Количество добавки в процентах по объёму (D) определяется по формуле:

$$D = 100 - A, \%. \quad (3.4)$$

Чем выше пластичность глинистого сырья, тем больше нужно добавить отощителя для получения его оптимального значения. Однако количество отощающих добавок в каждом отдельном случае зависит не только от числа пластичности и гранулометрического состава, но и от минерального состава глинистой фракции. В табл. 3.1 приведены допустимые количества отощающих добавок при изменении пластичности глинистого сырья.

Таблица 3.1

Рекомендуемое количество отощающей добавки в зависимости от пластичности глинистого сырья

Число пластичности, %	7-10	10-15	15-20	20-24
Добавка отощителя, % по объёму	до 25	10-35	35-45	45-55

Если количество добавки отощителя, выбранное по табл. 1 (прил. 5), больше выбранного по тройной диаграмме, то принимается количество добавки отощителя, выбранное по тройной диаграмме.

Если количество добавки отощителя, выбранное по таблице (прил. 5), меньше чем выбранное по тройной диаграмме, то для обеспечения формуемости глиномассы, прочности сырца и обожжённого кирпича, необходимо вместе с отощающей добавкой вводить пластифицирующую в виде каолинито-гидрослюдистой глины или ПАВ.

Если прочность обожжённых образцов из чистой глины (вариант из прил. 1, табл. 9) при сжатии и изгибе соответственно менее 10 и 5 МПа, то необходимо вводить в состав шихты флюсующие добавки.

Таким образом, должен быть уточнён состав шихты и записан в объёмных процентах:

глинистое сырьё – A ;

$$\left. \begin{array}{l} \text{добавка I} - D_1 \\ \text{добавка II} - D_2 \\ \text{добавка III} - D_3 \end{array} \right\} D;$$

Количество компонентов в составе шихты не должно превышать четырёх.

3.1.4.2. Для изделий полусухого прессования

Для кирпича полусухого прессования применяются, в основном, тощие глины, содержащие значительное количество песка. Дисперсность глинистого сырья, пригодного для производства кирпича полусухого прессования, представлена на диаграмме в прил. 4.

Химический состав глинистого сырья:

SiO_2 – 51,0-80,0 %;

Al_2O_3 – 7,5-14,0 %;

Fe_2O_3 – 2,0-7,0 %;

CaO – 0,63-10,0 %;

MgO – 0,1-3,5 %.

Пластичность глинистого сырья – менее 8;

воздушная усадка – до 6 %;

огневая усадка – до 1%.

Если глинистое сырьё не соответствует рекомендуемым параметрам, то необходимо корректировать его свойства путём введения добавок: отощающих, пластифицирующих или флюсующих, т.е. создавать искусственную глиномассу.

В качестве отощающих добавок, снижающих воздушную и огневую усадки, рекомендуется вводить песок с $M_k < 1$, а с целью повышения прочности и морозостойкости изделий – топливосодержащие добавки: золошлаковые отходы, отходы углеобогащения и угледобычи.

С целью повышения прочности при производстве лицевого кирпича рекомендуется наряду с отощающей добавкой вводить в виде шликера или порошка каолинитовую глину (5-8 %).

При введении добавок более 15 % или в виде шликера необходима предварительная пластическая переработка глиномассы с последующей грануляцией и подсушкой гранул.

3.1.4.3. Использование топливосодержащих отходов

Соотношение минеральной и органической частей в топливосодержащих отходах определяется их зольностью, которая находится в пределах 55-80 %. Содержание углерода в отходах зависит от обогатимости пород и составляет 1-30 %.

О содержании углерода (C) можно судить по зольности:

$$C = 83 - 0,89 \cdot A^c, \quad (3.5)$$

где A^c – зольность топливосодержащих отходов.

Топливосодержащие отходы с содержанием углерода до 5 % можно использовать в качестве основного сырья при изготовлении пустотелого кирпича как способом пластического формования, так и полусухого прессования.

При увеличении содержания углерода более 5 % их можно использовать как выгорающую добавку. Кроме содержания углерода в топливосодержащих отходах необходимо учитывать содержание серы в пересчёте на SO_3 и степень метаморфизма, соответствующую марке угля. Определение количества и вида отходов производится в зависимости от свойств природного глинистого сырья.

Топливосодержащие отходы можно использовать как отощающую, выгорающую и частично пластифицирующую добавки. При использовании отходов в качестве отощающей добавки, содержание фракции менее 0,2 мм не должно превышать 20 %. При использовании топливосодержащих отходов в качестве

основного сырья необходимо учитывать пластичность отходов, которая должна быть не менее 5.

3.1.5. Технологические параметры подготовки и формования изделий

Для получения качественных керамических изделий необходимо соответствующим образом подготовить глиняную массу, сформовать из неё изделия, высушить и обжечь. Соответствующая подготовка глиномассы определяется набором и последовательностью установки в технологической линии глиноперерабатывающих машин, что зависит от структурных и керамических свойств глинистого сырья, его засорённости, вида вводимых добавок и выпускаемой продукции.

Тонкость измельчения сырья и добавок должна быть определена в зависимости от вида продукции (полнотелый кирпич, пустотелый, лицевой, черепица), от способа формования изделий (экструзионный, компрессионный), от активности карбонатных включений, вида и назначения добавок. Необходимая степень измельчения глиномассы в зависимости от содержания и активности карбонатных включений, а также пустотности изделий представлена в табл. 3.2 и 3.3.

Интенсивность переработки зависит от плотности сырья, соотношения сырья и добавок, вида продукции. Технологические параметры формования изделий должны быть установлены в соответствии со способами формования (пластический, жесткий, полусухой).

Основные технологические параметры производства изделий определяются по результатам исследований глинистого сырья (прил. 1), характеристике добавок (прил. 2 и 5), а также по прил. 6.

Основные технологические схемы производства керамического кирпича (камней) представлены в части 2 пособия. Оформление технологического регламента производства керамического кирпича приведено в прил. 7.

Таблица 3.2

Степень измельчения глиномассы при наличии карбонатных включений

Максимальный размер зёрен, мм, после измельчения	Содержание карбонатных включений, %	Активность карбонатных включений, %	Основной вид измельчающего оборудования
2 - 3	0,05 0,10 0,50	Более 70 50 - 70 Менее 50	Вальцы тонкого помола с зазором между валками 2 мм
1 - 2	0,1 0,4 2,0	Более 70 50 - 70 Менее 50	Вальцы тонкого помола с зазором между валками 1 мм
1 - 0,5	0,5 0,8 3,0	Более 70 50 - 70 Менее 50	Последовательно установленные вальцы тонкого помола с зазором 1 и 0,6 мм или шахтная мельница
0,5 - 0,25	0,7 1,0 4,0	Более 70 50 - 70 Менее 50	Шахтная мельница или установка «Баскей»

Таблица 3.3

Степень измельчения глиномассы в зависимости от пустотности керамических изделий при их формовании способом экструзии

Пустотность керамического кирпича (каменей), %	Максимальный размер зёрен глиномассы, мм, после измельчения	Основной вид измельчающего оборудования
0 – 13	3	Вальцы грубого помола с зазором между валками 3 мм
14 – 25	2	Вальцы тонкого помола с зазором между валками 2 мм
25 – 35	1 – 1,5	То же, с зазором 1 мм
35 – 45	0,8 – 1	То же, с зазором 0,8 - 1 мм
Более 45	0,5	Последовательно установленные вальцы тонкого помола с зазором 1 и 0,6 мм или установка «Каскад»

3.1.6. Разработка и обоснование технологических схем производства изделий

Должны быть определены виды технологического оборудования и последовательность их установки, которые обеспечивают установленные технологические параметры производства различного вида изделий [1, 7, 8].

При разработке технологических схем необходимо учитывать:

- карьерную влажность глинистого сырья;
- влажность добавок, поступающих на производство;
- плотность сырья;
- состав шихт;
- способ подготовки масс, установленную тонкость измельчения сырья и интенсивность переработки, которые должны быть подтверждены соответствующим набором технологического оборудования;
- способ формования для определения формующего оборудования;
- вид обжигового агрегата.

Рекомендуемые технологические схемы для различного вида сырья представлены в лекционном материале и уточняются преподавателем.

Для каждого вида продукции должна быть представлена своя технологическая схема последовательно установленного оборудования.

С целью определения и обоснования наиболее эффективного вида продукции и способа производства необходимо провести сравнение разработанных вариантов технологических схем и обоснование наиболее эффективного вида продукции и способа производства.

Практически из любого глинистого сырья, используя его в качестве основного (при содержании $> 50 \%$), возможно получить любые виды стеновых керамических изделий. При анализе вариантов и выборе оптимального необходимо обращать внимание на степень сложности схемы (насыщенность технологическим оборудованием), ее энергоемкость, на количество и вид добавок,

обеспечивающих получение продукции, сложность их переработки при составлении шихты.

Результаты анализа должны быть сведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Анализ вариантов производства керамических изделий

Вариант	Вид продукции	Состав шихты	Технологическое оборудование, шт.			Сушка изделий		Обжиг изделий		
			переработка глины	переработка добавок	переработка шихты	тип сушилки	время сушки, ч	тип печи	срок обжига, ч	температура обжига, °C

Выбор варианта основывается на результатах таблицы, наличии спроса на выбранный вид продукции и другие положительные стороны предлагаемого варианта.

В заключение раздела приводятся следующие данные по выбранной технологии:

- вид продукции (внешний вид и размеры);
- техническая характеристика согласно ГОСТу, основываясь на качестве глинистого сырья и выбранной технологии производства;
- технологическая схема производства;
- основные технологические параметры производства выбранного изделия.

3.2. Технологические расчеты и подбор оборудования

3.2.1. Расчёт расхода сырья и добавок

Расход шихты в разрыхленном состоянии в м³ для получения 1000 шт. усл. кирпича в уплотненном состоянии:

$$V_{\text{ш}} = 1,95 \cdot (1 - P) \cdot K_y / (1 - d_0), \quad (3.6)$$

где 1,95 – объем 1000 штук условного кирпича;

P – пустотность кирпича в долях единицы;

K_y – коэффициент уплотнения шихты (при пластическом формовании он равен 1,4; при полусухом и жёстком 1,5);

d_0 – общая объемная усадка кирпича в долях единицы,

$$d_0 = 3d_{л} - 3d_{л}^2, \quad (3.7)$$

где $d_{л}$ – объемная линейная усадка кирпича в долях единицы.

Расход компонентов шихты в разрыхленном состоянии в m^3 на 1000 шт. усл. кирпича:

$$\text{глины} \quad V_r = N_r \cdot V_{ш}; \quad (3.8)$$

$$\text{добавки} \quad V_d = N_d \cdot V_{ш}; \quad (3.9)$$

где N_r и N_d – доля глины и добавок в составе шихты по объему.

Определение массы сформованного сырца.

Масса сформованного сырца:

$$M_c = V_c \rho_c = 1,95 \cdot \rho_c / (1 - 3d_{л} + 3d_{л}^2), \quad (3.10)$$

где ρ_c – плотность сформованного полнотелого сырца,

$$\rho_c = \rho_k (1 - d_0) / (1 - W_{\phi}/100) (1 - \text{ППП}/100), \quad (3.11)$$

где W_{ϕ} – относительная формовочная влажность, %;

ППП – потери при прокаливании, %.

Для пустотелых изделий все расчетные показатели уменьшаются пропорционально пустотности.

3.2.2. Расчет количества воды для увлажнения шихты до формовочной влажности

Количество воды, необходимое для увлажнения шихты до формовочной влажности (на 1000 шт. усл. кирпича), определяется разностью между формовочной влажностью шихты и влажностью ее компонентов, хранящихся на складе сырья.

Уточнённый состав шихты в долях компонентов:

глина	– N_{Γ} ;
топливосодержащая добавка	– $N_{\text{тд}}$;
отошающая добавка	– $N_{\text{од}}$;
пластифицирующая добавка	– $N_{\text{пд}}$;
флюсующая добавка	– $N_{\text{фд}}$,

1. Расход компонентов шихты на 1000 шт. усл. кирпича:

$$\text{глины} \quad V_{\Gamma} = N_{\Gamma} \cdot V_{\text{ш}} ; \quad (3.12)$$

$$\text{топливосодержащих добавок} \quad V_{\text{тд}} = N_{\text{тд}} \cdot V_{\text{ш}} ; \quad (3.13)$$

$$\text{добавок} \quad V_{\text{д}} = N_{\text{д}} \cdot V_{\text{ш}} ; \quad (3.14)$$

где $V_{\Gamma}, V_{\text{тд}}, V_{\text{од}}$ – содержание компонентов в составе шихты, м^3 ;

$N_{\Gamma}, N_{\text{тд}}, N_{\text{од}}$ – доля компонентов в составе шихты.

2. Количество воды, вводимое с глиной ($m_{\text{в } \Gamma}$):

$$m_{\text{вл } \Gamma} = V_{\Gamma} \cdot \rho_{\text{н } \Gamma\text{л}} ; \quad (3.15)$$

$$m_{\text{в } \Gamma} = m_{\text{вл } \Gamma} \cdot \left(\frac{W_{\text{кзл}}}{100} \right) ; \quad (3.16)$$

где $m_{\text{вл } \Gamma}$ – масса глины, кг;

$\rho_{\text{н } \Gamma\text{л}}$ – насыпная плотность разрыхлённой глины, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$W_{\text{кзл}}$ – карьерная влажность глины, %.

3. Количество воды, вводимое с добавками ($m_{\text{в д}}$):

$$m_{\text{вл д}} = V_{\text{д}} \cdot \rho_{\text{нд}} ; \quad (3.17)$$

$$m_{\text{в д}} = m_{\text{вл д}} \cdot \left(\frac{W_{\text{од}}}{100} \right) ; \quad (3.18)$$

где $m_{\text{вл д}}$ – масса добавок, кг;

$W_{\text{од}}$ – относительная влажность добавок на складе, %;

$\rho_{\text{нд}}$ – насыпная плотность добавок, $\text{кг}/\text{м}^3$.

4. Всего вводится воды с глиной и добавками:

$$m_{\text{в}} = m_{\text{в } \Gamma} + m_{\text{в д}} . \quad (3.19)$$

5. Количество воды в шихте формовочной влажности:

$$m_{\text{в}}^{\phi} = \frac{m_{\text{сухш}}}{1 - \frac{W_0^{\phi}}{100}} - m_{\text{сухш}}, \quad (3.20)$$

где $m_{\text{сухш}}$ – масса сухой шихты для формования 1000 шт. усл. кирпича;

W_0^{ϕ} – формовочная влажность, %.

Масса сухой шихты:

$$m_{\text{сухш}} = m_{\text{сухг}} + m_{\text{сухд}}; \quad (3.21)$$

$$m_{\text{сухг}} = m_{\text{влг}} - m_{\text{вг}}; \quad (3.22)$$

$$m_{\text{сухд}} = m_{\text{влд}} - m_{\text{вд}}. \quad (3.23)$$

6. Количество воды, которое необходимо добавить в глиномассу (или удалить при полусухом прессовании):

$$m = m_{\text{в}}^{\phi} - m_{\text{в}}. \quad (3.24)$$

При $m_{\text{в}}^{\phi} > m_{\text{в}}$ – необходимо увлажнить глиномассу. При $m_{\text{в}}^{\phi} < m_{\text{в}}$ – необходимо подсушить глиномассу.

Далее определяют расход условного топлива на сушку и обжиг.

3.2.3. Расчет ориентировочного расхода условного топлива на сушку и обжиг 1000 шт. условного кирпича (пример расчета)

I. Исходные данные.

1. Масса обожженного кирпича – определяется по его плотности и пустотности по формуле:

$$G_{\text{изд}} = V_{\text{к}} \cdot (1 - P) \cdot \rho_{\text{к}}, \quad (3.25)$$

где $V_{\text{к}}$ – объем обожженного кирпича;

P – пустотность изделия в долях единицы;

$\rho_{\text{к}}$ – плотность обожженного кирпича.

В данном случае для расчета принимаем $G_{\text{изд}} = 3,5$ кг.

2. Содержание карбонатов ($\text{CaO} + \text{MgO}$) в исходном сырье – 7%.

3. Содержание оксида алюминия (Al_2O_3) – 15%.

4. Количество влаги, удаляемой из каждого изделия при сушке рассчитываем по формуле:

$$m_b^{2\%} = M_c \cdot ((W_\phi - 2)/100), \quad (3.26)$$

где M_c – масса кирпича-сырца;

W_ϕ – формовочная влажность.

Подразумевается, что сырец подсушивается в сушильном агрегате до остаточной влажности 2 %.

Для расчета принимаем $m_b^{2\%} = 0,5$ кг.

5. Тип сушилки – туннельная.

6. Технологическое топливо – (газ, мазут, уголь).

II. Расчет.

1. Расход условного топлива на обжиг 1000 шт. кирпича без учета дополнительных затрат тепла на:

– повышенное содержание карбонатов;

– повышенное содержание оксида алюминия;

$$G_1 = 70 \cdot 2,63 = 184,1 \text{ кг у. т./1000 шт.},$$

где 70 – удельный расход условного топлива на обжиг 1 т готовой продукции в туннельной печи с учетом полной утилизации тепла на сушку при содержании в шихте $\text{CaO} + \text{MgO} - 4\%$ и $\text{Al}_2\text{O}_3 - 12\%$.

В случае превышения или уменьшения этих оксидов в шихте следует на каждый процент изменения указанных оксидов увеличивать или уменьшать расход условного топлива (для $\text{CaO} + \text{MgO} - 1,3$ кг/т; для $\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,0$ кг/т).

2. Дополнительный расход условного топлива на обжиг в связи с повышенным содержанием карбонатов: $G_2 = 1,3 \cdot (7 - 4) \cdot 2,63 = 10,2$ кг у.т./1000.

3. Дополнительный расход условного топлива на обжиг в связи с повышенным содержанием оксида алюминия: $G_3 = 1 \cdot (15 - 12) \cdot 2,63 = 7,9$ кг у.т./1000 шт.

4. Суммарный расход условного топлива на обжиг изделий:

$$\Sigma G_{об} = G_1 + G_2 + G_3 - G_{топ. доб.}; \quad 184,1 + 10,2 + 7,9 = 202,2 \text{ кг у.т./1000 шт.}$$

С учетом ввода топливосодержащих добавок ($G_{\text{топ. доб.}}$ – количество усл. топлива, вводимого с топливосодержащими добавками на 1 т готовой продукции).

5. Количество тепла, утилизированного из зоны охлаждения печи на нужды сушки:

$$G_{\text{ут}} = 20 \cdot G_{\text{изд}} \cdot 0,9, \quad (3.27)$$

где 20 кг ут. т. (586600 кДж) – необходимо утилизировать из зоны охлаждения туннельной печи для сушки изделий на каждую тонну готовой продукции;

0,9 – коэффициент, учитывающий потери тепла при транспортировании,

$$G_{\text{ут.}} = 20 \cdot 2,63 \cdot 0,9 = 47,3 \text{ кг у.т. /1000 шт.}$$

6. Расчетный расход условного топлива на сушку кирпича – сырца:

$$G_c = 5447 \cdot 0,5 \cdot 1000 / 29330 = 93 \text{ кг у. т./1000 шт.},$$

где 5447 – ориентировочный расход тепла на испарение 1 кг влаги при сушке сырца.

При пластическом способе формования – 5028-5866 кДж/кг. При жестком способе формования – 6285-7123 кДж/кг. При полусухом прессовании – 7542-8380 кДж/кг). При сушке сырца в камерных сушилах расход теплоты увеличивается на 20-25 %.

29330 (кДж/кг) – теплота сгорания условного топлива.

7. Дополнительное тепло в пересчете на условное топливо, которое требуется получить от теплогенераторов или паровых калориферов.

$$G_{\text{доп.}} = G_c - G_{\text{ут.}}, \quad G_{\text{доп.}} = 93 - 47,3 = 45,7 \text{ кг у.т./1000 шт.}$$

8. Итоговый расход условного топлива на сушку и обжиг кирпича без учета топлива, вводимого с топливосодержащими добавками

$$G_{\text{ит}} = \Sigma G_{\text{об}} + G_{\text{доп.}}, \quad G_{\text{ит}} = 202,2 + 45,7 = 247,9 \text{ кг усл.т./1000 шт.}$$

Расчет энергетических затрат на сушку и обжиг 1000 шт. усл. кирпича ведется по условному топливу с теплотворной способностью 29330 кДж/кг (7000 ккал/кг). При необходимости пересчета на реальное топливо – твердое, жидкое

или газообразное – полученные значения расхода условного топлива следует умножать на коэффициент пересчета (повышающий или понижающий), учитывая теплотворную способность реального топлива.

3.2.4. Определение режима работы предприятия

При определении суточной и часовой переработки сырья и полуфабрикатов необходимо принять на основании норм технологического проектирования режим работы цеха, который характеризуется числом рабочих дней в году, количеством смен в сутки и количеством часов работы в смену.

При выборе режима работы цеха следует учитывать характер работы основного технологического оборудования (возможность его остановки в течение смены, суток, недели или необходимость его непрерывной работы в течение года), а также резерв времени для текущего и планово-предупредительного ремонта оборудования [1, 7].

Режим работы предприятия принимается по переделам производства исходя из рекомендаций, приведенных в табл. 3.5.

Номинальный годовой фонд рабочего времени

$$T_r = N \cdot n \cdot t, \text{ ч} \quad (3.28)$$

где N – количество рабочих суток в году;

n – количество рабочих смен в сутки;

t – продолжительность рабочей смены, ч.

3.2.5. Материальный баланс производства

Для составления аппаратурно-технологической схемы производства необходимо определить количество материалов, подлежащих переработке на каждом переделе производства в течение года, суток, часа для выполнения годовой программы. Материальный баланс составляют для всего ассортимента из-

делий по всем переделам производства – от склада готовых изделий до склада сырья. Необходимо задаться значениями основных технологических нормативов данного производства – состава массы, влажности материалов, и их изменения на всех стадиях производства, потерь при прокаливании исходных материалов и масс, отходов при механической обработке полуфабрикатов, потерь от брака (возвратных и безвозвратных) и от потерь материалов на всех стадиях производства. Значения всех указанных нормативов выбирают на основании соответствующих «Норм технологического проектирования» предприятий данной отрасли [1].

Исходя из заданной годовой производительности, рассчитывается материальный баланс по всем стадиям производства в следующем порядке:

- выход готовых изделий;
- общий выход продукции из обжига;
- количество полуфабриката, поступающего на обжиг, на сушку;
- количество полуфабриката, сформованного на прессах;
- количество потребляемой массы исходных сырьевых материалов.

Производственная программа предприятия по работе склада готовой продукции приводится в табл. 3.6.

Таблица 3.5

Рекомендуемые режимы работы основных технологических переделов

Наименование отделений и переделов производства	Количество рабочих смен в сутки	Количество рабочих дней в году
Прием глинистого сырья:		
в открытых глинозапасниках (конусах)	1-2	160-260
в закрытых глинозапасниках	1-2	260-305
Склад добавок:		
прием добавок	1-2	160-305
подача добавок в производство	1-2-3	305-365
Отделение приготовления добавок:		
прием сырья или добавок	1-2-3	305-365
обжиг	3	365
дробление и рассев	1-2-3	305-365
подача в производство	1-2-3	305-365
Отделение приема сырья:		
прием сырья	1-2-3	305-365
подача в производство	2-3	305-365
Отделение переработки сырья		
при наличии шихтозапасника	1-2	305
при отсутствии шихтозапасника	2-3	305-365
Шихтозапасник:		
по загрузке	1-2	305
по выгрузке	2-3	305-365
Формовочно-перегрузочное отделение:	2-3	305-365
Сушильное отделение:		
а) туннельные и камерные сушилки		
загрузка, выгрузка сушилок	2-3	305-365
сушка сырца	3	365
б) конвейерные сушилки		
загрузка, выгрузка сушилок, сушка сырца	3	365
Печное отделение:		
загрузка, выгрузка печей, обжиг	3	365
Отделение разгрузки обожженной продукции, пакетирования и ремонта печных вагонеток	2	365
Склад готовой продукции:		
выдача продукции на склад	2	305-365
Отгрузка готовой продукции:		
а) автотранспортом	2	305-365
б) железнодорожным транспортом	2-3	305-365

Таблица 3.6

Производственная программа предприятия

Наименование продукции	Производительность, тыс. шт.			
	в год	в сутки	в смену	в час

3.2.6. Расчёт производительности предприятия по переделам производства

Производительность печи:

$$П_1 = П \cdot 100 / (100 - x_1), \quad (3.29)$$

где $П$ – производственная мощность предприятия, шт. усл. кирпича;

x_1 – безвозвратные потери при обжиге (2 %).

Производительность сушилок:

$$П_2 = П_1 \cdot 100 / (100 - x_2), \quad (3.30)$$

где $П_1$ – производительность печи, шт. усл. кирпича;

x_2 – потери при сушке сырца (3 %).

Производительность формовочного отделения:

$$П_3 = П_2 \cdot 100 / (100 - x_3), \quad (3.31)$$

где $П_2$ – производительность сушилок, шт. усл. кирпича;

x_3 – потери сырья при транспортировке (1 %).

По производительности формовочного отделения вычисляют расход шихты (глинистого сырья и добавок) в м³ и в тоннах на годовую программу, расход в сутки, в смену и часовой.

Результаты выполненных расчетов по производительности основных переделов и по расходу сырьевых материалов сводят в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Расход сырья по переделам производства

Наименование	Ед. измер.	Расход			
		год	сутки	смену	час
Поступает на склад готовой продукции.	тыс.шт.усл.кирп.				
Поступает на обжиг	тыс. шт. усл. кирпич.				
Поступает на сушку	тыс. шт. усл. кирпич.				
Прессуется (формуется)	тыс. шт. усл. кирпич.				
Сушится шихты (глины) в сушильном барабане	м ³				
	т				
Перерабатывается шихты (глины) на технологической линии	м ³				
	т				
Перерабатывается добавок (каждой в отдельности)	м ³				
	т				
Расход воды	м ³				
Расход условного топлива, запрессованного в сырец с топливосодержащими отходами	м ³				
	т				
Расход топлива на сушку и обжиг	м ³				
	т				

3.2.7. Нормы запасов и складирования сырья, топлива и готовой продукции

Запас сырья на холодный период года создается в виде конуса или глинозапасника вблизи производственного корпуса при удаленности карьера на расстояние более 3 км от промышленной площадки завода или малой мощности полезного ископаемого или других, особых условиях, препятствующих нормальному снабжению глиной в зимнее время. При круглогодичном режиме работы карьера для бесперебойного обеспечения производства сырьем в осенне-весенний и зимний периоды предусматривают теплый глинозапасник в составе

производственного корпуса. При сезонном режиме работы карьера на промышленной площадке завода создаётся конус глины, утепляемый на холодный период года.

Для привозных глин и отходов промышленности, используемых в качестве добавок, необходимо предусматривать на промышленной площадке завода отдельно стоящий глинозапасник. Тип склада, его емкость определяют в зависимости от вида используемых добавок, их потребного количества и климатических условий.

Нормы запасов сырья, добавок, топлива и готовой продукции следует принимать в соответствии с данными, приведенными в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Нормы запасов и складирования сырья, топлива и готовой продукции

Наименование	Норма запаса, расчётных суток
1. Запас сырья и добавок:	
– в конусе	90-180
– в отдельно стоящем глинозапаснике	до 30
– в глинозапаснике в составе производственного корпуса	7-10
– на открытой площадке	15-30
– в силосах	5-15
– в приёмных и промежуточных бункерах, расчётные рабочие часы	8-32
– в расходных бункерах, расчётные рабочие часы	4-12
в таре	15-30
2. Шихтозапасники ямного типа:	
– с загрузкой конвейером со сбрасывающей тележкой	7-14
– оснащенный самоходными загрузочными и разгрузочными мостами	7-14
3. Шихтозапасники силосного типа, час. :	
– с паропрогревом	4-8
– без паропрогрева	8-12
4. Склад готовой продукции	7

Расчет площади складов сырья:

$$F = \frac{\Pi * n}{h} * k, \quad (3.32)$$

где Π – суточная потребность в сырье, м³;

n – нормативный запас, суточный;

h – высота складирования, м;

k – коэффициент, учитывающий проезд для транспорта.

Расчет площади склада готовой продукции.

$$F = \frac{\Pi n}{N} * k, \quad (3.33)$$

где Π – суточный выпуск готовой продукции, шт. усл. кирпича;

n – время складирования, сутки;

N – норма складирования кирпича на 1 м² площади, шт.;

k – коэффициент, учитывающий проезд для автотранспорта.

На 1 м² площади склада готовой продукции укладывается:

- 200+240 шт. условного кирпича при укладке поддонов с готовой продукцией в 1 ярус;
- 400+480 шт. условного кирпича при укладке поддонов с готовой продукцией в 2 яруса.

Площадь склада готовой продукции рассчитывается с учетом следующих коэффициентов:

- при обслуживании склада погрузчиками автотранспорта $K = 1.3$;
- при обслуживании склада козловым краном, погрузчиком и автотранспортом $K = 1.7$.

3.2.8. Выбор глиноперерабатывающего и формующего оборудования

В данном пункте необходимо подобрать вид оборудования, привести его технические данные и произвести технологический расчет. Под технологическим расчетом понимается определение производительности машины (напри-

мер, производительности пресса по количеству одновременно прессуемых изделий и числу ударов в минуту) и определение числа машин по данному переделу.

При выборе основного технологического оборудования вначале следует выявить те главные технологические операции, оборудование которых при максимальной производительности определит количество технологических потоков, необходимых для выполнения производственной программы по данному переделу. Например, при производстве изделий пластическим способом с сухой подготовкой глины главными технологическими операциями являются сушка глины, помол, смешение компонентов и формование изделий. Эти операции определяют количество технологических потоков подготовки сырья и формования изделий [5-8].

При выборе основного технологического оборудования следует учитывать качественную характеристику сырья и требования, предъявляемые к материалу после обработки на данном агрегате или машине.

Определение расчетного рабочего времени.

Расчетное рабочее время оборудования в год:

$$T_p = T_r \cdot K_{\text{ти}}, \quad (3.34)$$

где $K_{\text{ти}}$ – коэффициент технического использования,

$$K_{\text{ти}} = K_1 \cdot K_2, \quad (3.35)$$

где K_1 – коэффициент использования внутрисменного времени работы технологического оборудования, предусматривающий потери времени на чистку, смазку, наладку оборудования внутри смены, потери времени по передаче смены и уборке рабочего места:

– $K_1 = 0,9$ – при трехсменной работе оборудования;

– $K_1 = 0,97$ – при двухсменной работе оборудования.

K_2 – коэффициент использования оборудования с учетом планово-предупредительного ремонта;

– $K_2 = 0,93$ – при прерывной работе оборудования – 305 дней в году;

– $K_2 = 0,9$ – при непрерывной работе оборудования – 365 дней в году.

При расчетах не учитываются простои оборудования, вызванные перебоями в подаче сырья, отсутствием топлива, электроэнергии, недостатком рабочей силы и другими организационными потерями.

Коэффициент использования тепловых агрегатов к плановому времени работы этих агрегатов соответствует 0,95.

Расчетная часовая производительность технологических линий отдельных переделов производства, ограниченных буферными емкостями, обеспечивающими независимую работу смежных переделов на определенный период времени:

$$Q_{\text{час}} = Q_{\text{п}} \cdot K_{\text{ти}} \cdot K_{\text{гу}}, \quad (3.36)$$

где $Q_{\text{п}}$ – паспортная часовая производительность оборудования в шт. или т.

Для расчета принимается наименее производительная машина или механизм в технологической линии;

$K_{\text{гу}}$ – коэффициент готовности оборудования данного участка, равный произведению коэффициента готовности всех машин, входящих в состав линии.

$$K_{\text{гу}} = K_{\text{г1}} \cdot K_{\text{г2}} \dots \cdot K_{\text{гn}}, \quad (3.37)$$

Значения коэффициентов готовности отдельных видов оборудования приведены в табл. 3.9 по данным технической документации на оборудование.

При проектировании необходимо обеспечивать максимальное значение $K_{\text{гу}}$ за счет устройства в технологической линии промежуточных буферных емкостей.

Количество принимаемых технологических линий для обеспечения годовой производительности:

$$П = Q_{\text{г}} / (Q_{\text{час}} \cdot T_{\text{г}}), \quad (3.38)$$

где: $Q_{\text{г}}$ – годовая производительность в шт;

T_r – календарное время работы технологических переделов, ч.

Коэффициент использования машины должен быть в пределах 0,7 – 0,9.

В некоторых случаях отсутствуют машины требуемой производительности, и необходимость поточного производства оправдывает установку машин с низким коэффициентом использования.

Таблица 3.9

Коэффициент готовности оборудования

№№ п/п	Наименование оборудования	Коэффициент готовности оборудования, $K_{гy}$
1	Глинорыхлитель	0,97
2	Питатель ящичный с пластинчатой лентой	0,985
3	Питатель ящичный с резиновой лентой	0,985
4	Вальцы дезинтеграторные	0,97
5	Вальцы камневыделительные	0,97
6	Вальцы дырчатые	0,97
7	Вальцы грубого помола	0,97
8	Вальцы тонкого помола	0,97
9	Бегуны мокрого помола	0,97
10	Смеситель двухвальный	0,97
11	Смеситель с фильтрующей решёткой	0,97
12	Мост загрузочный	0,97
13	Мост разгрузочный с экскаватором	0,95
14	Пресс шнековый вакуумный	0,97
15	Пресс полусухого прессования	0,97
16	Автомат-укладчик	0,97
17	Автомат-садчик	0,97
18	Автомат-пакетировщик	0,97
19	Толкатели, передаточные тележки	0,985
20	Конвейер ленточный	0,985
21	Конвейер пластинчатый	0,985
22	Элеватор ленточный	0,985
23	Питатели, дозаторы	0,99
24	Шаровые мельницы	0,97
25	Дробилки, грохоты	0,97
26	Вращающиеся печи	0,97
27	Сушильные барабаны	0,97
28	Шахтные мельницы	0,97

Транспортное оборудование, установленное между технологическими машинами – ленточные и другие транспортеры, элеваторы, шнеки, пневмотранспортные установки, - подбирают на основании укрупненных расчетов.

Результаты расчётов сводятся в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Ведомость технологического оборудования

Техно- логи- ческий передел	Наименование оборудо- вания, краткая характери- стика	Произво- дитель- ности		Коэффи- циенты		Количество по расчету, шт
		Q _{час}	Q _{пасп}	K _{ти}	K _{гу}	

3.2.9. Расчёт размеров выходного отверстия мундштука или пресс-формы формующего агрегата

По известной величине общей усадки обожженного изделия находим размеры мундштука ленточного пресса или размеры пресс-формы коленорычажного пресса.

Размеры выходного отверстия мундштука или пресс-формы формующего агрегата:

$$l = l_1 \cdot (1 + y_{\text{общ}}) - P_{\text{уп}}, \quad (3.39)$$

где l – ширина или длина выходного отверстия мундштука или пресс-формы;

l_1 – ширина или длина обожжённого изделия (например, кирпича 250*120 мм);

$y_{\text{общ}}$ – общая линейная усадка формовочной массы;

$P_{\text{уп}}$ – упругое расширение сформованного изделия (обычно принимается 1-2 мм).

3.2.10. Выбор сушила и расчет сушильного агрегата

Выбор транспортного оборудования для загрузки и выгрузки сушил.

Свежесформованный сырец либо непосредственно загружается на сушильные вагонетки (для сушки в туннельных печах), либо укладывается на рамках, рейках или паллетах, при загрузке которых в сушила (камерные) происходит сушка сырца. Для загрузки камерных сушилок используются снижающие и самосбрасывающие многорядные вагонетки, перемещающиеся с помощью электротележек.

Перемещение сушильных и печных вагонеток по цеху осуществляется с помощью комплекса технических средств, в который входят толкатели, передаточные тележки, поворотные круги, подъемники и т.д. Как правило, из этого оборудования формируется два замкнутых транспортных контура – сушильный и печной. В отдельных случаях, когда отформованные изделия укладываются непосредственно на печную вагонетку (при полусухом и жестком прессовании), оба контура совмещаются в один [6].

После выбора типа сушильного агрегата (туннельные, камерные, одно-рядные) должен быть выбран тип сушильной вагонетки, установлена ее техническая характеристика и выбраны автомат-укладчик сырца на сушильные вагонетки, электропередаточные тележки, толкатели, поворотные круги, автомат-садчик на печные вагонетки. Подбранное оборудование должно обеспечить механизацию следующих процессов производства:

- загрузку сушильных вагонеток в сушила;
- проталкивание вагонеток через сушило и разгрузку сушилок;
- разгрузку изделий с сушильных вагонеток и садку их на вагонетки туннельных печей (или в пакеты для садки в кольцевые печи);
- возврат порожних сушильных вагонеток (или рамок, реек) к участкам формования;

– подачу обжиговых вагонеток к постам садки и печам или сформированных пакетов к кольцевым печам.

Расчет необходимого количества сушильных агрегатов

Для определения размеров и количества туннелей (камер) по заданной производительности необходимо определить продолжительность сушки изделия, тип вагонетки, способ садки сырца на вагонетку, вместимость одной вагонетки. По размерам вагонетки и высоте садки далее определяют поперечное сечение туннеля. Если сушка осуществляется на печных вагонетках, то поперечный разрез туннеля принимают таким же, как и для обжиговой печи и выбирают их одновременно с расчётом печи. Ширину туннеля при сушке на полочных вагонетках:

$$B_T = B_B + 2 \cdot (80 \dots 100), \text{ мм}, \quad (3.40)$$

где B_B – ширина вагонетки, мм.

Высота туннеля

$$H_T = h + (50 \dots 100), \text{ мм}, \quad (3.41)$$

где h – высота от головки рельсов до верха садки, мм.

Количество вагонеток, находящихся в сушилке, шт:

$$Z_B = (\Pi \cdot t_c) / G_B, \quad (3.42)$$

где: Z_B – количество вагонеток, находящихся в сушилке, шт;

Π – производительность сушилки, шт/час;

G_B – вместимость одной вагонетки, шт;

t_c – продолжительность сушки, час.

Вместимость сушилки:

$$G_c = G_B \cdot Z_B = \Pi \cdot t_c. \quad (3.43)$$

Принимаем длину одного туннеля $L_T = 20\text{-}50$ м и, зная длину одной вагонетки l_B , можно найти количество вагонеток в одном туннеле:

$$Z'_B = L_T / l_B, \text{ шт}. \quad (3.44)$$

Количество туннелей в сушилке:

$$Z_T = Z_B / Z'_B = (\Pi \cdot t_c) / (G_B \cdot Z'_B), \text{ шт.} \quad (3.45)$$

Количество туннелей обычно берут больше расчётного (один запасной на 8-10 рабочих туннелей). Затем устанавливают количество туннелей в блоке и количество блоков в сушилке.

При расчете сушилки с сушкой на печных вагонетках в одну линию с печью длину сушилки определяют по количеству вагонеток, зная длину одной вагонетки, вместимость вагонетки и продолжительность сушки. Общая длина туннеля обычно принимается больше расчётной на 0,5 - 0,6 м с учётом длины разбега вагонеток.

Параметры сушки:

- температура и относительная влажность теплоносителя в начале сушки;
- температура и относительная влажность теплоносителя в конце сушки;
- влажность сформованного сырца, %;
- влажность высушенного сырца, %.

Параметры сушки принимаются в соответствии с видом продукции и качеством глиномассы. Основные параметры и размеры консольных сушильных вагонеток приведены в прил. 9.

3.2.11. Выбор обжигового агрегата

Расчёт длины печи и скорости движения вагонеток.

Часовая производительность туннельной печи:

$$\Pi_T = \Pi_1 \cdot K_{\text{ти}}, \quad (3.46)$$

где Π_1 – производительность печи, тыс.шт/ч;

$K_{\text{ти}}$ – коэффициент технического использования оборудования (0,95).

Вместимость и длина туннельной печи определяются по формулам:

$$G_T = \Pi_T \cdot t_{\text{обж}}, \quad (3.47)$$

где G_T – вместимость печи, тыс. шт.;

$t_{\text{обж}}$ – продолжительность обжига, ч,

$$L_T = (G_T \cdot l_B) / G_B, \text{ м}, \quad (3.48)$$

где L_T - длина туннеля печи, м;

L_B – длина вагонетки, м;

G_B – вместимость одной вагонетки, тыс. шт.

l_B и G_B выбирают по техническим характеристикам вагонеток (приложение 9).

Количество вагонеток в печи:

$$Z_B = G_T / G_B \text{ или } Z_B = L_T / l_B, \text{ шт.} \quad (3.49)$$

Количество выходящих из печи вагонеток:

$$Z_B = \Pi_T / G_B, \text{ ваг/час} \quad (3.50)$$

Скорость движения вагонеток в печи:

$$V_B = (\Pi_T \cdot l_B) / G_B, \text{ м/ч} \quad (3.51)$$

Для печей различной длины средняя скорость движения вагонеток в печи равна 0,5-3,0 м/ч. Полученные данные сводятся в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Технические характеристики туннельной печи

Наименование технических параметров	Данные
Длина обжигательного канала печи, м Ширина обжигательного канала печи, м Производительность печи, млн. шт. усл. кирпича /год Размер печной вагонетки: Длина, м Ширина, м Вместимость вагонетки, шт Ограждающие конструкции Удельный расход топлива, кг усл. топлива/т изд.	

* - если топливо вводится в шихту, указать, какое количество топлива вводится в шихту и какое количество подаётся в процессе обжига.

В соответствии с полученными расчётными данными выбирают конструкцию туннельной печи.

Обоснование режима обжига

В курсовом проекте необходимо привести температурную кривую обжига. Длины зон нагрева, обжига и охлаждения определяются по формулам:

$$L_{\text{под.}} = (L_{\text{т}} \cdot t_1) / t_{\text{обж}}, \text{ м}; \quad (3.52)$$

$$L_{\text{обж.}} = (L_{\text{т}} \cdot t_2) / t_{\text{обж}}, \text{ м}; \quad (3.53)$$

$$L_{\text{охл.}} = (L_{\text{т}} \cdot t_3) / t_{\text{обж}}, \text{ м}; \quad (3.54)$$

где: t_1, t_2 и t_3 – соответственно продолжительности обжига по зонам печи, ч;

$t_{\text{обж}}$ – общая продолжительность обжига изделия.

Продолжительность обжига по зонам в зависимости от минеральных и керамических свойств сырья, характера и качества примесей и добавок может существенно изменяться. Ориентировочно можно принять длину зоны подготовки 27-35 %, зоны обжига 33-38 %, зоны охлаждения 30-37 % длины печи. Необходимо отметить, какие интервалы температур наиболее опасны с точки зрения возникновения напряжений и появления трещин; как необходимо изменить режим обжига при вводе в шихту углесодержащих компонентов [5, 6].

Пример температурной кривой обжига приведён на рис. 3.1.

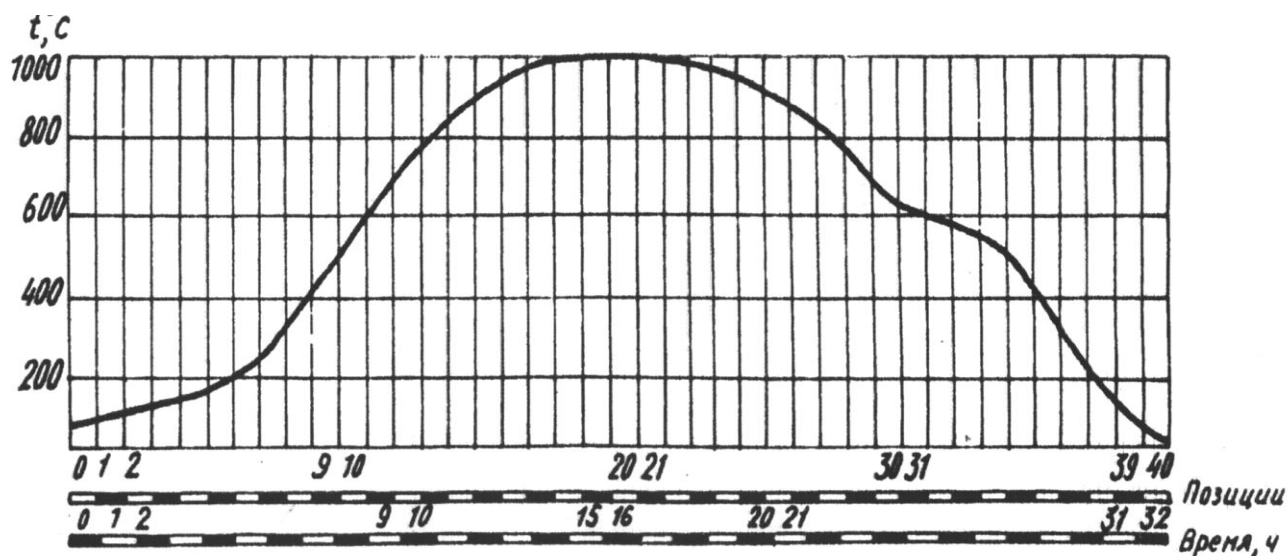


Рис. 3.1. Пример изображения температурного режима обжига кирпича

3.2.12. Составление аппаратурно-технологической схемы производства

Аппаратурно-технологическую схему производства составляют на основании принципиальной схемы с указанием типа технологического оборудования и процентного содержания компонентов шихты. После этого кратко описывают весь технологический процесс производства, при этом указывают последовательность проведения каждой технологической операции, взаимосвязь между агрегатами, способ перемещения материала от агрегата к агрегату с указанием транспортных средств.

3.2.13. Заключение по курсовому проекту

В заключительном разделе курсового проекта дают краткий анализ выполненной работы: формулируют особенности принятой технологии, подчеркивают оригинальность технических решений, их достоинства и преимущества по сравнению с существующими, приводят технико-экономические показатели принятых в проекте технических решений по сравнению с существующими.

Библиографический список

1. Временное руководство по проектированию предприятий по производству кирпича и камней керамических. – М.: Минстройматериалы СССР, 1989.
2. Одинцов Р.Н., Иванова Л.И. и др. Ускоренная оценка качества и пригодности легкоплавких кирпичных глин для производства керамических стеновых изделий методом пластического формования / Р.Н. Одинцов [и др.] // Использование новых видов сырья и расширение ассортимента керамических материалов и искусственных пористых заполнителей. – М.: ВНИИСТРОМ, 1987.
3. Рекомендации по совершенствованию технологии производства керамического кирпича полусухого прессования. – М.: Минстройматериалы СССР, 1988.
4. Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики. – М.: Стройиздат, 1974.
5. Швайко Д.И. и др. Энергосберегающие технологии производства стеновой керамики / Д.И. Швайко [и др.]. – Киев: Будивельник, 1987.
6. Оборудование для сушки и обжига керамических стеновых материалов и изделий. – М.: НПО “Машмир”, 1992.
7. Перспективные разработки и создание механизированных комплексов малой мощности для производства керамического кирпича полусухого прессования. – М.: НПО “Машмир”, 1991.
8. Новое комплексное высокопроизводительное оборудование для производства керамических стеновых материалов. – М.: ЦНИИТЭСТРОЙМАШ, 1989.
9. ГОСТ 9169 – 75* «Сырьё глинистое для керамической промышленности. Классификация».
10. ГОСТ 530 – 2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия».
11. ГОСТ 7.32 – 2001 «Отчет о научно-исследовательской работе». Учебное издание.

Приложение 1

Результаты исследований глинистого сырья для производства керамического кирпича и камней

Таблица 1

Макроскопическое описание сырья

Номер варианта	Карьерная влажность, %	Цвет	Структура	Описание включений	Взаимодействие с 10% -ным раствором соляной кислоты
1	2	3	4	5	6
1	18	Бурий	Средней плотности	Карбонаты до 5 мм, друзы гипса до 7 мм, кварцевый песок	Реагирует
2	25	Светло-серый с пестроцветными включениями	Плотная	Карбонаты до 5 мм, обломки горных пород до 10 мм	Не реагирует
3	19	Тёмно-бурий	Средней плотности	Карбонаты рыхлые по всей длине в виде точек, прожилок и плотных включений до 3 мм	Реагирует
4	23	Жёлто-бурий	Плотная	Редкие включения чернозёма, карбонаты в виде пятен и прожилок	Реагирует
5	19	Бурий	Средней плотности	Горные обломочные породы до 15 мм, мелкий песок	Вскипает местами
6	15	Жёлто-бурий	Рыхлая	Карбонаты размером до 10 мм, чернозём, растительные остатки	Реагирует
7	28	Красновато-бурий	— —	Большое количество гипса в виде друз, карбонаты 3-7 мм	Реагирует
8	19	Жёлто-бурий	— —	Карбонаты в виде пятен, плотных кусочков от 3 до 15 мм	Реагирует
9	21	Жёлто-зелёный со светлыми разностями	Плотная с осколочным изломом	Плотные мучнистые включения кальцита	Реагирует

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
10	20	Зеленовато-серый	Очень плотная	Карбонаты до 15 мм	Реагирует
11	18	От бурого до тёмно-бурого	Рыхлая	Карбонаты 0,5-7 мм, уголь, органика, горные обломки	Реагирует
12	20	Бурый	Средней плотности	Без видимых включений	Реагирует
13	21	Жёлто-бурый	Плотная	Мелкие множественные включения слюды	Реагирует
14	19	Светло-бурый	Рыхлая	Гипс, кварц, гумус, карбонаты в виде пятен	Реагирует
15	18	Светло-бурый	Средней плотности	Гипс в виде кристаллов и друз, карбонаты в виде пятен	Реагирует
16	20	Серый	Плотная	Горные обломочные породы до 180 мм, песок	Не реагирует
17	15	Серо-бурый	Рыхлая	Карбонаты – 7 мм	Реагирует
18	20	Бурый	Средней плотности	Без видимых включений	Реагирует
19	17	Жёлто-бурый	То же	Горные обломочные породы до 15 мм	Не реагирует
20	15	Серо-бурый	— —	Твёрдые включения бурого цвета до 15 мм	Не реагирует
21	14	Серо-бурый	Рыхлая	Без видимых включений	Реагирует
22	25	Тёмно-бурый	Средней плотности	Кварцевый песок	Реагирует
23	20	Серо-бурый	Плотная	Кварцевый песок, карбонаты до 2 мм	Реагирует
24	15	Светло-бурый	Средней плотности	Растительные остатки, карбонаты, друзы гипса	Реагирует
25	20	Бурый	Плотная	Карбонатные включения мелового характера до 10 мм	Реагирует
26	16	Жёлто-бурый	Средней плотности	Карбонатные включения до 15 мм, гипс, кварцевый песок	Реагирует

Таблица 2

Содержание природных крупнозернистых включений

Номер варианта	Частные остатки на ситах, %. Размер сит, мм					Общий остаток на сите 0,5 мм, %	Карбонатные включения размером более 1 мм, %	Активность кар- бонатных вклю- чений ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$), %	Характеристика остатка	Классифи- кация глинистого сырья по количеству и размеру вклю- чений
	5	3	2	1	0,5					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,092	0,018	0,014	0,033	0,020		0,0560	82,00	Карбонаты до 7 мм, друзы гипса	
2	0,250	0,040	0,060	0,030	0,040		0,1000	86,00	Карбонаты до 5 мм, песчаник до 10 мм, кристаллы гипса, кварцевый песок	
3	-	0,200	0,0011	0,080	0,015		0,0095	88,60	Карбонаты, кварце- вый песок	
4	-	-	-	0,100	0,300		-	-	Кварцевый песок, растительные остатки	
5	0,530	0,170	0,160	0,350	0,500		-	-	Горные обломочные породы до 15 мм, мелкий песок	

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	-	-	-	0,220	2,800		-	-	Мелкий песок, растительные остатки	
7	0,550	0,440	0,540	1,730	0,180		0,1500	78,00	Отдельные карбонаты от 8 до 25 мм, гипс в виде друз	
8	1,560	1,070	0,840	0,900	0,200		0,1200	86,00	Плотные карбонаты от 1 до 11 мм	
9	0,075	0,095	0,785	0,107	0,101		0,1000	51,00	Карбонаты, гипс, органика в виде частиц чёрного цвета, кварцевые зёрна размером менее 0,08 мм, ракушечник	
10	0,586	0,325	0,240	0,322	0,269		1,5700	79,53	Карбонаты до 15 мм, единичные включения обломочных горных пород	
11	0,017	0,063	0,050	0,079	0,024		0,0150	60,33	Карбонаты от 0,5 до 7 мм	

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	-	-	0,030	0,100	0,050		0,0300	36,10	Карбонаты до 2 мм, округлые железистые образования	
13	0,111	-	0,005	0,023	0,033		0,0100	23,10	Обломочные горные породы размером до 20 мм, включения кварца, редкие карбонатные включения	
14	0,1625	0,0685	0,068	0,0765	0,100		-	-	Гипсы до 15 мм, сцементированные глиной. Кварцевый песок	
15	2,150	0,440	0,360	0,580	0,530		-	-	Большое количество гипса в виде друз	
16	3,660	0,380	0,250	0,420	0,370		-	-	Большое количество горных обломочных пород от 5 до 180 мм, кварцевый песок	
17	0,122	0,092	0,035	0,038	0,025		0,1500	82,20	Карбонаты размером до 7 мм	
18	-	-	0,030	0,100	0,050		0,0400	54,00	Карбонаты размером до 2 мм, округлые железистые включения	

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	7,000	7,810	7,490	5,190	1,680		0,2600	71,00	Непродиспергированная глина, карбонаты	
20	6,900	23,96	1,810	4,010	0,910		0,3400	68,00	Непродиспергированный железистый аргиллит, карбонаты	
21	0,115	0,007	0,022	0,100	0,105		0,3400	69,30	Карбонаты, зёрна кварца, растительные остатки	
22	0,030	0,050	0,100	0,390	0,370		0,0500	34,20	Кварцевый песок, карбонаты до 2 мм, гипс	
23	0,071	0,071	0,097	0,116	0,114		0,0800	28,10	Кварцевый песок, обломочные горные породы, карбонаты до 2 мм	
24	0,05	0,06	0,05	0,03	0,03		0,03	80,7	Растительные остатки, карбонаты, друзы гипса	
25	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02		-	-	Растительные остатки, кристаллы гипса	
26	0,14	0,01	0,01	0,01	0,01		0,07	82,1	Карбонаты до 15 мм, гипс, растительные остатки	

Таблица 3

Пластичность глинистого сырья

Номер вари- анта	Предел пластичности, %		Число пластичности	Классификация глинистого сырья
	нижняя граница текучести	граница раска- тывания		
1	27,10	16,00		
2	37,31	18,10		
3	35,40	20,50		
4	32,80	18,70		
5	26,90	17,20		
6	24,00	17,60		
7	27,70	17,90		
8	24,20	16,00		
9	30,23	18,36		
10	26,90	16,50		
11	27,50	18,70		
12	24,90	17,30		
13	39,99	18,40		
14	23,95	18,06		
15	33,50	18,50		
16	24,40	19,80		
17	34,30	19,90		
18	24,90	17,30		
19	31,10	18,80		
20	36,49	22,70		
21	19,50	14,65		
22	30,12	19,80		
23	27,60	17,10		
24	31,60	18,80		
25	41,50	27,70		
26	32,29	20,06		

Таблица 4

Гранулометрический состав глинистого сырья

Номер варианта	Содержание фракций, % Размер фракций, мм					Классификация глинистого сырья по содержанию тонкодисперсной фракции
	более 0,06	0,06-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	менее 0,001	
1	1,53	40,97	10,60	13,70	33,20	
2	1,69	16,96	4,35	14,20	62,80	
3	1,02	31,33	8,65	17,60	41,40	
4	14,90	28,45	6,95	10,80	38,90	
5	38,80	18,35	6,10	8,45	28,30	
6	37,13	18,27	6,00	10,50	28,10	
7	1,10	21,10	12,00	39,60	26,20	
8	9,50	32,30	9,90	13,50	34,80	
9	2,90	25,85	11,00	17,90	42,35	
10	12,05	28,30	8,50	21,10	30,05	
11	3,90	31,70	14,00	19,10	31,30	
12	3,54	50,61	9,35	10,00	26,50	
13	4,58	26,72	13,80	18,80	36,10	
14	14,53	49,17	5,95	11,50	18,85	
15	2,36	15,16	6,65	27,90	47,95	
16	21,30	36,85	6,60	17,35	17,90	
17	10,17	22,88	11,35	17,95	37,65	
18	3,54	50,61	9,35	10,00	26,50	
19	21,30	21,55	10,21	22,65	24,30	
20	12,86	26,64	14,30	20,60	25,60	
21	3,20	65,30	7,60	7,55	16,35	
22	17,50	25,00	7,30	12,70	37,50	
23	11,00	45,00	8,10	8,65	27,25	
24	1,12	28,63	15,75	20,10	34,40	
25	3,42	25,08	8,40	16,95	46,15	
26	1,39	39,81	11,35	17,20	30,25	

Таблица 5

Химический и минералогический состав сырья

Номер варианта	Химический состав сухого вещества, %														В прокаленном состоянии, %			Классификация сырья по содержанию, %			Минеральный состав глинистого вещества
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	п. п. п.	сумма	SO ₃ сульфатн.	S сульфидн.	свободный кремнезём	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	свободного кремнезёма	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	59,41	12,10	0,70	5,15	7,55	2,20	0,69	1,40	1,69	9,18		0,68	0,01	28							Монтмориллонит-гидроslюдистый
2	60,07	25,01	0,50	1,63	0,86	0,93	0,12	1,70	1,90	7,16		0,05	0,08	19							Гидроslюдисто-каолинитовый
3	58,03	16,11	1,00	5,91	6,76	1,85	0,29	1,50	0,80	9,55		0,01	0,18	23							Монтмориллонит-гидроslюдистый
4	66,08	10,41	1,00	4,95	4,96	2,14	0,20	1,20	0,78	8,06		0,19	0,03	21							Монтмориллонит-гидроslюдистый
5	73,40	11,00	0,65	4,13	3,35	1,45	0,19	1,50	0,50	3,69		-	-	35							Монтмориллонит-гидроslюдистый
6	76,06	11,01	0,30	4,01	2,04	1,50	0,31	0,21	0,71	4,38		0,20	-	37							Гидроslюдисто-монтмориллонитовый
7	48,42	13,53	0,02	5,06	12,10	2,37	6,37	0,08	-	12,08		6,12	0,25	18							Гидроslюдистый
8	53,80	13,00	0,62	4,58	12,55	2,56	0,33	1,50	0,50	10,51		0,31	-	22							Гидроslюдистый
9	51,03	12,41	0,69	4,17	12,18	2,81	0,18	1,64	0,66	13,12		0,18	-	24							Гидроslюдистый
10	57,20	14,67	0,15	3,99	7,96	2,43	0,03	0,70	1,70	9,90		-	-	26							Монтмориллонитовый
11	55,57	13,00	0,19	5,71	8,71	2,08	0,48	1,35	2,08	10,59		0,47	0,01	21							Монтмориллонит-гидроslюдистый
12	68,80	13,20	0,30	5,76	0,76	2,00	0,07	1,72	0,98	6,22		0,07	-	31							Гидроslюдистый
13	57,69	18,10	0,78	6,14	5,73	2,42	0,87	1,05	0,14	7,06		0,84	0,03	20							Монтмориллонит-гидроslюдистый

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
14	64,33	12,10	0,63	4,31	7,23	1,77	0,70	0,82	0,45	6,38		0,82	-	41							Монтмориллонит-гидроslюдистый
15	53,96	19,50	0,50	7,68	5,86	2,10	0,58	0,50	0,50	7,03		0,57	-	27							Гидроslюдистый
16	58,47	19,71	0,12	7,42	3,55	3,76	0,41	1,45	1,29	3,34		0,41	-	19							Гидроslюдистый
17	54,60	16,00	0,78	5,85	8,71	1,81	0,30	0,48	0,63	10,35		0,30	0,01	22							Гидроslюдистый
18	70,10	12,90	0,50	5,66	0,76	1,00	0,07	0,81	0,43	6,22		0,07	-	39							Гидроslюдистый
19	67,28	12,00	0,53	7,60	2,30	1,58	0,44	0,61	0,39	7,08		0,12	0,30	22							Гидроslюдистый
20	57,47	22,10	0,66	6,58	1,29	2,06	1,67	0,61	0,40	6,48		0,40	1,20	23							Гидроslюдистый
21	70,00	8,00	0,20	4,50	5,80	2,00	1,50	1,00	0,70	6,00		0,70	-	49							Гидроslюдистый
22	65,37	13,46	1,00	5,82	4,23	1,98	0,17	1,50	1,50	5,94		0,17	-	33							Гидроslюдисто-монтмориллонитовый
23	68,28	14,00	0,54	4,66	3,55	1,51	0,24	0,70	1,30	4,40		0,24	-	35							Гидроslюдисто-монтмориллонитовый
24	53,60	11,68	0,81	5,29	8,83	2,49	2,58	0,64	1,90	11,83		-	-	25							Гидроslюдисто-монтмориллонитовый
25	57,11	15,40	0,88	5,73	6,17	2,35	0,77	1,40	2,21	7,42				25							Гидроslюдисто-монтмориллонитовый
26	57,82	12,29	1,05	6,01	8,02	1,27	1,38	1,47	2,25	8,80		1,20	0,07	25							Гидроslюдисто-монтмориллонитовый

Таблица 6

Содержание водорастворимых солей

Номер варианта	рН (водный показатель)	Ионный состав водной вытяжки, мг.экв.							Классификация глинистого сырья
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SO ₄ ⁻⁻	Cl ⁻	сумма катионов и анионов	
1	7,8	2,90	1,00	1,20	0,76	5,29	0,100		
2	6,7	0,30	0,50	1,30	1,41	3,30	0,210		
3	7,8	0,40	0,60	-	0,517	0,22	0,197		
4	7,3	0,40	0,30	0,337	-	0,29	0,147		
5	7,5	0,50	0,60	-	0,717	0,52	0,197		
6	7,2	0,40	1,05	0,60	0,07	1,12	0,100		
7	7,4	0,30	0,40	1,00	0,178	0,73	0,098		
8	7,0	13,05	4,70	2,00	1,247	20,30	0,197		
9	7,5	3,00	0,70	0,367	1,00	3,92	0,147		
10	-	-	-	-	-	-	-		
11	7,9	6,60	1,50	0,69	0,108	8,00	0,098		
12	-	-	-	-	-	-	-		
13	7,4	0,30	0,50	1,30	1,41	3,30	0,210		
14	7,9	4,20	3,60	1,44	1,004	6,20	3,444		
15	7,8	1,00	0,40	0,10	0,097	0,70	0,147		
16	7,0	0,35	0,50	0,368	0,20	0,97	0,148		
17	7,3	0,50	0,50	1,10	0,469	0,90	0,669		
18	-	-	-	-	-	-	-		
19	7,0	2,75	3,00	1,06	1,00	7,31	0,10		
20	7,1	3,80	3,20	1,00	2,30	9,40	0,90		
21	7,6	4,20	3,60	1,44	1,00	6,20	3,40		
22	-	-	-	-	-	-	-		
23	7,2	0,30	0,40	0,33	0,007	0,29	0,247		
24	7,7	2,50	3,10	0,98	1,00	7,30	0,60		
25	7,5	5,80	2,70	4,00	1,73	13,20	0,10		
26	7,7	2,80	1,10	1,20	0,66	5,19	0,10		

Таблица 7

Определение огнеупорности и спекаемости глинистого сырья

Номер варианта	Температура обжига, °С	Общая усадка, %	Водопоглощение, %	Средняя плотность, кг/м ³	Цвет черепка	Классификация по степени спекаемости	Огнеупорность, °С	Классификация по огнеупорности
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	900	8,9	13,6	1825	Красный с белым налётом		1180	
	950	9,0	13,2	1842	— —			
	1000	9,1	12,8	1843	— —			
	1050	9,2	12,6	1871	Тёмно-красный			
	1100	12,5	7,6	2075	Коричневый			
	1150				Тёмно-коричневый, оплавленный			
2	900	9,7	13,8	1870	Светло-розовый		1530	
	950	12,5	7,30	2090	Желто-розовый			
	1000	16,2	4,36	2200	Кремовый			
	1050	16,2	1,16	2310	— —			
	1100	17,5	0,55	2340	Тёмно-кремовый			
3	900	9,25	14,5	1741	Красный		1150	
	950	9,50	14,1	1749	— —			
	1000	9,75	13,2	1762	— —			
	1050	10,0	13,0	1771	— —			
	1100	10,5	12,2	1800	Тёмно-красный			
	1150				Коричневый, оплавленный			

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	900	8,90	13,6	1870	Розовый		1180	
	950	9,00	13,5	1880	— —			
	1000	9,70	13,3	1890	Светло-красный			
	1050	9,85	13,3	1895	Красный			
	1100	12,5	6,1	2140	Тёмно-коричневый с признаками пережога			
5	900	8,7	10,5	2452	Светло-красный		1180	
	950	8,7	10,4	2496	— —			
	1000	9,0	9,9	2519	Красный			
	1050	10,2	7,6	2550	Тёмно-красный			
	1100	11,9			Тёмно-коричневые с блеском, оплавлены рёбра			
	1150				Образцы оплавлены			
6	900	5,5	11,6	1900	Красный		1180	
	950	6,0	11,5	1900	— —			
	1000	6,0	11,3	1920	— —			
	1050	6,1	11,0	1930	— —			
	1100	8,1	6,3	2000	Темно-коричневый, оплавлены ребра			
7	900	11,80	12,4	1851	Красный		1140	
	950	11,90	12,3	1869	— —			
	1000	12,00	11,7	1898	Светло-красный			
	1050	12,35	10,4	1924	— —			
	1100	12,75	4,9	2004	Серовато-красный, начало деформаций			

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	900	8,7	17,6	1720	Светло-красный		1170	
	950	8,8	16,1	1728	— —			
	1000	9,0	15,7	1737	— —			
	1050	9,3	14,4	1740	Серовато-красный, точечные выплавки			
	1100	10,0	10,7	1817	Коричнево-красный, начало деформации			
9	900	9,50	14,91	1840	Светло-коричневый		1170	
	950	10,20	14,14	1853	— —			
	1000	10,72	14,03	1867	— —			
	1050	11,20	13,62	1883	Пёстрый с тёмно-красными вкраплениями			
	1100	11,58	0,51	2008	Светло-бежевый, тёмно-красные вкрапления			
10	900	10,00	14,5	1750	Светло-красный		1190	
	950	10,25	14,5	1780	— —			
	1000	10,50	14,1	1780	— —			
	1050	10,75	13,1	1790	Коричневый с белыми вкраплениями			
	1100	12,00	12,1	1790	— —			
	1150	14,75	2,2	1930	Зеленоватый, оплавленный			

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	900	9,75	14,4	1807	Светло-красный		1180	
	950	10,00	14,2	1844	Красный			
	1000	10,18	13,9	1850	— —			
	1050	10,25	13,7	1898	— —			
	1100	13,25	1,9	2056	Тёмно-коричневый			
	1150				Образцы оплавлены			
12	950	9,5	13,1	1860	Красный		1250	
	1000	9,7	12,5	1898	— —			
	1050	10,0	11,7	1908	Тёмно-красный			
	1100	12,5	5,9	2126	Тёмно-коричневый с блеском			
13	950	10,25	13,0	1790	Светло-красный		1180	
	1000	10,75	12,5	1798	Тёмно-красный			
	1050	11,25	11,3	1828	Красно-коричневый, границы слегка оплавлены			
	1100	14,35	0,45	2178	Тёмно-коричневый, оп- лавление			
14	950	5,25	14,40	1847	Красный		1170	
	1000	5,58	14,03	1855	— —			
	1050	5,62	13,90	1865	— —			
	1100	5,83	13,20	1868	— —			
	1150		1,70		Коричневый, вспучивание, оплавление			

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	900	10,3	11,6	1792	Светло-красный		1150	
	950	10,6	8,6	1812	— —			
	1000	10,9	7,3	1894	Красный			
	1050	13,8	4,5	2107	Тёмно-красный			
	1100				Образцы вспучены			
16	900	7,2	16,0	1786	Светло-красный		1150	
	950	7,8	14,7	1809	Красный			
	1000	7,9	14,8	1862	— —			
	1050	8,6	13,6	1869	Коричневый			
	1100	13,8	3,4	2246	Тёмно-коричневый, грань оплавлена			
	1150				Образцы оплавлены			
17	950	8,8	14,0	1799	Светло-красный		1170	
	1000	9,8	13,4	1815	— —			
	1050	10,0	12,4	1833	Красный			
	1100	11,8	7,3	1948	Красно-коричневый			
	1150				Коричневый, вспучены			
18	950	9,5	13,1	1860	Красный		1250	
	1000	9,7	12,5	1898	— —			
	1050	10,0	11,7	1908	Тёмно-красный			
	1100	12,5	5,9	2126	Тёмно-коричневый			

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	900	7,25	14,8	1780	Розовый		1340	
	950	7,80	14,6	1825	— —			
	1000	10,25	12,4	1861	— —			
	1050	13,75	5,2	2123	Красный			
	1100	16,25	0,9	2239	Коричневый			
	1150				Тёмно-коричневый, образцы деформированы			
20	900	6,5	12,1	1866	Светло-розовый		1380	
	950	7,0	10,8	1901	Розовый			
	1000	8,3	10,4	1951	— —			
	1050	12,0	3,76	2181	Красный			
	1100	12,5	1,17	2241	Коричневый			
	1150				Тёмно-коричневый, образцы вспучены			
21	950	5,25	18,4	1688	Светло-кремовый		1190	
	1000	5,50	18,1	1705	— —			
	1050	6,00	17,2	1720	Кремовый			
	1100	12,5	3,90	2073	Зеленовато-кремовый			
	1150				Оплавлен			
22	900	11,5	9,20	1896	Светло-красный		1140	
	950	12,9	9,05	1954	Красный			
	1000	13,0	8,60	1999	— —			
	1050	13,5	8,30	2012	Тёмно-красный			
	1100	16,0	3,10	2141	Тёмно-коричневый с блеском			
	1150				Вспучены			

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	900	7,3	12,3	1901	Светло-красный		1180	
	950	7,5	11,9	1864	Красный			
	1000	7,8	11,1	1866	— —			
	1050	7,8	10,1	1898	— —			
	1100	10,7	4,9	2072	Тёмно-красный с блеском			
	1150				Оплавлены			
24	900	10,50	14,00	1829	Светло-красный с белым налетом		1160	
	950	10,75	13,75	1841	— —			
	1000	10,85	13,80	1865	— —			
	1050	11,00	13,80	1878	— —			
	1100	14,00	4,90	2007	Тёмно-коричневые, деформация образцов			
	1150				Образцы расплавились			
25	900	11,0	9,2	1915	Красный с белым налетом		1170	
	950	11,5	8,8	1921	Красный с белым налетом			
	1000	12,0	8,2	1930	Темно-красный с белым налетом			
	1050	13,1	5,1	1968	Темно-коричневый с белесым налетом			
	1100				Образцы деформированы			
26	900	8,8	13,5	1820	Красный с белым налетом		1180	
	950	9,0	13,0	1845	Красный с белым налетом			
	1000	9,1	12,7	1848	Красный с белым налетом			
	1050	9,2	12,5	1880	Темно-красный с белым налетом			
	1100	12,0	7,6	2070	Коричневый			
	1150				Образцы деформированы			

Таблица 8

Характеристика формовочных и сушильных свойств глинистого сырь

Номер варианта	Отношение к формовке		Воздушная линейная усадка, %	Оценка чувствительности к сушке		Оценка механической прочности на изгиб в сухом состоянии		Наличие де- фектов после сушки на ку- биках
	формовочная влажность, %	формуемость пластиче- ским способом		К _ч (по Чиж- скому), с	классифи- кация	предел прочности балочек, МПа	классифи- кация	
1	20,20	Удовлетворительная	8,70	55		6,70		Трещины
2	20,20	— —	9,70	470		11,70		Нет
3	22,70	— —	9,00	68		6,00		Трещины
4	21,30	— —	8,60	55		8,30		Нет
5	18,60	— —	8,28	78		6,50		Трещины
6	16,00	Хорошая	6,15	80		3,50		Нет
7	19,10	Удовлетворительная	9,25	64		4,90		Трещины
8	18,50	— —	8,50	70		2,30		— —
9	19,50	— —	7,75	50		6,82		Нет
10	20,50	— —	9,75	106		4,20		Посечки
11	21,00	— —	8,90	55		8,00		Трещины
12	18,70	Хорошая	8,00	150		5,60		Нет
13	20,60	— —	10,00	63		7,50		Трещины
14	15,16	Удовлетворительная	6,08	63		4,69		Нет
15	19,20	— —	8,80	94		8,20		Трещины
16	20,00	Трудноформуемая	6,70	150		4,80		Нет
17	20,10	Удовлетворительная	8,40	93		8,90		— —
18	18,70	Хорошая	8,00	150		6,60		— —
19	19,00	— —	7,00	178		4,80		— —
20	18,00	— —	6,00	156		4,50		— —
21	15,70	Удовлетворительная	5,00	81		2,00		— —
22	22,90	Хорошая	11,30	73		5,80		Трещины
23	18,20	Удовлетворительная	7,00	85		6,20		Трещины
24	19,0	Удовлетворительная	9,00	55		9,30		Трещины
25	20,0	Хорошая	10,25	61		10,20		Трещины
26	17,5	Хорошая	8,40	54		8,70		Трещины

Таблица 9

Результаты физико-механических испытаний и внешний вид образцов после обжига

Номер вари- анта	Темпера- тура об- жига, °С	Огневая усадка, %	Водопо- глощение, %	Морозо- стой- кость, циклы	Предел прочности образцов, МПа				Наличие трещин и других дефек- тов на кубах	Характеристика образцов	
					при сжатии		при изгибе			после пропаривания	после ка- пиллярного подсоса
					средний	мини- мальный	средний	мини- мальный			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	950			25	15,1	13,5	16,0	14,7	Посечки и белый налёт	Отколы от кар- бонатных включений размером до 10 мм	Незначи- тельный белый на- лёт
	1000			25	18,3	17,8	17,9	16,8			
2	950			25	26,4	25,1	15,8	14,2	На поверхности белый налёт	Отколы от кар- бонатных включений до 8 мм	Незначи- тельный белый на- лёт
	1000			25	28,7	26,3	17,7	17,1			
3	950			15	17,3	14,8	12,4	11,8	Трещины — —	Единичные от- колы То же	Без дефек- тов
	1000			15	22,4	17,3	13,1	9,8			
4	950			15	18,6	16,9	9,1	8,3	— — Трещины, пере- секающие рёбра	Без дефектов То же	То же — —
	1000			15	21,2	18,8	10,2	9,1			
5	950			25	11,2	7,7	7,2	5,7	Трещины и по- сечки	— — — —	Налёта нет — —
	1000			25	11,7	11,6	7,4	7,3			
6	950			15	14,0	10,5			Незначительные посечки	Без дефектов	Без дефек- тов
	1000			15	18,4	10,1					

Продолжение табл.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	950 1000			15 15	13,2 16,2	12,6 14,6	9,2 9,8	7,2 7,7	Трещины — —	Отколы раз- мером до 5 мм	Без выщев- тов
8	950 1000			— —	18,4 21,5	14,8 16,9	13,9 14,5	10,2 11,8	Незначитель- ные посечки	Полностью разрушились	Белый на- лёт (можно очистить острым предме- том)
9	950 1000			> 25 > 25	28,15 29,95	23,60 28,74	15,1 16,3	14,30 15,68	Глубокие трещины	Отколы раз- мером до 7 мм	Без дефек- тов
10	1000 1050			15 15	21,6 26,0	18,3 23,2	16,2 18,6	15,1 18,4	Дефекты от- сутствуют	Многочис- ленные отко- лы до 10 мм	— —
11	1000 1050			15 15	28,1 34,5	25,5 32,0	14,6 16,7	12,1 15,4	Глубокие трещины То же	Единичные отколы до 3 мм То же	Белый на- лёт Налёт не- значитель- ный
12	950 1000			25 25	18,5 22,0	15,0 18,0	6,5 7,0	5,3 6,8	Нет дефектов	Без дефектов	Без дефек- тов
13	950 1000			15 15	28,8 18,9	27,1 16,2	10,1 11,5	9,8 10,4	Тре- щины и по- сечки	Без дефектов	Налёта нет
14	950 1000			18 18	9,30 12,11	9,0 11,8	7,43 10,30	6,5 8,0	Трещины и посечки	Без дефектов	Без дефек- тов

Продолжение табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	950 1000			25 25	21,6 27,3	19,2 22,6	10,9 13,4	8,6 10,5	Единичные посечки впу- чены	Без дефектов — —	Без дефектов
16	950 1000			35 35	13,6 18,5	10,9 14,0	4,8 5,3	3,8 4,2	Без дефектов	— —	Налёт отсут- ствует
17	1000 1050			22 18	22,7 20,7	18,9 17,1	19,4 19,3	19,2 19,1	То же	Отколы че- репка до 10 мм	Без дефектов
18	950 1000			25 25	18,5 9,7	15,0 22,0	6,5 18,0	5,3 7,0	— —	Без дефектов	— —
19	950 1000			25 25	21,8 26,2	19,2 25,2	— —	— —	— —	— —	Незначитель- ный налёт
20	950 1000			25 35	38,6 57,2	30,3 40,4	— —	— —	— —	— —	То же
21	1000 1050			15 15	6,5 6,3	6,3 6,1			— —	— —	— —
22	950 1000			15 15	21,4 24,4	16,5 22,1	5,8 6,2	4,3 5,9	Трещины — —	— —	Налёта нет
23	950 1000			15 15	15,3 16,4	12,9 12,4	9,4 11,5	8,1 9,6	— — — —	— —	То же
24	950 1000			25 25	18,3 19,2	16,0 17,6	7,8 8,4	6,1 7,0	Посечки — —	— —	— —
25	950 1000			15 15	13,6 15,8	11,2 14,3	6,0 7,2	5,3 6,5	— — — —	— —	Незначитель- ный налёт
26	950 1000			25 25	20,4 23,8	18,5 19,7	9,7 10,8	8,1 9,3	— — — —	Единичные отколы до 5мм	Налёта нет

Приложение 2

Характеристика топливосодержащих отходов

Шифр	Степень метаморфизма углей	Вид отходов	Зольность, %	Содержание, %		Размер кусков, мм	Влажность, %	Насыпная плотность, кг/м ³	Содержание частиц менее 0,2 мм
				Al ₂ O ₃	SO ₃				
Отходы углеобогащения:									
1-8	Г, Ж	Гравитационные	79,7	21,4	2,5	1-13	12	1259	
2-6	Г, Ж	Флотационные	70,1	17,2	2,0	0-1	25	800	
3-0	Т	Гравитационные	77,4	18,9	2,8	0-150	5	1180	
4-1	Т	Флотационные	72,6	22,0	2,2	0-1	28	920	
5-0	А	Гравитационные	78,0	17,7	1,7	0-150	12	1280	
6-0	А	Флотационные	70,0	14,5	1,8	0-1	20	880	
7-8	Г	Гравитационные	86,1	23,2	0,5	13-150	7	1300	
8-7	Г	Гравитационные	82,2	18,8	1,4	13-150	5	1250	
9-9	Г	Флотационные	72,2	16,1	0,3	0-1	30	840	
11-6	Г	Гравитационные	75,1	21,2	1,2	1-13	15	1180	
13-12	Г	Гравитационные	81,7	20,7	0,8	13-150	4	1220	
17-2	Т	Гравитационные	82,5	26,4	1,2	13-150	5	1250	
18-1	Т	Флотационные	70,3	18,5	2,6	0-1	28	870	
19-4	Ж	Гравитационные	88,5	22,3	1,7	13-150	8	1305	
20-5	Ж	Флотационные	77,6	20,0	1,5	0-1	26	880	
21-1	А	Гравитационные	72,5	14,1	0,17	1-13	12	1167	
23-1	А	Флотационные	70,0	15,8	1,0	0-1	21	900	
Отходы угледобычи:									
24-0	Т	Негорелые	84,0	24,1	3,1	0-40	9	1430	
25-9	Г	— —	81,0	22,8	1,9	0-40	15	1480	
27-0	А	— —	80,3	18,1	1,6	0-40	7	1497	
28-0	А	— —	85,1	22,3	0,8	0-40	5	1435	
29-3	Ж	— —	68,2	15,0	1,1	0-40	6	1430	
30-0	А	Горелые	91,0	24,8	0,8	0-40	5	1443	
31-0	А	— —	93,1	17,5	3,8	0-40	4	1485	
32	А	Золошлаковые	79,8	19,5	1,7	0-1	22	840	94
33	А	— —	70,0	24,1	0,7	0-1	17	820	96
34	А	— —	62,1	21,7	1,1	0-1	24	800	96
35	А	— —	86,3	19,2	0,94	0-50	12	880	70
36	А	— —	87,1	22,0	2,4	0-55	10	920	78
37	А	— —	85,2	23,9	0,3	0-42	9	950	75

Приложение 3

Справочные данные по чувствительности к сушке глинистого сырья и активности карбонатных включений

Таблица 1

Определение чувствительности к сушке глинистого сырья
(по Чижскому)

Время до появления первой трещины на испытываемом образце, с	Классификация глинистого сырья
до 100	Высокочувствительное
100 – 180	Среднечувствительное
более 180	Малочувствительное

Таблица 2

Определение активности карбонатных включений

Содержание $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ в карбонатных включениях, %	Классификация по активности
менее 50	Малоактивные
50 – 70	Среднеактивные
более 70	Высокоактивные

Приложение 4

Тройные диаграммы грансостава глинистого сырья

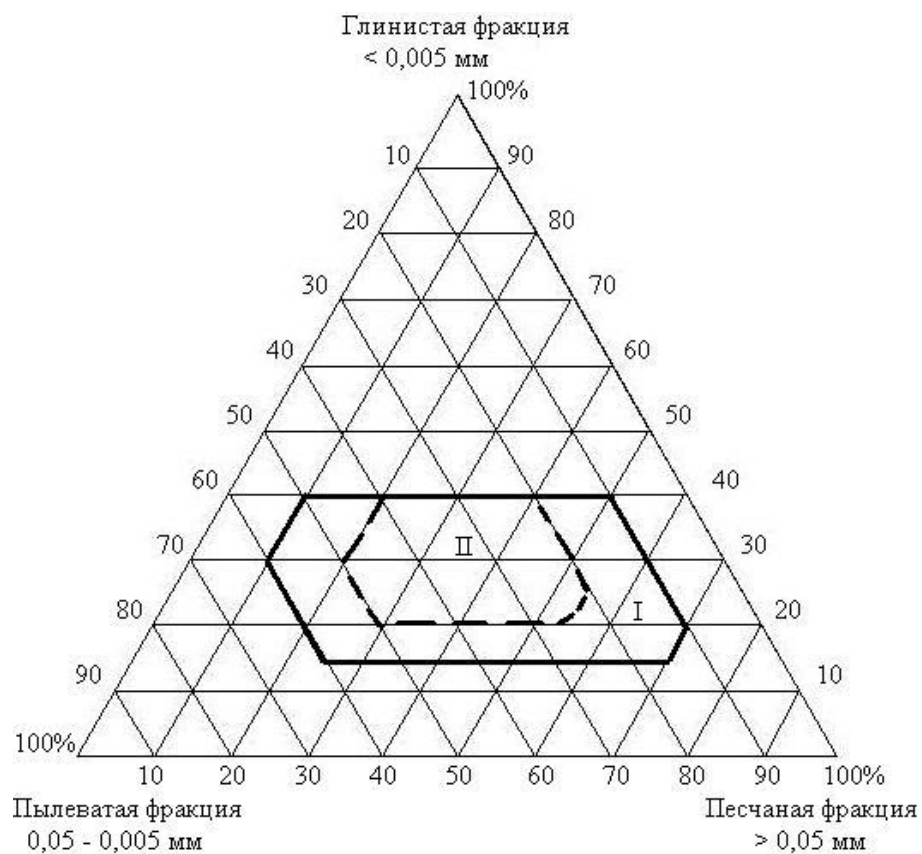


Рис.1. Область расположения грансостава рекомендованных керамических масс для кирпича полнотелого. Область I при сроках сушки 60–72 часа, область II при сроках сушки до 60 часов.

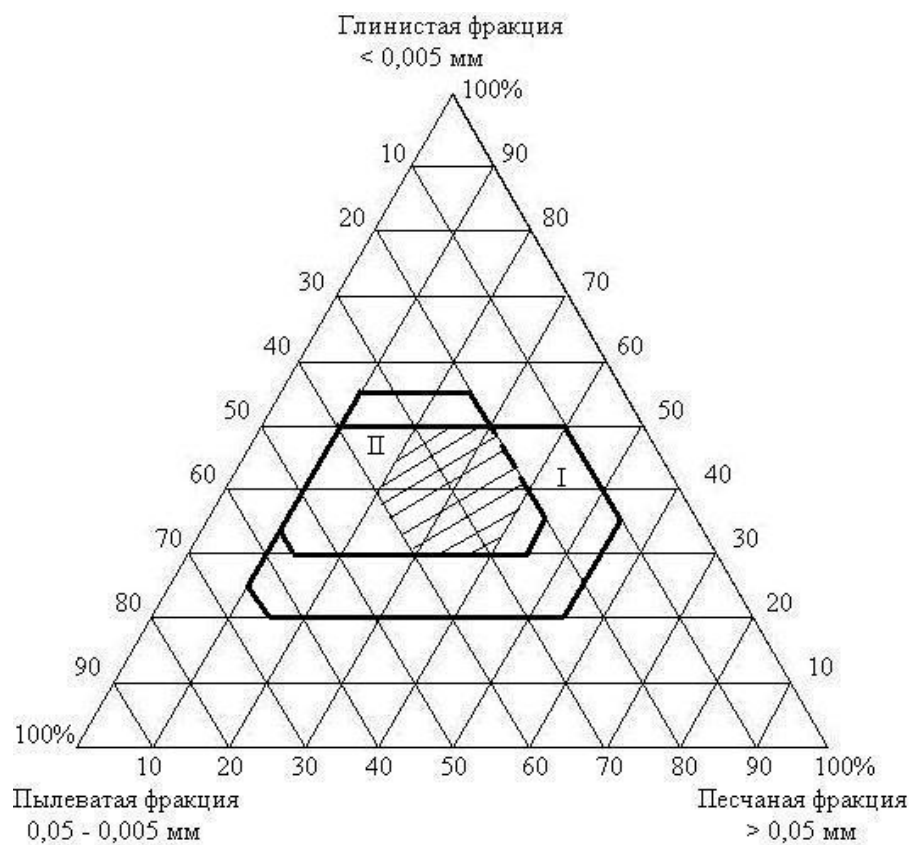


Рис.2. Область расположения грансостава рекомендованных керамических масс для кирпича пустотелого. Область I для кирпича с пустотностью до 25 %, область II для кирпича с пустотностью 25-35 %.

Срок сушки керамических масс – 48 часов, заштрихованная область – 36 часов

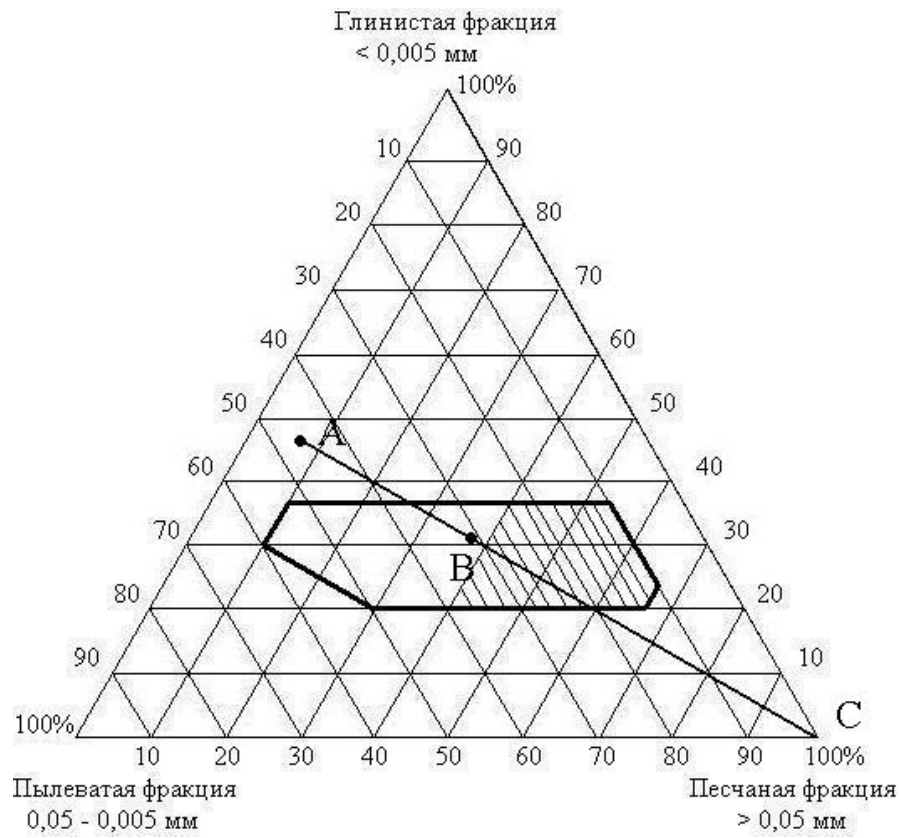


Рис.3. Область расположения грансостава рекомендованных керамических масс для камней керамических.
Срок сушки керамических масс – 48 часов, заштрихованная область – 36 часов

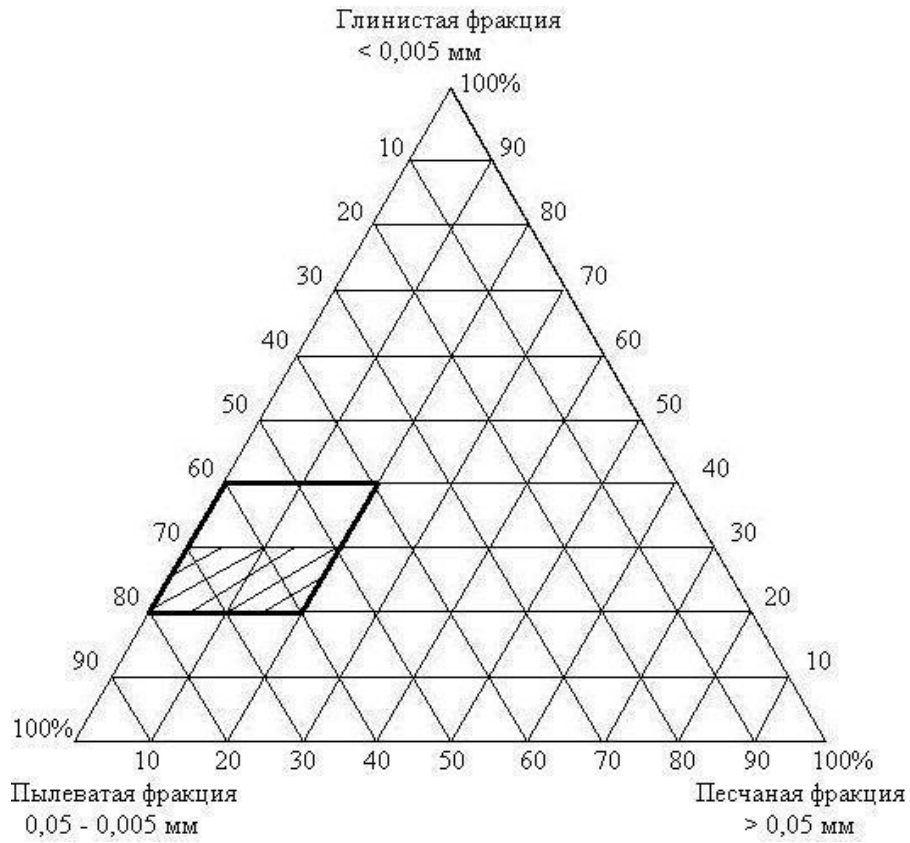


Рис.4. Область расположения грансостава рекомендованных керамических масс для кирпича полусухого прессования.

Срок сушки керамических масс – 36-48 часов, заштрихованная область – 18-24 часа

Приложение 5

Основные виды добавочных материалов

Наименование добавки	Количество, % по объёму	Максимально допус- тимая фракция, мм	Насыпная плотность, кг/м ³
Отошающие добавки			
кварцевый песок	10 – 25	2	1300-1400
древесные опилки	5 – 15	5	200 – 250
уносы керамзитового производст- ва	5 – 10	3	800 – 900
дегидратированная глина	15 – 40	2 – 3	1000-1100
шамот	3 – 10	2 – 3	1200-1400
доменные и ваграночные шлаки	-	3	1300-1500
Топливосодержащие добавки:			
уголь (А,Т)	2 – 10	1 – 2	
зола-унос ТЭС	10 – 75	0,5	900
золошлаковые отходы	10 – 40	2	1400-1600
отходы углеобогащения	10 – 100	0,5	1100-1800
отходы угледобычи	10 – 50	2	1100-1800
котельные шлаки	10 – 20	2	700 - 1000
Пластифицирующие добавки:			
высокопластичная каолинистая глина	5 – 20	В виде порошка или шликера	
бентонитовая глина	2 – 3	с влажностью 50- 60%	
ПАВ	0,3 – 1	В виде водного рас- твора	
Флюсующие добавки:			
стеклобой	5 – 10	0,5	
пиритовые огарки	5 – 10	1	
Добавки, предотвращающие высолы на поверхности лицевых изделий:			
углекислый барий	0,5 – 1	В виде водной сус- пензии	
гидрат окиси бария	0,5 – 1	или водного рас- твора	
Окрашивающие добавки:			
марганцевые и хромистые руды	3 – 10	0,1 или в виде шли- кера	
железистая руда	5 – 15	То же	
карбонатные породы	15 - 30	— —	

Приложение 6

Основные технологические параметры подготовки сырья, формования, сушки и обжига изделий

Наименования	Ед. изм.	Значения
1	2	3
Карьерная влажность глинистого сырья	%	Из приложения 1
Влажность добавок: - топливосодержащих - других видов	%	Из приложения 1 Из справочной литературы
Состав шихты по объёму: глинистое сырьё добавки (конкретно вид)	%	По расчету
Максимальный размер частиц после переработки шихты	мм	По расчету
Формовочная влажность: - при пластичном формовании - при жёстком - при полусухом	%	17 – 19 13 – 17 8 - 9
Общая усадка: - при пластичном формовании - при жёстком - при полусухом	%	5 – 7 3 – 4 0 – 1,5
Температура сырца: - при пластичном формовании - при жёстком - при полусухом	°C	30 – 40 50 – 60 20 – 30
Глубина вакуума при пластическом формовании	кПа	90 – 93
Давление в головке пресса: - при пластичном формовании - при жёстком	МПа	1,2 – 2,5 5 – 10
Зерновой состав пресс-порошка: 3 - 2 2 - 1 менее 1	мм	15 – 20 25 – 30 40 – 55
Коэффициент сжатия пресс-порошка (при полусухом прессовании)		1,7 – 2,0
Удельное давление прессования	МПа	15 – 25
Прочность сырца при сжатии: - при жёстком прессовании - при полусухом прессовании	МПа	1,5 – 2,0 Более 2,0

Продолжение табл.

1	2	3
Срок сушки сырца	ч	По расчету
Температура подаваемого теплоносителя при сушке	°C	70 – 90
Температура отходящего теплоносителя при сушке	°C	Равна температуре сырца
Относительная влажность отходящего теплоносителя	%	95 – 98
Остаточная влажность сырца после сушки	%	2 – 4
Продолжительность обжига: - в туннельной печи - в кольцевой печи - однородный обжиг	ч	36 – 48 56 – 72 6 – 20
Интервал обжига	°C	Не менее 30 (из приложения 1)
Максимальная температура обжига	°C	Из прил. 1

Приложение 7

Технологический регламент производства керамического кирпича

1. Характеристика сырья, используемого при производстве керамического кирпича (камней)

1.1. Характеристика глинистого сырья (основного)

Классификация глинистого сырья

Показатели	Классификация
По содержанию Al_2O_3 в прокаленном состоянии	
По минеральному составу	
По содержанию тонкодисперсных фракций	
По пластичности	
По спекаемости	
По огнеупорности	
По засорённости крупнозернистыми включениями	
Содержание карбонатных включений	
По активности карбонатных включений	
По содержанию водорастворимых солей	
По чувствительности к сушке	

Насыпная плотность сырья, $кг/м^3$ —

Карьерная влажность, % —

1.2. Характеристика добавок (каждой конкретно)

Для песка:

— модуль крупности —

— насыпная плотность, $кг/м^3$ —

– влажность, % —

Для топливосодержащих добавок:

– содержание Al_2O_3 , % —

– содержание SO_3 , —

– зольность, % —

1 теплопроводная способность, кДж/кг —

2 максимальный размер кусков, мм —

– насыпная плотность, $кг/м^3$ —

– влажность, % —

Для пластифицирующих добавок в виде глин:

– содержание Al_2O_3 , % —

3 пластичность, % —

4 минеральный состав —

5 чувствительность к сушке, с —

– влажность, % —

– насыпная плотность, $кг/м^3$ —

6 максимальный размер кусков, мм —

Для других видов добавок:

– влажность, % —

– средняя плотность, $кг/м^3$ —

2. Подготовка сырья и получение глиномассы.

2.1. Состав шихты, % объём:

глина —

добавки —

2.2. Технологическая схема подготовки сырья. /функциональная с названием оборудования/

7	виды глинозапасника и складов добавок	—
8	подготовка добавок и дозирование (каждой конкретно)	—
9	подготовка глины и дозирование	—
10	подготовка шихты	—

2.3. Технологические параметры прессования кирпича (камней)

При пластическом и жёстком формовании:

11	вид пресса	—
12	пустотность сырца, %	—
13	формовочная влажность, %	—
14	температура бруса, °С	—
15	глубина вакуума, кПа	—
16	давление в головке пресса, МПа	—

При полусухом формовании:

17	вид пресса	—
18	пустотность сырца, %	—
—	влажность пресс-порошка, %	—
—	насыпная плотность пресс-порошка, кг/м ³	—
—	зерновой состав, %:	
	фракция 3 – 2 мм	—
	фракция 2 – 1 мм	—
	фракция менее 1 мм	—
19	глубина засыпки пресс-формы	—
20	прочность сырца при сжатии, МПа	—
21	коэффициент сжатия	—
22	удельное давление прессования, МПа	—
2.4. Технологические параметры сушки:		
23	вид сушки	—

24 температура подаваемого теплоносителя, °С		—
25 температура отходящего теплоносителя, °С	—	
26 относительная влажность отходящего теплоносителя, %		—
27 срок сушки, ч	—	
28 остаточная влажность сырца, %	—	
2.5. Технологические параметры обжига:		
29 вид обжигового агрегата	—	
30 продолжительность обжига, ч	—	
31 интервал обжига, °С	—	
32 общая усадка, %		—
2.6. Характеристика изделий:		
33 вид изделий	—	
34 пустотность, %		—
35 водопоглощение, %	—	
36 средняя плотность, кг/м ³	—	
37 марка: по прочности	—	
по морозостойкости		—
38 условное обозначение изделия	—	

Учебное издание

**НАУМОВ Алексей Александрович,
КОЗЛОВ Григорий Александрович,
МАЛЬЦЕВА Инна Владиславовна,
ТЕРЕХИНА Юлия Викторовна**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ И ВЫБОР
ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ПРЕДПРИЯТИЙ
СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ**

Редактор

Компьютерная верстка и макет А.А. Наумова

Подписано в печать Формат 60×84/16. Ризограф. Бумага
писчая. Уч.-изд. л. 4,0. Тираж 100 экз. Заказ

Издательский центр ДГТУ

344000, Ростов н/Д, пл. Гагарина, 1.