

6
A-1

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ СССР

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
им. В. В. Куйбышева

На правах рукописи

Н. А. ПАЛАТЧЕНКО

**ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ
ШЛАКОКЕРАМИКИ ОТ СОСТАВА
И СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва — 1953 г.

Введение

Масштабы строительства в нашей стране, в отличие от капиталистических стран, возрастают из года в год. Директивы исторического XIX съезда Коммунистической партии Советского Союза по пятому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1951—1955 гг. предусматривают увеличение объема капитального строительства на 1951—1955 гг., примерно, на 90% — по сравнению со строительством, выполненным в 1946—50 гг.

Развитие грандиозного строительства в СССР неразрывно связано с увеличением выпуска самых различных строительных материалов, в том числе изделий строительной керамики. Стоимость строительных материалов составляет около 50% от стоимости строительства. Директивы XIX съезда Коммунистической партии Советского Союза предусматривают увеличение производства различных строительных материалов, примерно в 2 раза, а кирпича в 2,3 раза.

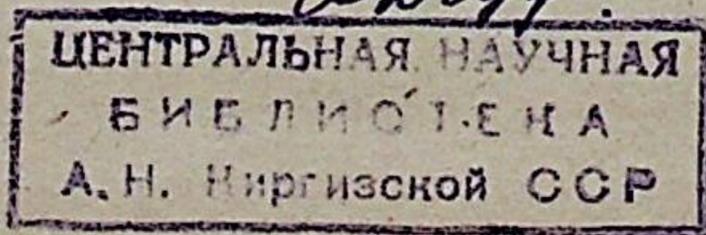
Известно, что в настоящее время в общем балансе стеновых материалов обыкновенный глиняный кирпич имеет наибольший удельный вес. Это обусловлено такими достоинствами его, как: а) высокая механическая прочность, б) долговечность, в) огнестойкость и г) повсеместное распространение исходного сырья.

Обыкновенный глиняный кирпич, изготавливаемый пластическим или полусухим способом характеризуется объемным весом около 1800—1900 кг/м³, что обуславливает его пониженные теплоизоляционные свойства. Производство обыкновенного кирпича требует большого расхода условного топлива (до 250—300 кг. на 1000 штук кирпича), цикл производства длится от 4 до 7 суток.

Пустотелые керамические изделия имеют объемный вес в пределах 1300—1400 кг/м³, что соответствует коэффициенту теплопроводности 0,4—0,5 к. кал/м., час/градус. Применение пустотелых изделий позволяет значительно уменьшить толщину стен, облегчить фундаменты и общий вес здания.

Однако, изготовление пустотелых изделий требует:

а) особо тщательной обработки сырья с применением дополнительного оборудования;



б) применения осторожной сушки и обжига вследствие недостаточной термической стойкости отдельных видов пустотелых изделий.

Развитие строительства неразрывно связано с применением новых эффективных материалов.

Экономия стеновых материалов, в том числе и глиняного кирпича, становится важнейшей задачей, определяющей успех и дальнейший подъем массового жилищного и гражданского строительства.

Сокращение расхода глиняного кирпича может быть достигнуто путем более эффективного его использования в конструкциях, улучшением качества самого кирпича, замены кирпича другими равноценными материалами и изменением архитектурно-композиционного решения деталей.

Это предопределяет необходимость дальнейших исследований, направленных на получение облегченных керамических изделий с увеличенными по сравнению с кирпичем размерами, что способствует снижению не только веса стен зданий, но и трудоемкости их возведения.

Нами была поставлена задача — изучить свойства эффективных материалов, изготавливаемых из смесей глины с топливными шлаками и золами при применении различных приемов формования. Введение в глину топливных шлаков и зол, являющихся одновременно отошающими и порообразующими компонентами обеспечивает:

1. уменьшение расхода глины на изготовление шлакокерамических изделий;
2. возможность интенсификации процессов сушки и обжига изделий;
3. резкое уменьшение расхода топлива на обжиг шлакокерамических изделий при наличии в шлаках и золах несгоревшего топлива;
4. увеличение морозостойкости изделий;
5. возможность расширения ассортимента изделий;
6. уменьшение объемного веса изделий и веса 1 м² стены.

Сырьевая база для изготовления шлакокерамических изделий. На 1.1—1952 г. республиканской топливно-шлаковой конторой МПСМ РСФСР только на территории РСФСР было учтено до 3.000.000 м³ различных шлаков от сжигания углей в топках паровозов.

Зол от сжигания углей в топках котлов электростанций было подсчитано около 10.000.000 м³. В настоящее время в СССР ежегодно получается до 25 млн. тонн топливных отходов, количество которых все время увеличивается.

Современное состояние данного вопроса. В СССР на отдельных кирпичных заводах («Крафт», группа заводов Калининской и Великолукской областей), начиная с 1926 года, при изготовлении строительного кирпича пластическим способом в качестве отошателя в глину добавлялся паровозный шлак в количестве до 10% (по объему).

В 1943 году проф. А. В. Филиппов исследовал и положительно разрешил вопрос об изготовлении шлакокерамических камней пластическим способом. Под его руководством на Сталиногорском кирпичном заводе была выпущена партия камней размером 40×20×20 см. для шахтного строительства.

Работники Московского института местных строительных материалов («РОСНИИМС») т. т. Шлыков, А. В. и Сергеев Г. К. с 1948 года работают над вопросом о введении каменного угля и топливных отходов в глину. В результате их работ на Никольском и Очаковском кирпичных заводах было начато изготовление пористо-дырчатого кирпича пластическим способом с введением в глину угля или шлака.

В 1951 г. было освоено изготовление пористо-дырчатого кирпича из шихты состава (по объему): глина — 76%, опилки — 17% и изгарь — 7% на Кучинском кирпичном заводе (г. Москва).

В 1949 году группа научных работников и инженеров (т. т. Бубнов Н. И., Максимов Ф. В., Шапошников Д. А. и др.) приступила к разработке технологии изготовления шлакокерамических изделий пластическим способом. На основании их работ на отдельных заводах было начато изготовление последних.

С 1949 г. ведет работу по изучению добавок к глине топлива Уфимское отделение «РОСНИИМС» а.

Экспериментальные работы, проведенные лабораторией сухого прессования Всесоюзного научно-исследовательского института строительной керамики (НИСТРОЙКЕРАМИКА) в 1949—50 гг., установили, что введение в легкоплавкие глины и суглинки выгорающих добавок (изгарь, короткопламенный донецкий уголь, древесные опилки) в количестве 1—4% по объему способствует увеличению морозостойкости, а иног-

да и прочности кирпича полусухого прессования. Была установлена возможность введения в глины различной пластичности паровозной изгари в количестве до 50% (по объему) для понижения пластичности при изготовлении строительного кирпича.

На кирпичном заводе в Ростове н/Дону при изготовлении строительного кирпича полусухим способом производства добавляется в глину паровозный шлак в количестве до 8—10% (по объему).

Необходимо отметить, что изготавливаемые на различных заводах шлакокерамические изделия, как правило, по размерам соответствуют обыкновенному или полуторному строительному кирпичу, а объемный вес этих изделий относительно велик (1450—1600 кг/м³).

Проведенными работами еще недостаточно установлены основные зависимости физико-технических показателей шлакокерамических изделий от свойств и количества шлаков и зол, вводимых в глины различной пластичности.

Относительно освоено производство изделий пластическим способом, другие же приемы изготовления их с использованием трамбования и прессования почти не изучались. Не изучены также следующие общие вопросы:

1. изменение формовочной влажности шлакокерамических масс в зависимости от количества и качества введенных шлаков или зол в глины различной пластичности;
2. сушильные свойства шлакокерамических изделий и физико-технические свойства их в зависимости от содержания в смеси шлаков или золы;
3. особенности и динамика обжига шлакокерамических изделий.

Содержание диссертации

В представленной работе исследовались следующие узловые вопросы:

1. зависимость формовочной влажности шлакокерамических масс от способа уплотнения;
2. влияние шлаков или зол, вводимых в глины различной пластичности, на динамику сушки и обжига, а также на физико-технические свойства изделий;
3. зависимость физико-технических свойств обожженных шлакокерамических изделий от способа уплотнения и конечной температуры обжига.

Кроме того были разработаны технологические схемы изготовления шлакокерамических материалов при различных способах их уплотнения и составлены калькуляции себестоимости некоторых шлакокерамических материалов.

Экспериментальная часть исследования и методика проведения.

Цель экспериментальных работ диссертации заключалась в изучении основных свойств шлакокерамических образцов и изделий, изготовленных из разных по составу масс и различными способами уплотнения. Эксперименты выполнялись в лабораторных и заводских условиях.

Образцы, применявшиеся в опытах. Свойства шлакокерамики изучались на лабораторных образцах (кубики 7×7×7 см), которые формовались тремя способами: а) пластическим, б) прессованием на гидравлическом прессе под давлением 150 кг/см² и в) трамбованием на молотковом копре из расчета работы уплотнения в 1 кгм на 50 г. сухой смеси.

Шлакокерамические изделия различных размеров в условиях заводов были изготовлены: а) вручную, б) на ленточном прессе без вакуума, в) на комбинированном вакуум-прессе, г) на станке типа «Крестьянин» и д) на вибростанке СМ—45. Размер шлакокерамических изделий (сплошных и пустотелых), изготовленных вручную 40×20×20 см и 25×12×6,5 см; изготовленных на ленточном прессе без вакуума — 25×12,0×10,3 см и на комбинированном вакуум-прессе 26×12,5×14 см (пустотелые); изготовленных на станке типа «Крестьянин» — 40×20×20 см (пустотелые) и на вибростанке — 40×20×20 см (пустотелые).

Материалы. В лабораторных опытах были использованы следующие глины:

1. глина верхнекотельского кирпичного завода (Москва), по пластичности относящаяся к III классу;
2. глина Черемушкинского кирпичного завода (Москва) — первый класс пластичности и
3. глина Кудиновского керамического завода («поперечная») — первый класс пластичности.

В качестве топливных отходов были применены:

1. шлак от сжигания донецкого угля с теплотворной способностью—1500 кал/кг (количество несгоревшего угля—26%);

2. шлак от сжигания подмосковного угля с теплотворной способностью — 750 кал/кг (количество несгоревшего угля — 19%); и

3. зола от сжигания донецкого угля в пылевидном состоянии с теплотворной способностью — 675 кал/кг (количество несгоревшего угля — 14%).

При проведении опытов на Бутовском кирпичном заводе была использована местная глина, пластичность которой соответствовала III классу, а также паровозный шлак от сжигания донецкого угля с теплотворной способностью — 1275 кал/кг (количество несгоревшего угля 22%).

На Кучинском кирпичном заводе (а также на опытном заводе «НИИСТРОЙКЕРАМИКА») была использована кучинская глина второго класса пластичности и шлак от сжигания донецкого угля с теплотворной способностью 1050 кал/кг; кроме того, здесь использовались очажные остатки с теплотворной способностью 375 кал/кг (количество несгоревшего угля — 6%).

Предельный размер частиц шлака, использованного в лабораторных опытах и при изготовлении изделий пластическим способом в заводских условиях — 5 мм, а при изготовлении на станке типа «Крестьянин» — 10 мм.

Состав масс. Для изготовления лабораторных образцов были составлены массы из верхнекотельской, черемушкинской и кудиновской глин с добавками паровозного шлака, котельного шлака и золы в количестве 30, 50 и 70% от веса смеси.

Массы составлялись с оптимальной формовочной влажностью, которая каждый раз подбиралась опытным путем в зависимости от способа изготовления образцов. Для сравнения формовались лабораторные образцы из принятых глин без добавок шлаков или золы.

Шлакокерамические массы в исследованиях на Кучинском кирпичном заводе составлялись из кучинской глины и шлака от сжигания донецкого угля в подтопке сушилки, бравшихся в соотношениях: 80+20, 70+30, 65+35 и 50+50 по весу. На Бутовском заводе шлакокерамические изделия формовались из местной глины с введением паровозного шлака в количестве 20, 30 и 50% от веса смеси.

Формовочные свойства шлакокерамических масс.

При формовании шлакокерамических образцов и изделий определялись:

- а) формовочная влажность (абсолютная);
- б) объемный вес;

в) предел прочности при сжатии и в отдельных случаях при растяжении;

г) условия формования образцов и изделий.

В результате исследования вопроса о формовании шлако-керамических масс были получены нижеследующие основные выводы.

1. Введение в глины различной пластичности шлаков или золы при всех способах уплотнения требует большего количества воды затворения по сравнению с тем, какое необходимо для получения масс рабочей консистенции из глины без добавок. Количество воды затворения увеличивается при повышении содержания шлака или золы.

2. Увеличение степени уплотнения шлакокерамических масс сопровождается уменьшением количества воды затворения для образования масс рабочей консистенции.

При трамбовании и, особенно, прессовании шлакокерамических образцов требуется значительно меньшее количество воды затворения, чем применяется обычно при способе пластического формования.

Объемный вес свежесформованных шлакокерамических образцов и изделий уменьшается по сравнению с объемным весом глиняных изделий соответственно количеству введенных в глины шлаков или золы. Например, объемный вес образцов, изготовленных пластическим способом из черемушкинской глины с добавкой паровозного шлака в количестве 30, 50 и 70% от веса смеси составлял соответственно 87, 71 и 60% и при добавке аналогичных количеств золы 92, 87 и 76% от объемного веса глиняных образцов.

4. При введении в глины первого и второго класса пластичности шлаков или золы в количестве до 30% удобообрабатываемость шлакокерамических масс при всех способах уплотнения ухудшается незначительно по сравнению с удобообрабатываемостью глиняных изделий. Добавка в глины шлаков или золы в количестве 50%, и выше (от веса смеси) значительно ухудшает условия формования изделий пластическим способом.

5. Введение золы в глины различной пластичности при всех способах уплотнения, особенно при трамбовании, обеспечивает получение более удобообрабатываемых масс, чем добавка аналогичных количеств шлака.

6. Формование на ленточном прессе изделий из пластичных глин с добавкой 20, 30 и 50% топливных отходов дает почти ту же производительность пресса, что и при формовании аналогичных глиняных изделий.

7. Прочность свежеформованных сплошных и пустотелых шлакокерамических изделий размером $40 \times 20 \times 20$ см, $26 \times 12,5 \times 14$ см уменьшается почти пропорционально количеству введенных в глину шлаков или золы. Однако свежеформованные изделия из пластичных глин, содержащие шлаки или золу в количестве 30 и 50% обладают достаточной прочностью для бесполочной сушки их. Изделия с содержанием шлака 20—30% от веса массы имеют прочность, которая дает возможность безопасно производить садку последних на верхние и средние ряды камер кольцевой печи.

8. Повышение степени уплотнения шлакокерамических масс способствует увеличению прочности свежеформованных шлакокерамических образцов и изделий, особенно изготовленных из более пластичных глин. Прочность образцов, изготовленных прессованием и особенно трамбованием, больше, чем прочность образцов пластического формования (на 20—25%). Прочность образцов, изготовленных различными приемами уплотнения с добавкой золы, выше, чем при соединении шлака.

Сушильные свойства шлакокерамических масс

Сушка свежеформованных шлакокерамических образцов размером $7 \times 7 \times 7$ см производилась при температуре теплоносителя 100—105°.

Экспериментами определялись следующие показатели при сушке шлакокерамических образцов:

- а) скорость влагоотдачи (при потере влаги образцами через каждые четыре часа);
- б) воздушная усадка поверхностных и внутренних слоев шлакокерамических образцов в процессе сушки;
- в) температура внутри образцов;
- г) остаточная влажность.

Испытаниями устанавливались также нижеследующие основные свойства высушенных шлакокерамических образцов:

- а) объемный вес;
- б) предел прочности при сжатии;

Шлакокерамические изделия сушились следующим образом:

- а) пористо-дырчатый полуторный кирпич размером $25 \times 12 \times 10,3$ см подвергался сушке в камерной сушилке при температуре 65—70° (в среднем); б) пустотелые и сплошные шлакокерамические камни размером $40 \times 20 \times 20$ см — в камерах кольцевой печи при температуре окружающего воздуха 75—80° и в сушильном помещении при температуре окружаю-

щего воздуха 25—30°; в) шлакокерамические камни размером $26 \times 12,5 \times 14$ см в тоннельной сушилке при температуре 60—65° и г) шлакокерамические кирпичи размером $25 \times 12 \times 6,5$ см на стеллажах сушильного сарая при среднесуточной температуре +1,6°.

В ряде опытов сушка шлакокерамических изделий производилась также при их обжиге в горне при скорости подъема температуры 50° в час.

Результаты изучения сушильных свойств образцов и изделий позволяют сделать следующие основные выводы:

1. Скорость влагоотдачи шлакокерамических образцов и изделий, изготовленных из глин различной пластичности и шлаков и золы, увеличивается по сравнению с влагоотдачей глиняных изделий и зависит от содержания шлаков или золы;

2. повышение степени уплотнения шлакокерамических образцов уменьшает скорость влагоотдачи в процессе сушки;

3. введение золы в глины при всех способах уплотнения в меньшей степени увеличивает скорость влагоотдачи по сравнению со шлаками;

4. уменьшение влажности поверхностных и глубинных слоев шлакокерамических образцов происходит, как правило, почти одинаково, с увеличением содержания в глинах шлаков или золы создается большая равномерность во влажности различных слоев шлакокерамического образца;

5. продолжительность сушки шлакокерамических образцов равна 8—16 часам по сравнению с 16—32 часовой сушкой глиняных образцов;

6. введение шлаков или золы в глины различной пластичности уменьшает усадку шлакокерамических образцов и изделий в процессе сушки;

величина воздушной усадки уменьшается с увеличением содержания шлаков или золы. Однако, зола уменьшает воздушную усадку шлакокерамических образцов в меньшей степени, чем шлак;

7. повышение степени уплотнения шлакокерамических образцов и изделий способствует уменьшению величины воздушной усадки;

8. воздушная усадка шлакокерамических образцов, изготовленных из глин различной пластичности, как правило, оканчивается в первые часы сушки; при остаточной влажности (в среднем) 15,1% (пластическое формование) и 11,3% (трамбование).

9. разрушений шлакокерамических образцов в условиях ускоренной сушки при температуре в 100—105°, как правило, не было. Однако, наблюдалась частичная деформация изделий, изготовленных из пластичных глин с добавкой шлаков или золы в количестве 20 и 30%; введение шлаков при всех способах уплотнения масс в большей степени уменьшает опасность разрушения шлакокерамических образцов и изделий в процессе их ускоренной сушки, чем добавка равных количеств золы;

10. объемный вес и прочность сухих шлакокерамических образцов уменьшаются, по сравнению с глиняными образцами, в зависимости от содержания шлаков или золы.

Обжиг шлакокерамики

Обжиг лабораторных шлакокерамических образцов производился в керосиновом горне при температурах 900 и 1000°. Образцы, изготовленные из смесей высокопластичной тугоплавкой кудиновской глины и паровозного шлака (30, 50 и 70% от веса смесей), обжигались в силитовой печи при температуре в 1250°.

В процессе обжига шлакокерамических образцов определялись:

- а) ежечасно температура обжига и охлаждения;
- б) разрежение в горне (ежечасно);
- в) температура внутри глиняных образцов (ежечасно) при обжиге и охлаждении.

Одновременно с шлакокерамическими обжигались эталонные глиняные образцы, которые при обжиге сильно деформировались. Эти образцы были обожжены совместно с керамическими изделиями в горне при температуре 900, 1000 и 1250° при подъеме температуры по 8—10° в час. Продолжительность обжига 65—70 часов, охлаждения — 45—50 часов.

Обжиг шлакокерамических изделий производился: а) в камерах кольцевой печи совместно с кирпичем при конечных температурах 850° и 900°; б) в керосиновом горне при 1000° и в) в рабочем горне совместно с керамическими изделиями при 980°; при обжиге шлакокерамических изделий (кроме обжига в кольцевой печи) ежечасно измерялась температура печного пространства и также температура внутри изделий. После об-

жига определялись нижеследующие показатели основных физико-технических свойств полученных образцов и изделий:

- а) объемный вес; б) огневая усадка; в) предел прочности при сжатии; г) предел прочности при изгибе; д) водопоглощение; морозостойкость и ж) содержание несгоревшего топлива.

Испытания образцов и изделий производились по ГОСТу 530—41.

В результате изучения процессов обжига и свойств полученных шлакокерамических образцов и изделий сделаны следующие основные выводы:

1. Скорость нагревания шлакокерамических образцов и изделий в первые часы обжига (до 5 часов) меньше скорости нагревания глиняных. С началом горения угля скорость нагревания шлакокерамики увеличивается в зависимости от количества введенных в глину шлаков или золы и их теплотворной способности.

2. Скорость охлаждения шлакокерамики меньше скорости охлаждения глиняных изделий. Скорость охлаждения шлакокерамики изменяется обратно-пропорционально содержанию шлаков или золы. Скорость охлаждения шлакокерамики увеличивается с повышением степени уплотнения масс.

3. После воспламенения частиц угля, содержащихся в шлакокерамике, обжиг ее может происходить без введения топлива в печь или с минимальной добавкой его.

4. Продолжительность обжига шлакокерамики значительно меньше продолжительности обжига глиняных изделий; например, шлакокерамические образцы размером 7×7×7 см обжигались в течение 12—13 часов, пустотелые и сплошные шлакокерамические камни размером 40×20×20 см. — в течение 20—22 часов. В то же время обжиг глиняных образцов и изделий продолжался 65—70 часов.

5. Разрушений шлакокерамических образцов и камней в процессе обжига, как правило, не было за исключением тех случаев, когда содержание шлаков или золы в массах не превышало 20—30%.

6. Огневая усадка наружных и внутренних слоев шлакокерамики происходит равномерно.

7. Добавка шлаков или золы к глинам понижает температуру спекания шлакокерамических образцов, вследствие чего огневая усадка в шлакокерамических образцах по сравнению с глиняными начинается при более низкой температуре.

8. Повышение степени уплотнения шлакокерамических масс уменьшает величину огневой усадки в наружных и внутренних слоях изделий.

9. Продолжительность выгорания угля в шлакокерамических образцах, изготовленных различными способами уплотнения из пластичных глин, больше, чем в шлакокерамических образцах, изготовленных из малопластичных глин.

10. Повышение степени уплотнения шлакокерамики уменьшает в первые часы обжига интенсивность выгорания угля.

11. Конечная температура обжига шлакокерамики зависит от температуры плавления глин, способа уплотнения и количества запрессованных в глину топливных отходов и их теплопроводной способности.

Для иллюстрации в приведенной ниже таблице даны показатели физико-технических свойств шлако-керамических образцов, изготовленных пластическим формованием из кудиновской глины.

Показатели по другим глинам даны в диссертации.

ТАБЛИЦА № 1
Физико-технические свойства обожженных шлакокерамических образцов, изготовленных пластическим способом
КУДИНОВСКАЯ ГЛИНА

Состав масс в процент от веса смеси	Температура обжига														
	900°				1000°				1250°						
	Объемный вес кг/м ³	Огневая усадка проценты	Предел прочности при сжатии кг/см ²	Водопоглощение (весовые проц.)	Морозостойкость в циклах	Объемный вес кг/м ³	Огневая усадка процент.	Предел прочности при сжатии кг/см ²	Водопоглощение (весовые проц.)	Морозостойкость в циклах	Объемный вес кг/м ³	Огневая усадка проц.	Предел прочности при сжатии кг/см ²	Водопоглощение (весовые проц.)	Морозостойкость (в циклах)
Глина без добавок	1680	1,85	148	17,0	14	1600	1,88	150	15,3	14	1694	1,92	154	14,9	17
Глина —70	1230	1,62	120	23,0	32	1190	1,65	126	31,2	32	1181	1,67	131	33,1	35
Паровозный шлак—30	1000	1,40	86	33,0	26	920	1,45	88	41,7	26	900	1,49	94	42,5	26
Паровозный шлак—50	480	1,10	20	57,0	18	460	1,14	22	58,7	18	427	1,20	28	59,2	21
Паровозный шлак—70	1450	1,65	116	20,0	35	1430	1,67	122	27,1	35					
Глина —70	1220	1,49	80	25,0	28	1110	1,50	84	37,9	28					
Котельный шлак —30	530	1,18	18	54,0	17	510	1,20	20	55,2	17					
Котельный шлак —50	1370	1,66	110	20,4	25	1350	1,67	120	22,3	25					
Котельный шлак —70	1190	1,54	75	23,9	17	1100	1,56	82	29,1	17					
Глина —30	960	1,35	16	39,2	14	920	1,37	17	44,3	14					
Зола															
Глина —50															
Зола —50															
Глина —30															
Зола —70															

Анализ приведенных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Введение шлаков или золы в глины различной пластичности уменьшает объемный вес обожженных изделий. Уменьшение объемного веса шлакокерамики зависит от количества шлаков или золы.

2. Огневая усадка шлакокерамики из глин различной пластичности при увеличении содержания в смесях шлаков или золы уменьшается.

3. Введение в глины различной пластичности шлаков или золы при всех способах уплотнения масс уменьшает прочность обожженных шлакокерамических образцов и изделий по сравнению с прочностью глиняных. При этом прочность шлакокерамики падает соответственно количеству введенных в глину шлаков или золы.

4. Прочность шлакокерамики, изготовленной из пластичных глин, больше прочности шлакокерамики из малопластичных глин (при том же содержании шлаков).

5. Введение в глины различной пластичности шлаков или золы увеличивает водопоглощение изделий.

6. Введение шлаков или золы в глины различной пластичности до известного предела способствует увеличению морозостойкости изделий. Максимальная морозостойкость изделий в наших опытах имела место при введении шлака или золы в глины различной пластичности в количестве 30%. При этом морозостойкость шлакокерамических изделий, изготовленных из пластических глин оказалась больше морозостойкости шлакокерамики из малопластичных глин. (Морозостойкость пустотелых шлакокерамических изделий размером $40 \times 20 \times 20$ см, изготовленных трамбованием из кучинской (пластичной) и бутовской (малопластичной) глин с добавкой в каждую шлака в количестве 20, 30 и 50%, от веса массы соответственно, была равна из кучинской 26, 28 и 22 и из бутовской 14, 18, 16 циклов).

8. Повышение температуры обжига шлакокерамики, как правило, увеличивает степень ее морозостойкости.

Выполненная работа позволяет сделать следующие выводы:

Технология производства шлакокерамики, при введении в глины топливных отходов (шлаки, золы), по сравнению с изготовлением глиняных изделий — отличается рядом особенностей:

По формованию. а) Имея достаточно прочную структуру эти изделия позволяют применять сразу же бесполочную или комбинированную сушку или же совмещать (в отдельных случаях) процесс сушки и обжига в печах.

В условиях естественной сушки происходит упрочнение свежесформованных изделий.

б) Производство изделий трамбованием и особенно прессованием — возможно из масс пониженной влажности (по сравнению с пластическим формованием), причем эти изделия наиболее прочны.

в) Введение топливных отходов в количестве до 30—50% мало отражается на удобообрабатываемости шлакокерамических масс из пластичных глин и не влечет значительного снижения производительности ленточных и вакуум-прессов.

По сушке. б) Сушка свежесформованных шлакокерамических изделий возможна при температуре теплоносителя в 100° и выше, причем усадочные явления в различных слоях изделий происходят сравнительно одинаково и, как правило, оканчиваются в первые часы ускоренной сушки, не нарушая структуры.

а) введение отходов уменьшает чувствительность к ускоренной сушке даже сравнительно крупных изделий.

б) Продолжительность сушки шлакокерамических изделий (естественной и искусственной) примерно в 2 раза меньше продолжительности сушки глиняных изделий.

По обжигу. а) Продолжительность обжига шлакокерамических изделий в кольцевых или тоннельных печах может быть сокращена в 3—4 раза по сравнению с глиняными.

б) Введение топливных отходов, содержащих несгоревший уголь, уменьшает расход топлива, так как после нагрева до температуры $400—450^\circ$ частицы угля в шлаке от сжигания до нецкого и подмосковного угля воспламеняются, дальнейший же обжиг происходит за счет сгорания топлива, содержащегося в шлаке или золе; при этом производительность печей увеличивается на 30—50%.

в) При обжиге изделий в кольцевых печах **улучшается обслуживание**, а также **организация труда рабочих** благодаря **уменьшению расхода топлива**, **веса изделий** и **количества очажных остатков**.

1. Главные физико-технические свойства этих изделий определяются:

- а) пластичностью примененной глины;
- б) теплотворной способностью топливных отходов;
- в) способом уплотнения массы.

В зависимости от сочетания этих условий можно получать конструктивные или теплоизоляционные материалы, которые могут быть использованы в ряде строительных конструкций малоэтажных и многоэтажных сооружений.

2. В результате выгорания угля, в массе изделий создается мелкозернистая структура черепка с объемным весом в **600—1400 кг/м³** и пределом прочности при сжатии в **20—120 кг/см²**.

3. Морозостойкость шлакокерамики, как правило, выше морозостойкости глиняных изделий, при одновременном увеличении водопоглощения в **1,5—3** раза по сравнению с последними.

Физико-технические свойства шлакокерамики отвечают требованиям, предъявляемым к конструктивным или теплоизоляционным сплошным и пустотелым изделиям.

III. Полученные шлакокерамические изделия более эффективны по сравнению с глиняными по следующим данным:

1. Они имеют более низкую себестоимость вследствие:
 - а) уменьшения расхода топлива,
 - б) увеличения производительности сушилок и печей.

2. Себестоимость изделий, изготовленных пластическим способом с вводом **30%** шлака уменьшается на **10%**; при **50%** шлака — на **20%** по сравнению с глиняными.

3. Себестоимость трамбованных изделий меньше себестоимости изделий пластического формования.

4. Эффективность применения в строительстве указанных изделий определяется: **повышенными теплоизоляционными свойствами** и **достаточной механической прочностью**. Это соз-

дает, по сравнению с глиняными (особенно сплошными); экономические преимущества за счет:

- а) уменьшения толщины стен и расхода стенового материала;
- б) облегчения фундаментов и строительных конструкций вследствие уменьшения веса и толщины стен;
- в) снижения затрат труда на кладку стен, фундаментов и уменьшения расходов на транспортировку.

5. Введение топливных отходов в глины позволяет изготавливать **укрупненные камни** с применением промышленных методов строительства многоэтажных зданий, что в совокупности **значительно удешевляет и ускоряет строительство**.

6. Применение изделий с повышенными теплоизоляционными свойствами имеет особое значение для строительства на Севере.

* * *

Действующие кирпичные заводы при переходе на производство шлакокерамики могут **увеличить выпуск эффективных конструктивных или теплоизоляционных материалов** за счет сокращения процессов сушки и обжига, а также, в отдельных случаях за счет совмещения сушки с обжигом.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать ставить вопрос об организации производства шлакокерамических пустотелых камней (типа «Крестьянин» и других), с изготовлением их методом вибротрамбования на современных высокопроизводительных автоматических станках СМ—185 и применением ускоренной сушки и обжига в туннельных или кольцевых печах.

