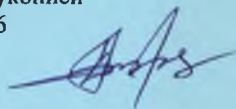


2009-31

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ им. Н.Исанова**

Диссертационный совет Д 05.07.361

На правах рукописи  
УДК 666.646



**АТАХОДЖАЕВ ШУХРАТХОДЖА ХАЯТИЛЛАЕВИЧ**

**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ И РАЗРАБОТКА  
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ  
ПЛИТОК НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

Специальность 05.23.05 – строительные материалы и изделия

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Бишкек — 2009

Диссертационная работа выполнена в Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова на кафедре «Производство и экспертиза строительных материалов, изделий и конструкций».

- Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Абдыкалыков А.А.
- Официальные оппоненты: академик ИА РК, доктор технических наук, профессор Соловьев В.И.  
кандидат технических наук, Глушакова Т.В.
- Ведущая организация: КыргызНИИП сейсмостойкого строительства Государственного агентства по архитектуре и строительству при правительстве КР

Защита состоится « 15 » мая 2009 г. в 16 часов на заседании диссертационного совета Д 05.07.361 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры (КГУСТА) по адресу: 720020, г.Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова.

Автореферат разослан « 9 » мая 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, к.т.н., доцент  Ильченко Л.В.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Повышение темпов роста жилищно-гражданского строительства в республике обуславливает высокий спрос на облицовочные материалы, в ряду которых особое место занимают керамические плитки.

Благодаря высоким физико-механическим свойствам при благоприятных эстетических качествах их использование повышает внешнюю декоративную выразительность и создает необходимые санитарно-гигиенические условия в помещениях гражданских, общественных и промышленных зданий. Поэтому керамические плитки пользуются большим спросом в строительстве.

Керамические плитки в Республике не производятся, хотя имеется обширная сырьевая база: беложгущиеся глины и каолины, огромный запас сиенитов, волластонитов, песчаников и других материалов, которые могут служить модификаторами в процессе спекания керамических масс.

Единственное крупное предприятие (бывший Сокулукский завод санитарно-фаянсовых изделий), построенное еще в советское время, использовало, в основном, привозное традиционное сырье из Украины и России, а с переходом на экономическую самостоятельность резко увеличилась стоимость сырья и расходы на его транспортировку, что стало основной причиной прекращения выпуска изделий тонкой строительной керамики.

В связи с вышеизложенным назрела острая необходимость в систематизации и комплексном исследовании местного сырья, разработке энергосберегающей технологии производства изделий тонкой керамики на их основе.

Работа выполнена в рамках «Государственной комплексной программы развития науки, техники и новых технологий» в Кыргызской Республике и по плановой научно-исследовательской тематике кафедры «ПЭСМИК» КГУСТА.

#### Цель работы:

Оптимизация составов керамических масс и разработка ресурсо- и энергосберегающей технологии получения керамических плиток с повышенными эксплуатационными свойствами на основе местного сырья.

#### Задачи исследований:

- исследовать физико-механические и технологические особенности местного глинистого сырья для производства керамических плиток;
- выявить особенности физико-механических свойств сырьевых материалов, регулирующих процессы структурообразования керамического черепка;
- оптимизация составов и свойств керамических плиток из многокомпонентных шихт;
- оптимизация составов и свойств керамических плиток из 3-компонентных шихт;
- установить физико-химические особенности структурообразования полученного керамического черепка;
- разработать ресурсосберегающую технологию получения керамических плиток из местного сырья;

- провести апробацию разработанных составов керамических плиток в промышленных условиях и рассчитать их экономическую эффективность.

#### **Научная новизна:**

- установлено, что использование в керамических массах местных сиенитов, характеризующихся повышенным содержанием глинозема и калиевого полевого шпата, который обладает большей растворяющей способностью, чем натриевый полевой шпат, способствует интенсификации процесса спекания черепка.

Совместное использование сиенита и волластонитовой породы в шихте способствует некоторому повышению жидкой фазы за счет легкоплавких примесей сиенита, частичного расплавления волластонита, интенсивного растворения кварца и связывания свободной CaO, образующейся при диссоциации кальцита, содержащегося в волластонитовой породе.

Все вышеизложенное создает предпосылки для образования анортита, обладающего более высокой прочностью, при частичном сохранении каркасообразующих кристаллов волластонита и протекания низкотемпературного скоростного обжига;

- методом экспериментально-статистического моделирования определены оптимальные области рецептур многокомпонентной и 3-компонентных шихт для производства керамической плитки скоростного низкотемпературного обжига;

- впервые с использованием графоаналитического способа изопараметрического анализа предложены методика расчета шихты по химическому составу используемого сырья и прогнозирование качественных характеристик керамического черепка;

- разработана более современная технологическая схема производства плиток из рекомендованных составов керамических масс на основе местного сырья, спекающихся при скоростных низкотемпературных режимах обжига 1000...1050 °С.

**Достоверность результатов работы** обусловлена и подтверждается использованием современных методов физико-химического исследования, методов экспериментально-статистического моделирования и сопоставлением и сходимостью полученных результатов с опытными данными других известных исследователей.

#### **Практическое и экономическое значение работы:**

- разработка энергосберегающей технологии керамических плиток и ее апробация в промышленных условиях являются обоснованием для организации выпуска облицовочных изделий с повышенными физико-механическими и эстетическими качествами из местного сырья, что является предпосылкой для обеспечения строительства изделиями данной номенклатуры;

- разработка научно обоснованных составов керамических масс являются подтверждением достоверности полученных результатов, и может найти применение для производства изделий из тонкой керамики в любом экономическом районе;

- произведенный расчет экономической эффективности предлагаемых изделий при использовании местных сырьевых материалов составит 23630 тыс.сом., и от импортозамещения 11560 тыс.сом., что является весьма достоверным обоснованием выпуска изделий из местного сырья;

- проведенный впервые изопараметрический способ анализа керамической массы для получения плиток с повышенными показателями качества может стать руководством для корректирования сырьевых смесей керамических масс в производственных условиях.

#### **Научные положения и результаты, выносимые на защиту:**

- оптимальные составы многокомпонентных сырьевых шихт, на основе которых получены керамические плитки с набором требуемых свойств;

- оптимальные составы 3-компонентных сырьевых шихт, на основе которых получены керамические плитки с набором требуемых эксплуатационных свойств;

- результаты изопараметрического способа анализа химического состава и прогнозирования основных свойств керамического черепка;

- механизм процесса структурообразования керамического черепка плиток из местного сырья;

- разработанная ресурс- и энергосберегающая технологическая схема производства керамических плиток высокоскоростного низкотемпературного обжига.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований докладывались на международных, республиканских межвузовских научно-технических конференциях: международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития строительной науки», Бишкек, 2000; международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию образования строительного факультета, Бишкек, 2000; 45-м, 46-м международных семинарах по моделированию и оптимизации композитов, Одесса, 2006-2007; научной конференции «Новые направления в развитии архитектуры, дизайна и строительства Кыргызстана», Бишкек, КРСУ 2007, заседании НТС КГУСТА по защите научных отчетов за 2008 г.

Экспонаты разработок демонстрировались на выставках, посвященных 1 съезду инженеров, Бишкек, 2002; 2200-летию кыргызской государственности, в инновационном центре «Инновации», Бишкек, 2003; достижениям науки и техники в выставочном комплексе «Интеллектуальные ресурсы-2004», Бишкек, 2004, интеллектуальной собственности, Бишкек, 2008.

Результаты работы опубликованы в 12 научных статьях и подтверждены лабораторными и производственными испытаниями. Работа проводилась в рамках «Государственной комплексной программы развития науки и техники и новых технологий в КР до 2010 года» (раздел «Строительство и стройиндустрия») и по плановой научно-исследовательской тематике кафедры «Производство, экспертиза строительных материалов и конструкций» КГУСТА.

**Структура и объем диссертационной работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов и приложений. Текстовая часть изложена на 129

страницах. В диссертации содержится 27 таблиц, 34 рисунка, список литературы насчитывает 154 наименования, в т.ч. 15 на иностранных языках.

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение раскрывает и научно обосновывает актуальность и перспективность организации производства керамических плиток из местного сырья. Сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и направления практической реализации результатов исследований.

Первая глава работы посвящена литературному обзору по состоянию проблемы получения изделий тонкой строительной керамики.

Изучению процессов структурообразования керамических материалов глинистого сырья посвящены работы многих ученых и исследователей (А.И.Августиник, В.Ф.Павлов, Г.И.Книгина, Г.Н.Масленникова, В.З.Абдрахимов, И.И.Мороз, А.Жалилов, С.Ж.Сайбулатов, С.Г.Караханиди, А.А.Абдыкалыков). Изучены перспективы использования местного глинистого сырья, регулирующих и модифицирующих добавок местных месторождений при организации выпуска керамических плиток.

Во второй главе приведены блок-схема исследований, химический и минералогический состав, физико-механические характеристики применяемых сырьевых материалов и методы исследований.

Глина Кара-Киче содержит высокое количество свободного кварца (28,9 %), по содержанию  $Al_2O_3$  (26,2 %) относится к основной, содержание красящих оксидов  $Fe_2O_3$  и  $TiO_2$  – низкое, по числу пластичности – умеренно-пластичная. Минеральный состав глины представлен каолинитом (0,714 и 0,356 нм), гидрослюдами (0,10 и 0,498 нм) и кварцем (0,426 и 0,334 нм).

Каолин входит в состав согутинских песчаников, составляет в них 15 % от массы и представлен минералом каолинитом  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ . По гранулометрическому составу относится к тонкодисперсному сырью с частицами менее 0,005 мм, огнеупорность в пределах 1670-1720 °С, пластичность III класса, интервал спекания находится в пределах 1150-1350 °С.

Песчаник представлен 92,5 %-ным  $\beta$ -кварцем, остальное – оксиды  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ . Минералогический состав сиенита Ак-Уленского месторождения представлен (в %): калиевый шпат 68-78; нефелин 8-32; биотит 2-6; авгит 2-3; роговая обманка 0,6-1,0; температура плавления при 940 °С.

Используемая в работе волластонитовая руда представлена удлиненно-призматическими и таблитчатыми кристаллами, с содержанием чистого волластонита около 50 % от общей массы, остальное составляют кальцит, гранат, пироксен, полевые шпаты и значительное содержание свободного кварца.

Физико-химические исследования выполнены с использованием рентгенофазового и дифференциально-термического методов анализа. Физико-механические испытания сырьевых материалов и обожженных образцов проведены с использованием стандартных методов.

Оптимизация рецептурно-технологических факторов, изучение физико-механических характеристик и изопараметрический анализ свойств и

химического состава шихты керамических плиток проводились с использованием методов экспериментально-статистического моделирования.

Третья глава посвящена изучению технологических свойств местного глинистого сырья и оптимизации состава многокомпонентных керамических шихт для производства керамических плиток.

От способности к разжижению глины и каолинов, входящих в составы масс зависят технологические свойства шликеров, поэтому особое внимание уделялось изучению разжижаемости глины Кара-Киче и согутинского каолина щелочными электролитами, оптимальное содержание которых составило: сода 0,2-0,25 % и жидкое стекло 0,25 % от массы сухого материала.

На предварительном этапе исследований оценивался керамический черепок из сырьевых шихт с различным содержанием глинистого сырья, песчаника, волластонитовой руды и сиенита при различных температурах обжига. Определялись физико-механические свойства и фиксировался цвет обожженного черепка. Установлено, что оптимальное содержание в керамической массе каолина 20 %, песчаника 10 %, волластонитовой руды в количестве 25-30 % способствует снижению температуры обжига до 1000 °С и увеличению прочностных показателей от 7 до 30 МПа.

Для более глубокого изучения свойств керамического материала на поисковом этапе исследований проведен эксперимент по плану  $V_3$ . Варьировались три рецептурно-технологических фактора: волластонит  $X_1$  – (25±5) %; сиенит  $X_2$  – (5±5) %; температура обжига  $X_3$  – (1000±50) °С, каолин 20 %, песчаник 10 %, остальное – глина Кара-Киче. Параметрами оптимизации служили: прочность на сжатие, МПа –  $R_{сж}$ ; прочность на изгиб, МПа –  $R_{из}$ ; водопоглощение, % –  $W$ ; общая усадка, % –  $L_{обш}$ .

По результатам эксперимента были рассчитаны коэффициенты математических моделей свойств керамического черепка плиток (1-3).

$$R_{сж} = 73,22 + 6,32 x_1 + 3,42 x_1^2 + 4,86 x_1 x_2 - 4,46 x_1 x_3 + 5,83 x_2 - 3,73 x_2^2 + 0,6 x_2 x_3 + 7,52 x_3 - 28,68 x_3^2 \quad (1)$$

$$R_{из} = 18,47 + 1,53 x_1 + 0,92 x_1^2 + 1,24 x_1 x_2 - 1,14 x_1 x_3 + 1,49 x_2 - 0,94 x_2^2 + 0,2 x_2 x_3 + 1,86 x_3 - 7,14 x_3^2 \quad (2)$$

$$W = 12,3 + 0,89 x_1 + 0,7 x_1^2 - 0,5 x_1 x_2 - 0,15 x_1 x_3 - 0,104 x_2 + 1,32 x_2^2 + 0,55 x_2 x_3 - 1,91 x_3 + 1,5 x_3^2 \quad (3)$$

По моделям прочности керамического черепка (1), (2) предварительно можно отметить, что все три фактора оказывают положительное влияние на прочностные показатели, о чем свидетельствуют положительные линейные эффекты в модели прочности на сжатие ( $\theta_1 = + 6,32$ ;  $\theta_2 = + 5,83$ ;  $\theta_3 = + 7,52$ ) и изгиб ( $\theta_1 = + 1,53$ ;  $\theta_2 = + 1,49$ ;  $\theta_3 = + 1,86$ ). Однако содержание сиенита и

температура обжига должны быть оптимальными, на что указывает квадратичный эффект ( $\epsilon_{22} = -3,73$ ;  $\epsilon_{33} = -28,68$ ) и ( $\epsilon_{22} = -0,94$ ;  $\epsilon_{33} = -7,14$ ).

Оптимальная область рецептур, где удовлетворяются требования к прочности и водопоглощению керамического материала из многокомпонентных шихт соответствует содержанию волластонитовой руды 25-30 % и сиенита 5-10 % при температуре обжига 1000 °C (рис.1). Дальнейшее повышение температуры обжига до 1050 °C приводит к снижению прочности от 20 до 14 МПа и повышению усадки образцов от 1,4 до 2,8 мм, что, видимо, связано с повышенным количеством расплава при жидкофазовом спекании черепка.

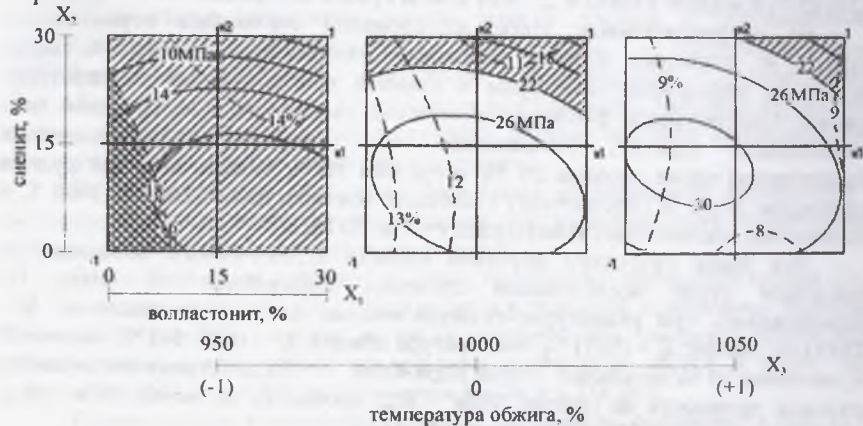


Рис.1. Зона компромисса  $W, R_{изг} = f(x_1, x_2)$  (незаштрихованное поле);  $R_{изг} \geq 16$  МПа,  $W \leq 16$  % при  $x_3 = -1; 0; +1$  (температура обжига 950; 1000; 1050 °C)

Выявлено, что разработанные составы многокомпонентных масс могут использоваться при низкотемпературных скоростных режимах сушки и обжига.

Четвертая глава посвящена исследованию физико-механических и структурных характеристик керамических плиток из 3-компонентной шихты.

Сокращение количества сырьевых компонентов без потери качественных характеристик керамического черепка позволит значительно сократить ресурсы при производстве и тем самым снизить себестоимость выпускаемых изделий.

В сырьевой шихте исключили введение песчаника, поскольку в используемой волластонитовой породе и глине содержится значительное количество кварца. Каолин исключался из состава сырьевой шихты благодаря умеренной пластичности глины и наличию в ее минеральном составе каолинита.

Существенная роль в формировании плотносспекшейся структуры керамического материала принадлежит плавням. Так, ак-уленский сиенит снижает температуру обжига за счет содержания в нем 68-78 % калиевого шпата.

Волластонитовая руда играет роль микроармирующего компонента в керамических массах, тем самым снижает усадочные явления и повышает физико-механические характеристики керамического черепка.

При оптимизации состава 3-компонентных масс варьировались:  $X_1$  - волластонитовая руда (0-30 %),  $X_2$  - сиенит (0-30 %),  $X_3$  - температура обжига (1000-1050 °C), остальное - глина. Выходными параметрами служили прочность на сжатие и изгиб, водопоглощение, средняя плотность, общая усадка и влажностное расширение.

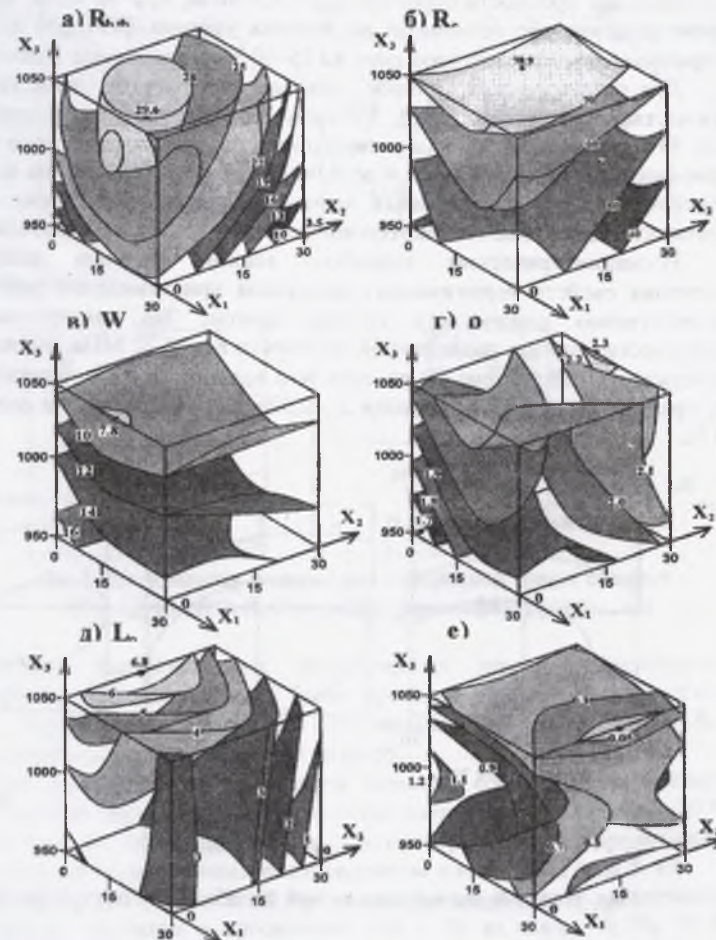


Рис. 2. Иповерхности свойств керамического материала: а) прочность на изгиб; б) прочность на сжатие; в) водопоглощение; г) средняя плотность; д) усадка; е) влажностное расширение

По результатам эксперимента получены математические модели свойств керамических плиток. Их графические образы представлены в виде изоповерхностей на рис.2.

Установлено, что наибольшее влияние на прочность оказывает добавка волластонитовой породы, взятой в оптимальном количестве (рис.2, а). Видно, что максимальная прочность достигается и без добавки сиенита ( $x_2 = -1$ ), но при температуре обжига 1050 °С. Однако его отсутствие в сырьевой смеси отрицательно сказывается на структурных показателях керамического черепка. Максимальная прочность образцов  $R_{сж} = 78,9$  МПа,  $R_{изг} = 30$  МПа, минимальное водопоглощение обеспечивается на верхних уровнях факторов  $x_1$  и  $x_3$ , т.е. с содержанием волластонитовой породы 25–30 % и при обжиге 1020–1050 °С.

Для керамических плиток важным показателем качества является влажностное расширение (Вр). Установлено, что введение волластонитовой руды 30 % и сиенита 15 % в сырьевую шихту снижает влажностное расширение керамического материала от 1,4 до 0,05 мм. А для обеспечения минимальной усадки 0,4 % при повышенных значениях прочности черепка оптимально возможное содержание глинистого компонента в массе составляет 40–45 %.

Изопараметрическим способом анализа изучена закономерность изменения свойств керамического материала при изменении рецептурного и соответственно химического состава шихты. Так, изопрочный вариант керамических плиток повышенной прочности  $R_{изг} = 22$  МПа, обожженных при температуре 1050 °С (рис. 3) показал, что водопоглощение черепка составляет 9%, средняя плотность в пределах 2...2,32 г/см<sup>3</sup>, общая усадка соответственно 1,4 %.

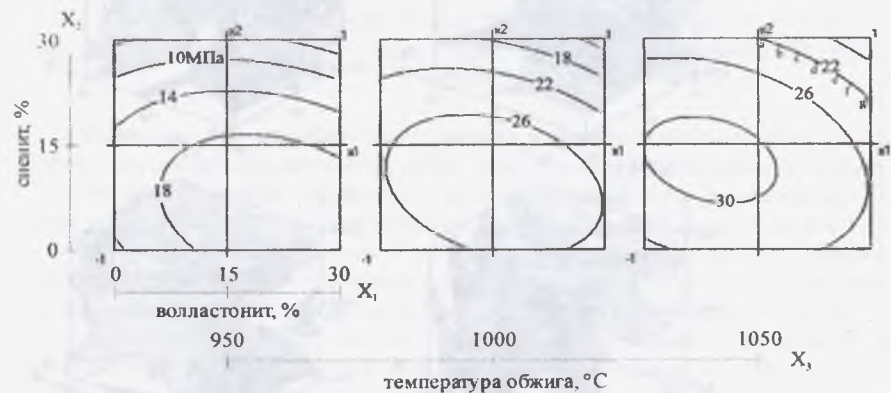


Рис. 3. Изолинии прочности при изгибе  $R_{изг} = f(x_1, x_2)$  при  $x_3 = -1; 0; 1$

При необходимости замены одной глины другой необходимо знать не только количество минералов, но и количество лимитирующих оксидов в главных компонентах сырьевой шихты, таких как  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $RO$ ,  $R_2O$ .

Для прогнозирования основных свойств керамических плиток при изменении содержания сиенита ( $x_2$ ) и волластонита ( $x_1$ ) и глины в сырьевых шихтах получены двухфакторные математические модели  $Y_j = f(x_1, x_2)$  оксидов  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $RO$ ,  $R_2O$  и суммы плавней -  $R_2O+RO+Fe_2O_3$  (рис. 4). Выявлено, что для получения керамической плитки прочностью  $R_{изг} = 22$  МПа содержание основных оксидов в шихте должно находиться в пределах, %:  $SiO_2 - 58...59$ ;  $Al_2O_3 - 18,2...20,8$ ;  $RO(MgO+CaO) - 8...13$ ;  $R_2O (Na_2O+K_2O) - 2,8...4$ ; сумма плавней ( $RO+R_2O+Fe_2O_3$ ) - 14...18.

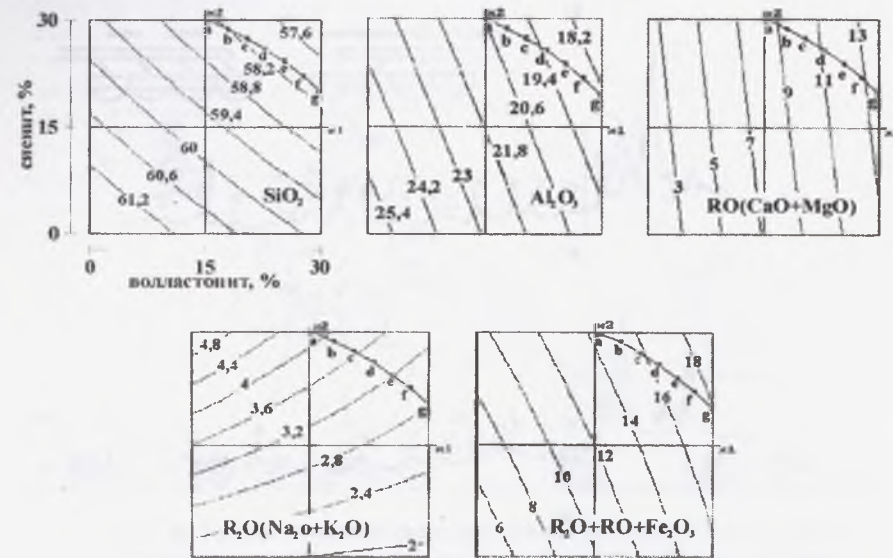


Рис.4. Зависимость содержания в сырьевой шихте оксидов  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $RO$ ,  $R_2O$  от рецептурных факторов ( $x_1, x_2$ )

Прочностные характеристики керамических плиток обусловлены фазовым составом черепка. Поэтому были проведены рентгенографические исследования керамических черепков, полученных из рекомендованных составов, результаты которых приведены на рис.5.

Результаты рентгенофазового анализа фазового состава керамического черепка из различных шихт показали, что состав спеков из 70 % глины и 30 % волластонитовой руды, обожженных при температуре 1050 °С, представлен кварцем, волластонитом, муллитом, кристобаллитом и анортитом (рис.5, а).

Для плитки из 70 % глины и 30 % сиенита фазовый состав представлен муллитом, кварцем, альбитом и ортоклазом (рис.5, б); из глины 70 %, 15 % сиенита и 15 % волластонитовой руды - силлиманитом, анортитом, не прореагировавшим зернами кварца и волластонита, и характеризуется отсутствием муллита (рис.5, в). Отсутствие фиксации муллита, видимо, связано с повышенным содержанием в составе смеси волластонита либо некоторой

аморфизацией рефлексов муллита при одновременном росте рефлексов анортита как результатом взаимодействия метакаолинита и волластонита.

При многокомпонентном составе массы наибольшее практическое значение имеет шликерный способ приготовления пресс-порошка, обеспечивающий стабильный зерновой состав шихты с шарообразной формой частиц, что позволяет получить плитку высокого качества по внешнему виду и по прочности.

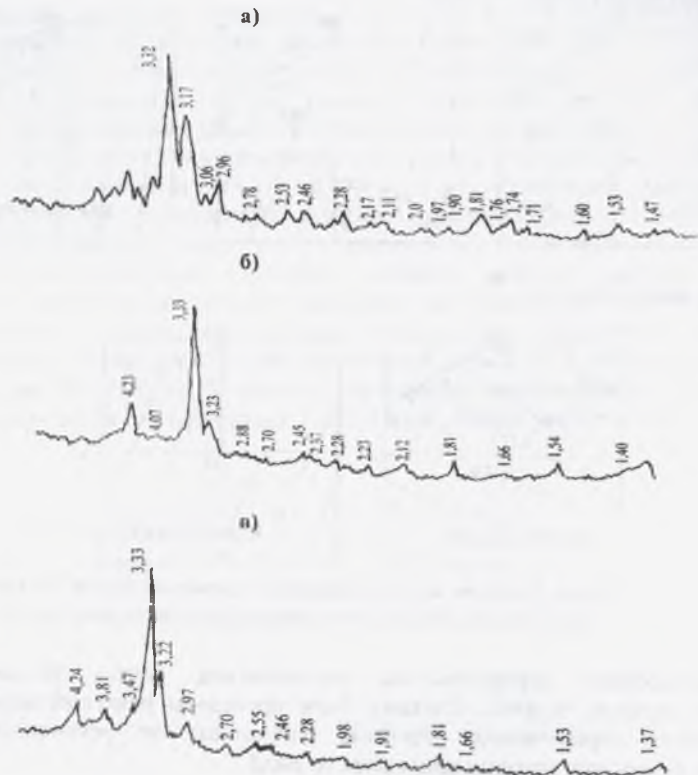


Рис. 5. Рентгенограмма образцов керамического черепка:  
 а) волластонит 30 + глина 70, б) сиенит 30 % + глина 70 %, в) глина 70 % + сиенит 15 % + волластонит 15 %

Поэтому для изготовления керамических плиток был принят шликерный способ приготовления массы и получения изделий из много- и трехкомпонентных шихт на поточно-конвейерной линии по схеме, представленной на рис. 6.

На основании проведенных экспериментально-теоретических исследований разработана энерго- и ресурсосберегающая технология изготовления керамических плиток на основе местного сырья.

В пятой главе приведены результаты проведения опытно-промышленных испытаний и их технико-экономические показатели.

Промышленная апробация рекомендуемых составов керамических плиток была проведена в условиях производства ЗАО Керамический завод «Эльвира». Испытания керамических плиток проводили по ГОСТ 27180-86.

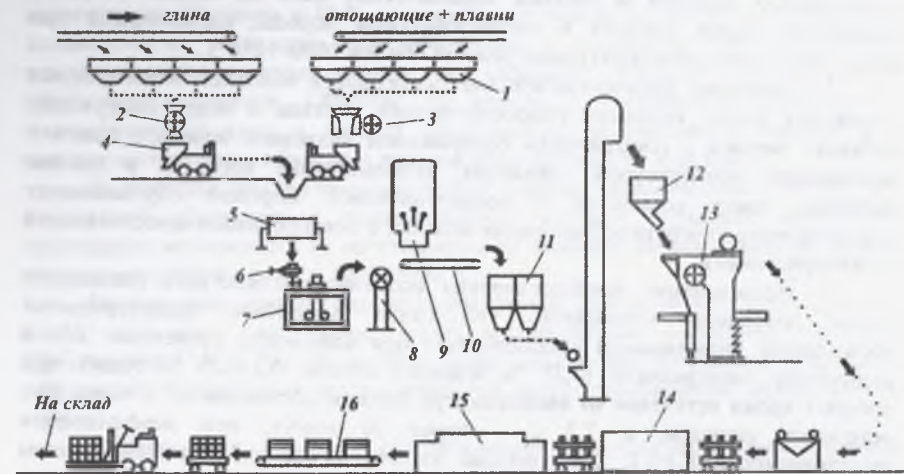


Рис. 6. Технологическая схема производства керамических плиток.

1 – бункера сырьевых материалов; 2 – стругач; 3 – шековая дробилка; 4 – вагонетка; 5 – шаровая мельница; 6 – удаление примесей на электромагните; 7 – бассейн для массы с мешалкой; 8 – насос; 9 – распылительное сушило; 10 – транспортер; 11 – просев порошка; 12 – расходный бункер; 13 – прессование плиток; 14 – сушило; 15 – печь для обжига; 16 – сортировка и упаковка

Изготовленная опытная партия плиток из многокомпонентных шихт (волластонитовая руда – 30 %; сиенит – 5 %; глина – 35 %; каолин – 20 %; песчаник – 10 %) характеризовалась прочностью на изгиб 20,9 МПа; водопоглощением 12,5 %, а из 3-компонентной шихты (волластонит 30 %, сиенит 15 %, глина 55 %) керамические плитки имели прочность при изгибе 25,6 МПа и водопоглощение 9,8 %, что соответствует ГОСТ 7025-91.

Выпущенная опытная партия керамических плиток была использована при отделке подсобных помещений.

При организации производства керамической плитки на территории Кыргызской Республики мощностью 100 тыс.м<sup>2</sup> в год экономический эффект от использования местного сырья составит 23630 тыс.сом., и экономический эффект от импортозамещения – 11560 тыс. сом.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная задача разработки энергосберегающей технологии производства керамических плиток с использованием местного сырья.

Краткие выводы по результатам диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Впервые разработаны технологическая схема производства тонких керамических изделий и составы керамических масс на основе местного глинистого сырья, сиенита и волластонитовой породы, спекающиеся при скоростном и низкотемпературном режиме обжига 1000–1050 °С.

2. Выявлены физико-химические особенности местных беложгущихся глинистых пород каолино-гидрослюдистого состава и модифицирующих добавок: сиенита с повышенным содержанием калиевого полевого шпата и пониженной температурой плавления, использование которого в составе сырьевых шихт совместно с волластонитовой породой обуславливает интенсификацию черепкообразования изделий с повышенными качественными характеристиками.

3. Исследование технологических особенностей местного глинистого сырья позволило установить, что глина Кара-Киче характеризуется достаточной разжижаемой способностью при влажности суспензии 50% и количеству электролитов (0,25 % жидкого стекла; 0,2–0,25 % соды), при которых время истечения из вискозиметра Энглера составляет 6,2 с через 30 с истечения шликера, и 7,2 с – через 30 минут, при коэффициенте загустеваемости  $K_z=1,1$ . Согутинский каолин лучше разжижается жидким стеклом при содержании 0,2 %.

4. Методом экспериментально-статистического моделирования установлена оптимальная область рецептур многокомпонентной сырьевой шихты, где обеспечиваются высокие эксплуатационные свойства керамического черепка плиток  $R_{сж} \geq 16$  МПа,  $W \leq 16$  %. Оптимальное содержание каолина составляет 20 % и песчаника 10 %, волластонитовая руда в количестве 25–30 % способствует снижению температуры обжига до 1000 °С и увеличению прочностных показателей от 7 до 30 % и выше.

5. Результатами экспериментально-статистического моделирования установлено, что оптимальное содержание в керамической шихте волластонитовой породы составляет 8–22 % и сиенита 7–20 %, что обеспечивает максимальную прочность на сжатие 78,9 МПа и на изгиб 30 МПа.

Минимальное водопоглощение черепка плиток 8 % достигается при содержании волластонитовой породы 25–30 % и температуре обжига 1020–1050 °С. Минимальное значение влажностного расширения  $V_r \leq 0,2$ , более плотный черепок 2,0 г/см<sup>3</sup> образуется при температуре обжига 1050 °С при содержании сиенита 30 % и волластонитовой породы находится в пределах 10–20 %.

6. Изопараметрическим способом анализа установлено, что для получения керамической плитки с повышенными показателями качества

содержание оксидов в керамической шихте должно колебаться в пределах: SiO<sub>2</sub> - 58...59 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 18,2...20,8 %; RO(MgO+CaO) - 8...13 %; R<sub>2</sub>O (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) - 2,8...4 %; сумма плавней (RO+R<sub>2</sub>O+F<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) - 14...18 %.

7. Рентгенографическим методом анализа установлено, что фазовый состав образцов из шихты, состоящей из 70 % каолино-гидрослюдистой глины и 30 % сиенита, обожженных при 1050 °С, представлен содержанием муллита, кварца, кристобаллита, что объясняется повышенным содержанием кварца в глинистой составляющей, который превращается частично в кристобалит.

Фазовый состав спеков из шихты, содержащей 70 % каолино-гидрослюдистой глины и 30 % волластонитовой руды, представлен кварцем, волластонитом, муллитом, кристобаллитом и анортитом, что объясняется попутным содержанием кварца и кальцита, которые обуславливают образование анортита. Образцы из шихты с совместным содержанием волластонитовой руды и сиенита представлены силлиманитом, анортитом и волластонитом, что и объясняет повышенную прочность изделий.

8. Выпуск опытно-промышленной партии керамических плиток для внутренней облицовки с использованием местных сырьевых материалов подтвердил возможность их изготовления по технологии низкотемпературного скоростного обжига при  $t = 1000–1050$  °С.

Выпущенная опытная партия керамических плиток на ЗАО Керамический завод «Эльвира» по своим физико-механическим свойствам отвечает требованиям ГОСТ 7025-91 и была использована для облицовки подсобных помещений. Разработана технологическая карта производства керамических плиток.

9. Экономический эффект при организации выпуска керамической плитки при использовании местных сырьевых материалов составит 23630 тыс.сом., и от импортозамещения – 11560 тыс.сом.

### Основные результаты исследований опубликованы в следующих работах

1. Абдыкалыков А.А., Джусупова М.А., Атаходжаев Ш.Х. Оценка пригодности местного сырья для производства керамических плиток и оптимизация их состава // Мат-лы междунар. научно-практ. конф. «Современное состояние и перспективы развития строит.науки», ч.2. - Б.: КГУСТА, 2000. – С. 36-37.
2. Абдыкалыков А.А., Джусупова М.А., Атаходжаев Ш.Х. Физико-химические процессы структурообразования черепка керамических плиток // Вестник КГУСТА. - Вып. 3(17). - Б., 2007. – С.5-8.
3. Ассакунова Б.Т., Джусупова М.А., Атаходжаев Ш.Х., Маразыкова Б.Б. Керамические плитки на местном сырье // Сб.научных трудов НАН КР, ч.1. - Б., 1998. – С. 70-76.
4. Атаходжаев Ш.Х. Анализ физико-механических характеристик керамического материала по экспериментально-статистическим моделям // Вестник № 2 Казахской академии транспорта и коммуникаций. - Алматы, 2005. – С. 83-86.



5. Джусупова М.А., Атаходжаев Ш.Х., Маразыкова Б.Б. Исследование свойств керамических масс при направленном регулировании рецептурно-технологических факторов // Сб. научн. тр. Института химии и химической технологии НАН КР, ч.1. – Б., 2000. – С. 102-107.
6. Джусупова М.А., Атаходжаев Ш.Х. Особенности структурообразования керамического черепка при использовании волластонита и сиенита // Мат-лы междунар. научно-практ. конф., посв. 45-летию образования строит. фак-та, ч.1. – Б., 2000. – С. 36-37.
7. Джусупова М.А., Атаходжаев Ш.Х. Оптимизация состава керамических масс облицовочных плиток из местного сырья // Сборник научных трудов КыргызНИИПС. – Б., 2001. – С. 54-61.
8. Атаходжаев Ш.Х. Влияние волластонита и сиенита на водопоглощение и усадку керамического черепка // Вестник КГУСТА. – Б. - Вып. 1 (15). - 2007. – С. 155-157.
9. Атаходжаев Ш.Х. Некоторые аспекты технологии получения керамических плиток из местного сырья // Вестник КГУСТА. - Б. - Вып. 3 (21). - 2008. – С. 159-163.

#### КОРУТУНДУ

Атаходжаев Шухратходжа Хаятиллаевич

«Жергиликтүү сырьелордун негизинде карапа тактасын опдүрүү технологиясын иштеп чыгуу жана оптималдаштыруу»

Техника илимдеринин кандидаты окумуштуулуук наамын алууга арналган диссертация.

Аджстик 05.23.05. Курулуш материалдары жана буюмдары.

*Негизги сөздөр.* Топурактык материалы, каолин, песчаник, сиенит, волластонит теги, шликер, карапа бөлүкчөсү, структуранын түзүлүшү, бышуусу, такта, муллит, анортит.

Жумуш, жергиликтүү топурактан илешкектиги жана куйгузууну азайтуучу материалдардын негизинде карапа тактасын алуу технологиясына арналган жана оптималдуу куоамдары иштелип чыккан. Сиениттин жана волластониттин химия - минерологиялык курамы чийки затка кошумча катары колдонулганда, карапа бөлүкчөлөрдүн структуралык түзүлүшүнө, интенсификация процессине жардам берет. Волластонитти жана сиенитти колдонууда атайын шарттуу касиеттерге ээ болгон карапа тактасын, төмөнкү температурада ылдам алууга жардам берет.

Чийки зат карапа тактасын өндүрүштүк шартта чыгарылган тажрыйбалуу тобун, жергиликтүү чийки заттын негизинде карапа такталарын өндүрүштө чыгарууга шарт түзөт.

Карапа тактасын жогорку ылдамдыкта, төмөнкү температурада күйгүзүү таргибин колдонуу, өндүрүштүк наркын, электр кубаттуулугун төмөндөтүп, эффективдүүлүгүн жогорулатат.

#### РЕЗЮМЕ

Атаходжаев Шухратходжа Хаятиллаевич  
«Оптимизация рецептуры и разработка технологии производства керамических плиток на основе местного сырья»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.  
Специальность 05.23.05 – строительные материалы и изделия.

*Ключевые слова:* глинистое сырье, каолин, песчаник, сиенит, волластонитовые породы, шликер, керамический черепок, структурообразование, спекание, плитка, муллит, анортит.

Работа посвящена разработке оптимальных составов и технологии получения керамических плиток на основе местного глинистого сырья, отошающих и флюсующих материалов. Химико-минералогический состав сиенита и волластонита, используемых в качестве добавок в сырьевую шихту, способствует интенсификации процесса структурообразования керамического черепка. Использование волластонита и сиенита позволяет получить керамические плитки при скоростном низкотемпературном обжиге.

Выпущенная в производственных условиях опытная партия керамических плиток из оптимальной сырьевой шихты подтверждает возможность организации производства керамических плиток на основе местного сырья. Использование режимов высокоскоростного низкотемпературного обжига керамических плиток позволит снизить энергоемкость, себестоимость и повысить эффективность их производства.

#### RESUME

Atahodjaev Shuhrathodja Hajatillaevich

«Optimization of recipe and working out of technology ceramic tiles production on the basis of local raw materials».

The dissertation on competition of a scientific degree of technical sciences. Specialty 05.23.05 – Building materials and goods.

Key words: clay stuff, kaolin, sandstone, sienite, wollastonite, rocks, shliker, ceramic crock, structure forming, cake, tile, mullit, anortit.

The work is devoted working out of optimal structures and technology of ceramic tiles obtaining on the basis of local clay, raw materials, getting emaciated and getting fluxed materials. Chemico – mineralogical structure of sienite and wollastonite, used as an addition to raw charge, favor the intensification of structure forming process of a ceramic crock. Use of wollastonite and sienite allows to receive ceramic tiles for interval facing with a set of demanded properties at high-speed low temperature roasting.

The experimental batch of ceramic tiles let out under production conditions from optimum raw shiht confirms possibility of the organization of manufacture of ceramic tiles on the basis of local raw materials. Use of modes high-speed low temperature roasting of ceramic tiles will allow to lower power consumption, the cost price and raise efficiency of their manufacture.

**Атаходжаев Шухратходжа Хаятиллаевич**

**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ И РАЗРАБОТКА  
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ  
ПЛИТОК НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Редактор *С.Е. Аксененко*

Подписано в печать 07.04.2009 г.  
Формат 60x84 1/16. Объем 1 печ.л.  
Печать офсетная. Бумага офсетная.  
Тираж 100 экз. Заказ 971

---

720020, г.Бишкек, ул.Малдыбаева, 34, б  
Кыргызский государственный университет  
строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова