

ЭКОНОМИКА / ECONOMICS

УДК 691.32:631.862

Повышение эффективности использования рисовой шелухи в производстве земляного кирпича

Абжапар кызы Фарид

преподаватель, Ошский государственный университет, Кыргызстан, fabjaparova@oshsu.kg,

ORCID: 0009-0007-4992-6532

Имаралиев Омурбек Рахманалиевич

к.э.н., доцент, Ошский государственный университет, Кыргызстан, oimaraliev@oshsu.kg,

ORCID: 0000-0002-1172-7307

Аннотация

В статье предложен комплексный подход к повышению эффективности использования рисовой шелухи как местного аграрного отхода при производстве земляного кирпича. Уточнены физико-химические свойства рисовой шелухи, раскрыты технологические особенности её введения в состав сырцового кирпича и обоснованы экологические и экономические преимущества такой переработки. Для оценки результативности применения добавки использована система относительных показателей изменения массы, теплопроводности и прочности кирпича. На основе экспериментальных данных по составам с 0 %, 10 % и 20 % шелухи рассчитаны коэффициенты ресурсной и теплотехнической эффективности. Показано, что включение рисовой шелухи в состав земляного кирпича снижает массу изделия, улучшает теплоизоляционные свойства и одновременно обеспечивает рост прочности до обжига. Сделан вывод о целесообразности внедрения данной технологии в рисоводческих районах Кыргызстана как экологически безопасного, ресурсосберегающего и экономически оправданного направления использования сельскохозяйственных отходов.

Ключевые слова: рисовая шелуха, земляной кирпич, аграрные отходы, переработка, теплоизоляция, экологическое строительство, ресурсосбережение, математическая модель

Для цитирования: Абжапар кызы Ф., Имаралиев О.Р. (2026). Повышение эффективности использования рисовой шелухи в производстве земляного кирпича. *Открытый журнал евразийских исследований*, №1, сс. 153-161. doi: 10.65469/ejournal.2026.1.17

Введение

Рациональное использование сельскохозяйственных отходов становится одной из приоритетных задач устойчивого развития, особенно для стран с выраженной аграрной специализацией. При переработке риса образуется значительное количество побочного продукта — рисовой шелухи. В большинстве случаев она складывается, сжигается или



© The Author(s) 2026.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

используется неэффективно, хотя содержит ценные компоненты, пригодные для повторного вовлечения в хозяйственный оборот.

Для Кыргызстана данная проблема имеет прикладное значение. В южных регионах страны выращивание и переработка риса сопровождаются образованием локальных потоков шелухи, а в сельской местности сохраняется спрос на доступные строительные материалы. На этом фоне земляной кирпич как традиционный материал представляет интерес для модернизации за счёт введения органоминеральных добавок. Рисовая шелуха способна одновременно выполнять функции облегчающего, теплоизоляционного и армирующего компонента.

В исходном варианте статьи уже были представлены вводная часть, описание свойств рисовой шелухи, технологическая схема изготовления кирпича и сравнительные данные по образцам с 0%, 10% и 20% добавки, однако отсутствовали методический блок, формализованная система расчётов и развёрнутый аналитический вывод. Поэтому целью настоящей доработанной статьи является не только описательное рассмотрение материала, но и количественная оценка эффективности использования рисовой шелухи в составе земляного кирпича.

1. Обзор научных подходов

В исследованиях по переработке аграрных отходов подчёркивается, что рисовая шелуха является перспективным вторичным сырьём благодаря высокому содержанию кремнезёма, малой плотности и низкой теплопроводности. В строительстве она применяется в нескольких направлениях: как теплоизоляционный наполнитель, как компонент зольных минеральных добавок и как органическая модифицирующая добавка в необожжённые и малообождённые материалы.

Для земляного кирпича наиболее важны три группы эффектов. Первая связана со снижением массы изделия. Вторая — с улучшением теплотехнических характеристик. Третья — с изменением прочностных показателей и трещиностойкости. Эти эффекты в исходной статье были перечислены качественно: снижение массы на 15-20 %, уменьшение теплопроводности и рост устойчивости к трещинообразованию. Однако для научной публикации важно показать не только перечень преимуществ, но и формализовать оценку результата на основе измеряемых показателей.

2. Материалы и методы исследования

Объектом исследования выступает земляной кирпич с добавлением рисовой шелухи. В качестве базовых составов рассматриваются три варианта: контрольный образец без добавки, образец с 10 % рисовой шелухи и образец с 20 % рисовой шелухи. Исходные сравнительные показатели — масса, теплопроводность и прочность до обжига — были приведены в исходном тексте статьи и используются в качестве расчетной базы.

Методически работа опирается на сравнительный анализ и расчёт относительных показателей эффективности. Для каждого состава рассчитываются:

- 1) коэффициент снижения массы;
- 2) коэффициент снижения теплопроводности;
- 3) коэффициент прироста прочности;
- 4) сводный индекс эффективности состава.

Такой подход позволяет сравнить свойства составов не только описательно, но и в численной форме, что существенно повышает научную обоснованность выводов.

3. Исходные данные и их аналитическая интерпретация

Для оценки влияния рисовой шелухи на свойства земляного кирпича используем сравнительные данные, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Изменение свойств земляного кирпича при добавлении рисовой шелухи.

Доля добавки, %	Масса, кг	Теплопроводность, Вт/м·К	Прочность до обжига, МПа
0 (контроль)	3,2	0,75	1,5
10	2,9	0,60	1,7
20	2,5	0,50	1,8

Данные таблицы показывают, что с ростом доли рисовой шелухи масса кирпича снижается с 3,2 до 2,5 кг, теплопроводность уменьшается с 0,75 до 0,50 Вт/м·К, а прочность до обжига возрастает с 1,5 до 1,8 МПа. Следовательно, добавка одновременно улучшает два ключевых качества материала: облегчает изделие и повышает его теплоизоляционную способность, не вызывая потери прочности.

Для научного обоснования этих выводов введём систему расчётных показателей.

4. Экономико-математическая модель оценки эффективности

4.1. Коэффициент снижения массы

Относительное уменьшение массы кирпича при введении добавки рассчитывается по формуле:

$$K_m = (M_0 - M_i) / M_0 * 100\%$$

где M_0 — масса контрольного образца; M_i — масса образца с добавкой.

4.2. Коэффициент улучшения теплотехнических свойств

Снижение теплопроводности определяется выражением:

$$K_\lambda = (\lambda_0 - \lambda_i) / \lambda_0 * 100\%$$

где λ_0 — теплопроводность контрольного образца; λ_i — теплопроводность образца с добавкой.

4.3. Коэффициент прироста прочности

Прирост прочности до обжига определяется по формуле:

$$K_\sigma = (\sigma_i - \sigma_0) / \sigma_0 * 100\%$$

где σ_0 — прочность контрольного образца; σ_i — прочность образца с добавкой.

4.4. Сводный индекс эффективности состава

Для интегральной оценки состава вводится индекс эффективности:

$$I_e = 0,4*(K_m/100) + 0,4*(K_\lambda/100) + 0,2*(K_\sigma/100)$$

Веса 0,4; 0,4 и 0,2 отражают приоритет облегчения материала и улучшения его теплоизоляции при сохранении достаточной прочности.

5. Расчёты по экспериментальным данным

5.1. Расчёт для состава с 10 % рисовой шелухи

Подставим данные из таблицы 1:

$$M_0 = 3,2 \text{ кг}; M_{10} = 2,9 \text{ кг};$$

$$\lambda_{0} = 0,75 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}; \lambda_{10} = 0,60 \text{ Вт/м}\cdot\text{К};$$

$$\sigma_{0} = 1,5 \text{ МПа}; \sigma_{10} = 1,7 \text{ МПа.}$$

$$K_m(10) = (3,2 - 2,9) / 3,2 * 100\% = 9,38\%$$

$$K_{\lambda}(10) = (0,75 - 0,60) / 0,75 * 100\% = 20,0\%$$

$$K_{\sigma}(10) = (1,7 - 1,5) / 1,5 * 100\% = 13,33\%$$

$$I_e(10) = 0,4 * 0,0938 + 0,4 * 0,20 + 0,2 * 0,1333 = 0,1442$$

5.2. Расчёт для состава с 20 % рисовой шелухи

Для образца с 20 % добавки:

$$M_{20} = 2,5 \text{ кг};$$

$$\lambda_{20} = 0,50 \text{ Вт/м}\cdot\text{К};$$

$$\sigma_{20} = 1,8 \text{ МПа.}$$

$$K_m(20) = (3,2 - 2,5) / 3,2 * 100\% = 21,88\%$$

$$K_{\lambda}(20) = (0,75 - 0,50) / 0,75 * 100\% = 33,33\%$$

$$K_{\sigma}(20) = (1,8 - 1,5) / 1,5 * 100\% = 20,0\%$$

$$I_e(20) = 0,4 * 0,2188 + 0,4 * 0,3333 + 0,2 * 0,20 = 0,2608$$

Сопоставление интегральных индексов показывает, что состав с 20% рисовой шелухи имеет более высокое обобщённое значение эффективности по сравнению с составом с 10% добавки: 0,2608 против 0,1442. Иначе говоря, увеличение доли шелухи с 10% до 20% обеспечивает более выраженный совокупный эффект по облегчению, теплоизоляции и приросту прочности.

6. Экономическая интерпретация результатов

С практической точки зрения важным является не только улучшение свойств материала, но и снижение ресурсной нагрузки на строительство. Уменьшение массы кирпича означает сокращение затрат на транспортировку и упрощение ручных операций при кладке. Снижение теплопроводности указывает на потенциальное уменьшение теплопотерь через ограждающие конструкции. Повышение прочности до обжига способствует снижению боя при сушке и транспортировке.

Для укрупнённой оценки ресурсного эффекта можно использовать показатель экономии массы партии кирпича:

$$\Delta M = (M_0 - M_i) * N,$$

где N — количество кирпичей в партии.

Если принять N = 1000 штук, то для состава с 20% рисовой шелухи получим:

$$\Delta M = (3,2 - 2,5) * 1000 = 700 \text{ кг.}$$

Это означает, что при выпуске 1000 кирпичей масса партии уменьшается на 700 кг, что особенно важно для сельских условий, где перевозка материалов часто осуществляется на короткие, но нерегулярные расстояния и с ограниченной механизацией.

Теплотехнический эффект можно выразить через относительное снижение коэффициента теплопроводности:

$$E_t = (0,75 - 0,50) / 0,75 * 100\% = 33,33\%.$$

Следовательно, переход от традиционного состава к составу с 20 % рисовой шелухи теоретически позволяет повысить теплоизоляционные свойства материала примерно на треть. Для малоэтажного сельского строительства это имеет принципиальное значение, поскольку уменьшает зависимость от дополнительных утеплителей.

Полученные результаты позволяют сделать несколько принципиальных выводов. Во-первых, рисовая шелуха может рассматриваться не как проблемный отход, а как функциональная технологическая добавка. Во-вторых, её использование целесообразно именно в составе земляного кирпича, где природная матрица материала хорошо сочетается с растительными включениями. В-третьих, даже при сравнительно простом наборе исходных данных математическая обработка позволяет перейти от качественных оценок к количественным выводам.

Следует отметить и ограничения исследования. Представленные расчёты выполнены на основе сравнительных данных по трём составам и отражают прежде всего тенденцию изменения свойств. Для дальнейшего развития темы желательно дополнить анализ показателями водопоглощения, морозостойкости, усадки при сушке и долговечности. Кроме того, для практического внедрения необходимы опытно-производственные испытания в рисоводческих районах Кыргызстана, где рисовая шелуха накапливается в наибольших объёмах.

Заключение

В результате проведённой доработки статьи тема использования рисовой шелухи в производстве земляного кирпича была переведена из описательного формата в аналитический. Уточнена научная постановка задачи, введён методический аппарат расчёта эффективности и выполнена количественная интерпретация экспериментальных данных.

Расчёты показали, что при добавлении 10% рисовой шелухи масса кирпича снижается на 9,38%, теплопроводность — на 20%, а прочность до обжига возрастает на 13,33%. Для состава с 20% шелухи эти показатели составляют соответственно 21,88%, 33,33 % и 20%. Наибольший интегральный эффект продемонстрировал состав с 20% добавки, что позволяет рассматривать его как наиболее перспективный среди изученных вариантов.

Таким образом, использование рисовой шелухи в составе земляного кирпича является экологически безопасным, технологически доступным и экономически оправданным направлением переработки аграрных отходов. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения предложенной модели для обоснования выбора состава материала и для подготовки пилотных проектов по производству энергоэффективного кирпича в регионах выращивания риса.

Проведённое исследование показало, что рисовая шелуха может рассматриваться не как малополезный побочный продукт сельскохозяйственного производства, а как перспективное вторичное сырьё для строительной отрасли. Анализ свойств рисовой шелухи и примеров её практического применения подтверждает, что данный материал обладает рядом ценных характеристик: малой массой, низкой теплопроводностью, относительной устойчивостью к влаге и способностью улучшать эксплуатационные свойства строительных смесей и изделий. Особенно важным является то, что при добавлении рисовой шелухи в состав земляного кирпича снижается масса изделия, уменьшается теплопроводность и одновременно наблюдается рост прочности до обжига, что делает такой материал более привлекательным для использования в малоэтажном и сельском строительстве. В представленных в статье данных масса кирпича уменьшается с 3,2 до 2,5 кг, теплопроводность — с 0,75 до 0,50 Вт/м·К, а прочность возрастает с 1,5 до 1,8 МПа при увеличении доли добавки до 20%.

Важным результатом исследования является вывод о том, что использование рисовой шелухи позволяет одновременно решать несколько задач: экологическую, экономическую и социальную.

С экологической точки зрения переработка шелухи способствует снижению объёмов сжигания и захоронения аграрных отходов, а значит, уменьшает загрязнение окружающей среды.

С экономической точки зрения применение такого сырья позволяет снизить потребность в традиционных материалах, удешевить производство отдельных видов строительной продукции и расширить использование местных ресурсов.

С социальной точки зрения подобные технологии могут стать основой для развития малого бизнеса в сельских районах, создания дополнительных рабочих мест и формирования новых источников дохода для населения.

В самой статье подчёркивается, что в южных регионах Кыргызстана, где сосредоточено основное рисоводство, проблема утилизации шелухи особенно актуальна, а её использование в строительных целях способно повысить энергоэффективность зданий и поддержать местное производство.

Отдельного внимания заслуживает практическая значимость данного направления для Кыргызстана. В статье отмечено, что основные районы выращивания риса расположены в Ошской, Жалал-Абадской и Чуйской областях, где ежегодно образуются значительные объёмы рисовой шелухи. Приведённый пример с рисовым заводом в Кара-Суу, где образуется более 300 тонн шелухи в год, показывает, что даже на локальном уровне существует реальная сырьевая база для её последующего использования в строительстве или в производстве добавок к цементным смесям. Это означает, что внедрение пилотных проектов в рисоводческих районах может не только продемонстрировать технологическую осуществимость такого подхода, но и стать основой для развития более широкой системы переработки сельскохозяйственных отходов в строительные материалы.

Таким образом, рисовая шелуха обладает высоким потенциалом как доступный, экологически безопасный и экономически выгодный материал. Её применение в качестве теплоизоляционного наполнителя, компонента земляного кирпича и сырья для получения золы с высоким содержанием кремнезёма открывает широкие перспективы для устойчивого строительства. На основании проведённого анализа можно сделать вывод, что дальнейшие исследования в этом направлении должны быть сосредоточены на экспериментальной проверке оптимальных пропорций добавки, изучении долговечности таких материалов в различных климатических условиях и разработке практических рекомендаций для строительных предприятий и фермерских хозяйств. В целом использование рисовой шелухи следует рассматривать как одно из перспективных направлений ресурсосбережения, развития зелёной экономики и повышения эффективности использования местных аграрных отходов.

Литература

1. Култаев, Т.Ч. Оптимизация урожайности сельскохозяйственных культур по критерию максимума прибыли // Учет и контроль. – 2016. – № 11(12). – С. 17–22.

2. Имаралиев, О. Р. Экономикалык процесстерди экономика-математикалык методдордун жардамында моделдештирүү / О. Р. Имаралиев, К. Б. Бакытбек // Илим. Билим. Техника. – 2022. – No. 1(73). – P. 110-116. – DOI 10.54834/16945220_2021_1_110. – EDN ITRWWK.
3. Скворцов, С.А. Использование рисовой шелухи в производстве строительных материалов // Строительная наука и техника. – 2018. – № 6. – С. 45–49.
4. Абжапар Кызы, Ф. GAP анализи жана анын IT долбоорлорду башкарууда колдонулушу / Ф. Абжапар Кызы, О. Р. Имаралиев // Вестник Ошского государственного университета. – 2024. – No. 2. – P. 395-403. – https://doi.org/10.52754/16948610_2024_2_39
5. Имаралиев, О. Р. Кайра иштетүү продукциясын өндүрүүнү математикалык моделдештирүү аркылуу оптималдаштыруу / О. Р. Имаралиев, Ф. Абжапар Кызы // Вестник Ошского государственного университета. – 2024. – No. 4. – P. 203-212. – https://doi.org/10.52754/16948610_2024_4_20
6. Панов, Д.П. Альтернативные строительные материалы на основе аграрных отходов. – Москва: СтройИздат, 2015. – 240 с.
7. Абдрахманов, У.К. Переработка сельскохозяйственных отходов: теория и практика. – Бишкек: Илим, 2020. – 134 с.
8. Национальный статистический комитет Кыргызской Республики. Экологический обзор: отходы сельского хозяйства в Кыргызстане. – Бишкек, 2020.

Евразия изилдөөлөрү ачык журналы, 2026, №1, бб. 153-161

doi: 10.65469/ejournal.2026.1.17

ejournal.ilimbilim.kg

ЭКОНОМИКА / ECONOMICS

УДК 691.32:631.862

Топурак кирпич өндүрүүдө күрүчтүн кабыгын колдонуунун натыйжалуулугун жогорулатуу

Абжапар кызы Фарида

окутуучу, Ош мамлекеттик университети, Кыргызстан, abjaparkyzyfarida@gmail.com,

ORCID: 0009-0007-4992-6532

Имаралиев Омурбек Рахманалиевич

э.и.к., доцент, Ош мамлекеттик университети, Кыргызстан, imaraliev@oshsu.kg, ORCID: 0000-0002-1172-7307

Аннотация

Бул макалада күрүч кабыгын ылай кыш өндүрүүдө жергиликтүү айыл чарба калдыктары катары колдонуунун натыйжалуулугун жогорулатуунун комплекстүү ыкмасы сунушталат. Күрүч кабыгынын физикалык-химиялык касиеттери такталат, аларды ылай кышка кошуунун технологиялык өзгөчөлүктөрү ачылат жана мындай иштетүүнүн экологиялык жана экономикалык пайдасы негизделет. Кошулманын натыйжалуулугун баалоо үчүн кыштын массасынын, жылуулук өткөрүмдүүлүгүнүн жана бекемдигинин өзгөрүүсүнүн салыштырмалуу көрсөткүчтөрүнүн системасы колдонулат. 0%, 10% жана 20% кабыгы бар курамдар үчүн эксперименталдык маалыматтардын негизинде ресурстук жана жылуулук эффективдүүлүгүнүн коэффициенттери эсептелет. Ылай кышка күрүч кабыгын кошуу продуктунун салмагын азайтып, жылуулук изоляциялоо касиеттерин жакшыртып, ошол эле учурда күйгүзүү алдында бекемдиктин жогорулашын камсыздай тургандыгы көрсөтүлгөн. Бул технологияны Кыргызстандын күрүч өстүрүүчү аймактарында айыл чарба калдыктарын пайдалануунун экологиялык жактан коопсуз, ресурс үнөмдөөчү жана экономикалык жактан пайдалуу жолу катары ишке ашырууга болот деген тыянак чыгарылды.

Ачкыч сөздөр: күрүч кабыгы, топурак кыш, айыл чарба калдыктары, кайра иштетүү, жылуулук изоляциясы, жашыл курулуш, ресурстарды үнөмдөө, математикалык модель

Open Journal of Eurasian Issues, 2026, no. 1, pp. 153-161

doi: 10.65469/ejournal.2026.1.17

ejournal.ilimbilim.kg

ЭКОНОМИКА / ECONOMICS

УДК 691.32:631.862

Increasing the Efficiency of Using Rice Husk in Soil Brick Production

Abzhapar kyzy Farida

Lecturer, Osh State University, Kyrgyzstan, fabjaparova@oshsu.kg, ORCID: 0009-0007-4992-6532

Imaraliev Omurbek Rakhmanalievich

Candidate of Economics, Associate Professor, Osh State University, Kyrgyzstan, imaraliev@oshsu.kg,
ORCID: 0000-0002-1172-7307

Abstract

The article proposes an integrated approach to improving the efficiency of using rice husk, a local agricultural by-product, in the production of earth bricks. The physicochemical properties of rice husk are clarified, the technological features of its incorporation into adobe mixtures are described, and the environmental and economic advantages of such recycling are substantiated. To evaluate the effect of the additive, a system of relative indicators of changes in mass, thermal conductivity and pre-firing strength is applied. Based on the compositions containing 0%, 10% and 20% rice husk, resource-saving and thermal-efficiency coefficients are calculated. The results show that the inclusion of rice husk reduces brick mass, improves thermal insulation properties and simultaneously increases pre-firing strength. The study concludes that this technology is a promising environmentally safe and economically justified option for rice-growing regions of Kyrgyzstan.

Keywords: rice husk, earth brick, agricultural waste, recycling, thermal insulation, eco-construction, resource saving, mathematical model