

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 666.973.2:666.972.1(043.3)

**ДАВЫДЕНКО
НАДЕЖДА ВЛАДИМИРОВНА**

**ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПЛИТЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ
РАСТЕНИЕВОДСТВА И НЕОРГАНИЧЕСКОГО ВЯЖУЩЕГО**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия

Брест, 2016

Работа выполнена на кафедре строительного производства Учреждения образования «Полоцкий государственный университет».

Научный руководитель **Бакатович Александр Александрович**,
кандидат технических наук, доцент,
декан инженерно-строительного факультета
Полоцкого государственного университета,
г. Новополоцк

Официальные оппоненты: **Леонович Сергей Николаевич**,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Технология строительного
производства» Белорусского национального
технического университета, г. Минск

Сафончик Дмитрий Иосифович,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Строительное
производство» Гродненского государственного
университета имени Янки Купалы, г. Гродно

Оппонирующая
организация **Научно-исследовательское республиканское
унитарное предприятие по строительству
«Институт БелНИИС»**, г. Минск

Защита состоится 01 июля 2016 года в 13:00 на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.09.01 при Учреждении образования «Брестский государственный технический университет» по адресу: 224017, г. Брест, ул. Московская, 267, ауд. 1/323, телефон ученого секретаря: +375 162 40 60 87.

Отзывы просим направлять по адресу: 224017, г. Брест, ул. Московская, 267, Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», ученому секретарю совета, тел. (0162) 40 60 87.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения образования «Брестский государственный технический университет».

Автореферат разослан 27 мая 2016 года.

Ученый секретарь Совета
по защите диссертаций Д 02.09.01
кандидат технических наук, доцент



Шевчук В. Л.

ВВЕДЕНИЕ

Существенный сегмент в производстве агропромышленного комплекса Республики Беларусь занимает растениеводство, включая выращивание зерновых культур и льна. По данным статистического ежегодника в Республике Беларусь посевные площади зерновых культур составляют около 2 млн гектаров, льна-долгунца – 70 тыс. гектаров. При этом ежегодное количество получаемой соломы составляет около 6 млн тонн, а костры льна – 65 тыс. тонн.

В основном солома заготавливается для использования в качестве добавки к кормам, а также как подстилочный материал для животноводческих ферм. Использование соломенных тюков в качестве теплоизоляции в каркасных домах не находит широкого применения. Технология изготовления костричных плит из-за больших затрат на производство стала экономически невыгодной. Утилизация костры льна и соломы как топлива для котельных предприятий или в качестве удобрений не является рациональной и эффективной.

Вовлечение в производство отходов и получение из них новых видов изделий – одно из главных направлений в промышленности строительных материалов. В настоящее время в странах Европы и России особое внимание в технологиях получения теплоизоляционных материалов уделяется использованию отходов растительного происхождения. Многочисленные экспериментальные исследования показывают, что наиболее подходящим сырьем для изготовления теплоизоляционных материалов являются сельскохозяйственные отходы, образующиеся после сбора и переработки урожая зерновых культур, льна, семян подсолнечника, хлопка и т.д.

В связи с вышеизложенным диссертационная работа, связанная с получением эффективного теплоизоляционного материала на основе соломы и костры льна, является актуальной.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами

Тема диссертационной работы соответствует пункту 8.8 «Новые неорганические и композиционные материалы для дорожного, промышленного и жилищного строительства, методы и средства измерений свойств строительных материалов» позиции 8 «Новые материалы для промышленности, медицины и строительства, наукоемкие технологии их производства. Металлургические и литейные процессы» и пункту 10.2 «Физико-химические и биологические эколого-безопасные технологии переработки твердых горючих ископае-

мых, переработки и утилизации органических и неорганических отходов» позиции 10 «Экология, природные ресурсы, ресурсосбережение, рациональное природопользование и защита от чрезвычайных ситуаций» Перечня приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы.

Экспериментально-теоретические исследования, полученные автором диссертационной работы, являются составной частью задания № 55 «Разработка новых энергосберегающих утеплителей из композиционных материалов на неорганическом вяжущем» (гос. регистр. № 20062375 от 16.11.2006) по Государственной комплексной программе научных исследований на 2006–2010 годы «Создание новых и совершенствование существующих неорганических и композиционных материалов и реагентов, обеспечивающих снижение энергетических и материальных затрат в химической, строительной и других отраслях народного хозяйства Республики Беларусь», выполненной на кафедре строительного производства Учреждения образования «Полоцкий государственный университет».

Отдельные исследования проведены в рамках договоров о сотрудничестве в области научных исследований между Учреждением образования «Полоцкий государственный университет» и Company Thien Xung Ltd (Вьетнам) по теме «Теплоизоляционные и звукоизоляционные строительные материалы на основе растительных отходов сельскохозяйственного производства», а также Universiti Malaysia Pahang (Малайзия) по теме «Экологически безопасные материалы».

Цель и задачи исследования

Целью исследования является получение экологически безопасного плитного теплоизоляционного материала с высокими физико-механическими показателями на основе отходов растениеводства.

Задачи исследования:

- определить закономерности, позволяющие установить факторы, оказывающие наибольшее влияние на основные показатели композиционного материала: среднюю плотность, прочность на сжатие при 10% деформации, прочность при изгибе, коэффициент теплопроводности;
- определить количественное содержание компонентов в костросоломенных плитах, обеспечивающее требуемые значения физико-механических характеристик теплоизоляционного материала;
- исследовать механизмы влияния микроструктуры ржаной соломы и костры льна на теплофизические и механические характеристики теплоизоляционных плит;
- провести анализ экспериментальных исследований сорбционной влажности, включая результаты кинетики сорбции водяных паров, а также определить коэффициенты паропроницаемости теплоизоляционного материала;

- оценить основные теплофизические показатели и технологические свойства теплоизоляционных плит в натуральных условиях эксплуатируемых зданий;
- разработать технические условия на костросоломенные теплоизоляционные плиты и провести санитарно-гигиенические исследования, а также испытания на горючесть и дымообразующую способность утеплителя.

Объект исследования – теплоизоляционные плиты на основе соломы зерновых культур и костры льна.

Предмет исследования – состав, структура, физико-механические и эксплуатационно-технологические свойства теплоизоляционных плит из отходов растениеводства на неорганическом вяжущем.

Научная новизна

1. Впервые установлены закономерности, позволяющие определить степень влияния факторов (расхода жидкого стекла, содержания крупного и мелкого заполнителя, давления формования) на основные физико-механические показатели (среднюю плотность, коэффициент теплопроводности, прочность на сжатие при 10% деформации, прочность при изгибе) композиционного теплоизоляционного материала.

2. Исследована кинетика изменения сорбционной влажности и определены коэффициенты паропроницаемости костросоломенного материала для расчета влажностного режима ограждающих конструкций.

3. Впервые проведены натурные испытания ограждающих конструкций с использованием в качестве теплоизоляционного материала костросоломенных плит, подтверждающие высокие теплотехнические свойства утеплителя, основываясь на эксплуатационных данных распределения температур по толщине наружного ограждения, полученных коэффициентах теплопроводности конструкций и показателях влажности костросоломенных плит.

Положения, выносимые на защиту

Основные результаты работы, выносимые на защиту:

1. Выявленные закономерности, показывающие влияние расхода жидкого стекла, содержания крупного и мелкого заполнителя (ржаной соломы и костры льна), давления формования на среднюю плотность, коэффициент теплопроводности, прочность на сжатие при 10% деформации, прочность при изгибе, и результаты комплексных экспериментальных исследований, их подтверждающие.

2. Полученные значения расчетных параметров сорбционной влажности и коэффициента паропроницаемости, применяемые в расчетных моделях определения влажностного режима ограждающих конструкций с использованием в качестве теплоизоляционного материала костросоломенных плит.

3. Результаты натурных исследований стеновых конструкций, чердачно-го перекрытия жилых зданий, позволившие установить распределение температур по толщине наружных ограждений, определить коэффициенты тепло-

проводности конструкций и показатели влажности костросоломенных плит в условиях эксплуатации северного региона Республики Беларусь.

Личный вклад соискателя

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии в постановке и решении задач исследования, планировании эксперимента, анализе научной литературы, получении опытных образцов и изучении их свойств, проведении натурных испытаний, обработке экспериментальных данных и обобщении результатов исследования, подготовке научных публикаций.

Диссертационная работа представляет собой самостоятельный труд соискателя. Научный руководитель кандидат технических наук, доцент А. А. Бакатович осуществлял общее научное руководство, определял направления исследований и принимал участие в интерпретации результатов работы.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на научных конференциях и семинарах: Junior researchers' conference. Polotsk State University, Novopolotsk, April 28–29, 2010; XVII Международном научно-методическом семинаре «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров», Гродно, 27–28 мая 2010 г.; XVIII Международном научно-методическом семинаре «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь», Новополоцк, 28–29 нояб. 2012 г.; Belarusian-German seminar «Scientific and technical cooperation and technology transfer in the sphere of power efficiency and waste processing», Minsk, December 10–12, 2012; 3-й Международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах», Брянск, 9–10 апр. 2013 г.; Международной научно-технической конференции «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии», Могилев, 18–19 апр. 2013 г.; I Международной научно-практической конференции «Методология и принципы ценообразования в строительстве. Инновационные технологии в строительной отрасли и их внедрение», Минск, 23–24 мая 2013 г.; XIX Международном научно-методическом семинаре «Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров», Брест, 23–25 окт. 2014 г.; научно-практическом семинаре «Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов», Новополоцк, 8–9 окт. 2015 г.

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе 6 в научных журналах по Перечню ВАК Республики Беларусь. Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 6,09 авторских листа, из них в научных журналах по Перечню ВАК Республики Беларусь – 2,76 авторских

листа. Получен патент на изобретение № 14140 «Сырьевая смесь для получения теплоизоляционного материала».

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации составляет 204 страницы, включая 66 иллюстраций на 49 страницах, 20 таблиц на 15 страницах, библиографический список из 207 наименований на 16 страницах, 6 приложений на 53 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проанализирован опыт применения вторичных сырьевых ресурсов, включая отходы деревообработки и растениеводства, для получения теплоизоляционных материалов. Существенный вклад в разработку и исследование свойств теплоизоляционных материалов на основе растительного сырья внесли: П. И. Крутов, И. Х. Наназшвили, Н. И. Склезков, В. И. Савин, Н. П. Лукутцова, И. В. Вершинин, Н. О. Копаница, В. И. Соломатов, В. М. Курдюмова, В. И. Симонов, С. А. Угрюмов, О. Е. Смирнова и другие ученые.

При использовании заполнителей древесного происхождения имеют место определенные трудности как на стадии подготовки сырья, так и в технологии изготовления (например, минерализация древесного сырья при использовании цемента в качестве вяжущего требует дополнительных технологических операций и затрат). В ряде случаев необходима дополнительная обработка получаемых теплоизоляционных материалов антисептиками и антипиренами.

Мировая практика показывает, что отходы растениеводства (костра льна, солома зерновых культур, рисовая лузга, стебли хлопчатника) являются многотоннажными продуктами. Наиболее существенных результатов по обеспечению высоких теплотехнических характеристик исследователям удалось достичь, используя именно растительные отходы сельскохозяйственного производства, и прежде всего за счет композиционных заполнителей. По своим теплотехническим характеристикам материалы на основе отходов растениеводства вплотную приблизились к показателям искусственных органических утеплителей.

В качестве вяжущего компонента для теплоизоляционных материалов используется цемент, латекс, ПВА, жидкое стекло. При этом наибольший интерес вызывает применение жидкого стекла в качестве самостоятельного вяжущего. Введение модифицирующих добавок в жидкое стекло позволяет существенно снизить растворимость вяжущего и улучшить водостойкость теплоизоляционных изделий. В то же время применение жидкого стекла способ-

ствуется повышению огнестойкости теплоизоляционных материалов на заполнителях растительного происхождения.

Учитывая современную конъюнктуру на рынке теплоизоляционных материалов, в проводимых исследованиях ставится задача получения экологически безопасного и эффективного теплоизоляционного материала с высокими физико-механическими показателями, позволяющего рационально утилизировать многотоннажные отходы растениеводства на территории Республики Беларусь.

Во второй главе приведены показатели качества и характеристики использованных материалов, методики исследований, применяемые приборы и оборудование. Рассмотрены образующиеся в больших объемах на территориях разных стран, включая Беларусь, Украину, Вьетнам, Малайзию, отходы растениеводства как потенциальные сырьевые ресурсы получения эффективного заполнителя для теплоизоляционных материалов. Для экспериментальных исследований в качестве заполнителей использовали солому зерновых культур, костру льна, рисовую лузгу, стебли топинамбура и волокно коры масличной пальмы.

Представлены данные по урожайности соломы зерновых культур на территории Республики Беларусь. Урожайность (тыс. тонн) соломы ржи составляет 903,9–1798,6; пшеницы – 976,3–2577,6; ячменя – 11187–1779; овса – 431,5–617,1. По причине больших объемов производства до 40–50% соломы не используется.

На льнозаводах Витебской области ежегодно образуется около 45 тыс. тонн отходов льнопереработки. За сезон количество образующихся растительных отходов топинамбура, выращиваемого в аграрных хозяйствах Украины, составляет примерно 110–150 тыс. тонн. Количество образующейся рисовой соломы во Вьетнаме – около 1,1 млн тонн, в России – около 400 тыс. тонн; объем рисовой лузги – 280 и 100 тыс. тонн соответственно. В Малайзии производители пальмового масла столкнулись с проблемой переработки вырубаемых старых пальмовых деревьев. Ежегодно требуется утилизировать порядка 210 тыс. тонн коры.

Результаты проводимых исследований по определению основных характеристик материалов на основе рассматриваемых сырьевых источников показаны в таблице 1. При практически равных значениях плотности и коэффициента теплопроводности показатель прочности на сжатие при 10% деформации теплоизоляционного материала с заполнителем из рубленой соломы ржи превышает характеристики образцов на основе других видов соломы на 21–52%, а по прочности при изгибе на 26–64%, что объясняется большей «жесткостью» стеблей ржаной соломы.

Из образцов на основе других отходов растениеводства наиболее приемлемые значения физико-механических характеристик материала достигаются при использовании костры льна.

Таблица 1. – Физико-механические характеристики теплоизоляционных материалов на основе растительных отходов сельскохозяйственного производства

№ состава	Заполнитель	Физико-механические характеристики			
		плотность, кг/м ³	прочность на сжатие при 10% деформации, МПа	предел прочности при изгибе, МПа	коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
1	Ржаная солома	225	0,35	0,82	0,059
2	Ячменная солома	220	0,27	0,58	0,063
3	Пшеничная солома	220	0,29	0,65	0,056
4	Овсяная солома	210	0,27	0,6	0,058
5	Рисовая солома	210	0,23	0,5	0,062
6	Костра льна	230	0,5	0,62	0,054
7	Рисовая лузга	230	0,5	0,34	0,068
8	Волокно коры пальмы	200	0,21	0,75	0,052
9	Стебель топинамбура	210	0,28	0,37	0,07

В процессе анализа полученных результатов установлено, что образцы на жидком стекле имеют показатели по плотности, прочности на сжатие при 10% деформации и прочности при изгибе, практически идентичные характеристикам образцов на основе латекса и дисперсии ПВА. Однако при этом коэффициент теплопроводности ниже на 14–16%. Кроме того, жидкое стекло, как известно, в отличие от латекса и дисперсии ПВА, позволяет существенно повысить огнестойкость горючих заполнителей – соломы и костры.

Полученные данные на начальном этапе исследований дают возможность предположить, что при проведении ряда экспериментов по определению соотношений компонентов заполнителя, фракционного состава и других параметров существует перспектива получения эффективного теплоизоляционного материала с большими потенциальными возможностями на основе композиции ржаной соломы, костры льна и жидкого стекла.

В третьей главе установлены закономерности, показывающие влияние различных факторов на основные физико-механические характеристики соломенных и костросоломенных плит.

С целью определения степени влияния количества вводимого вяжущего, расходов соломы и костры, а также давления формования на физико-механические свойства костросоломенных плит реализован 3-х факторный эксперимент.

Факторы и интервалы варьирования представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование фактора	Единицы измерения	Обозначения в кодированных переменных	Уровни факторов			Интервалы варьирования факторов
			-1	0	+1	
Расход вяжущего	массовая доля	X_1	1	1,4	1,8	0,4
Количество соломы в общем расходе заполнителя	массовая доля	X_2	0,3	0,6	0,9	0,3
Давление формования	МПа	X_3	0,01	0,03	0,05	0,02

Полиномиальные модели выходных величин в кодированных переменных имеют следующий вид:

- средняя плотность

$$Y_1 = 245,33 + 20,3 \cdot X_1 + 35,2 \cdot X_3; \quad (1)$$

- прочность на сжатие при 10% деформации

$$Y_2 = 0,278 + 0,083 \cdot X_1 - 0,049 \cdot X_2 + 0,13 \cdot X_3 - 0,241 \cdot X_2^2; \quad (2)$$

- предел прочности при изгибе

$$Y_3 = 1,154 + 0,08 \cdot X_1 + 0,041 \cdot X_2 + 0,129 \cdot X_3 - 0,317 \cdot X_2^2; \quad (3)$$

- коэффициент теплопроводности

$$Y_4 = 0,0508 + 0,0033 \cdot X_1 + 0,0022 \cdot X_2 + 0,0091 \cdot X_3^2. \quad (4)$$

Для установления степени влияния факторов на выходные параметры (среднюю плотность, прочность на сжатие при 10% деформации, предел прочности при изгибе, коэффициент теплопроводности) построены однофакторные графики влияния изменения переменных на свойства материала при нулевых значениях остальных факторов и нулевом значении свободного члена уравнения. В качестве примера на рисунках 1, 2 приведены зависимости влияния изменения факторов на прочность на сжатие при 10% деформации и коэффициент теплопроводности.

Анализ графиков влияния изменения переменных на показатель прочности на сжатие (рисунок 1) показал, что наибольшее отрицательное влияние на прочность материала фактор (X_2) оказывает при своих граничных значениях, а наибольшее положительное влияние на параметр (Y_2) оказывает давление формования (X_3).

Как следует из графика влияния входных переменных на показатель теплопроводности материала (рисунок 2), увеличение расхода вяжущего, соломы и давления формования приводит к увеличению коэффициента теплопроводности. Причем давление формования (X_3) оказывает наибольшее влияние из всех трех факторов на увеличение выходного параметра (Y_4). Из условия необходимости снижения коэффициента теплопроводности материала удовлетворяющая требованию величина давления формования находится в диапазоне от $-0,2$ до $+0,2$ изменения фактора (X_3).

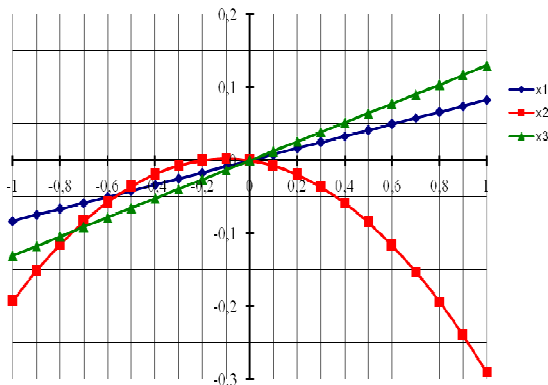


Рисунок 1. – Влияние изменения факторов на прочность на сжатие при 10% деформации (в кодированных переменных)

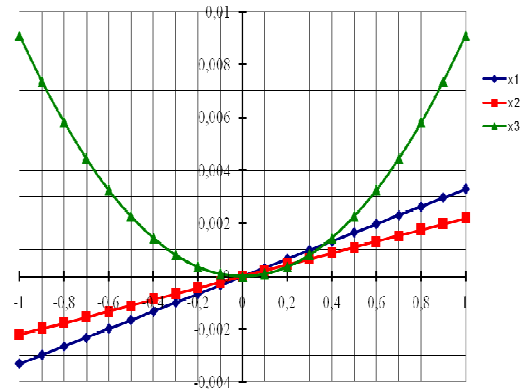


Рисунок 2. – Влияние изменения факторов на коэффициент теплопроводности (в кодированных переменных)

Для подтверждения выявленных закономерностей и степени влияния факторов, позволяющих обеспечить требуемые физико-механические характеристики костросоломенных плит, проведен комплекс исследований и получены графики изменения средней плотности, прочности на сжатие при 10% деформации, прочности при изгибе и коэффициента теплопроводности в зависимости от давления формования и количества соломы в общем расходе заполнителя при фиксированных значениях расхода вяжущего.

На рисунках 3, 4 в качестве примера представлены зависимости изменения прочности на сжатие при 10% деформации и коэффициента теплопроводности при расходе вяжущего, равном 1,4 массовых долей.

В таблице 3 приведены показатели, позволяющие получить костросоломенные плиты со следующими характеристиками: плотность 220–250 кг/м³, прочность на сжатие при 10% деформации 0,65–0,8 МПа, прочность при изгибе 1–1,2 МПа, коэффициент теплопроводности 0,046–0,055 Вт/(м·°С).

Варьирование факторов в указанных пределах (таблица 3) позволяет получить сбалансированную структуру из двух полноценных сформированных взаимопроникающих каркасов – ржаной соломы и костры льна с сохраненной капиллярной структурой соломы, что и дает возможность произво-

дить костросоломенные плиты с высокими прочностными и теплотехническими характеристиками.

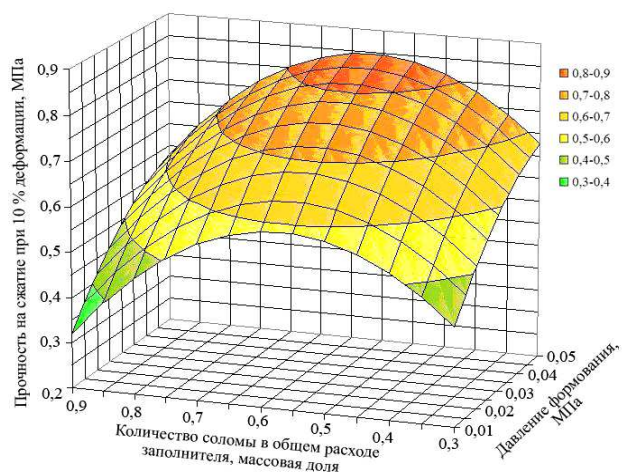


Рисунок 3. – Изменение прочности на сжатие при 10% деформации в зависимости от давления формования и количества соломы в общем расходе заполнителя

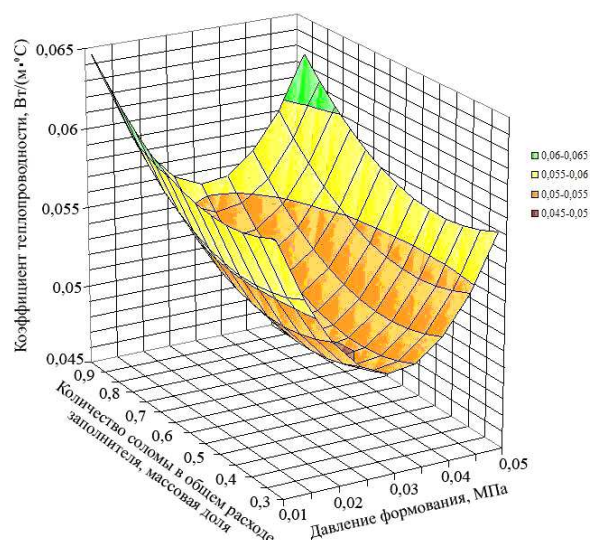


Рисунок 4. – Изменение коэффициента теплопроводности в зависимости от давления формования и количества соломы в общем расходе заполнителя

Таблица 3. – Показатели давления формования при заданных расходах вяжущего и количестве соломы в общем расходе заполнителя

Расход вяжущего (жидкого стекла), массовая доля	Давление формования, МПа, при количестве соломы в общем расходе заполнителя, массовая доля		
	0,7	0,6	0,5
1,0	0,04	0,04	0,04
1,1	0,04	0,04	0,04
1,2	0,03	0,03	0,03
1,3	0,03	0,03	0,03
1,4	0,03	0,03	0,03
1,5	0,03	0,03	0,03
1,6	0,02	0,02	0,02
1,7	0,02	0,02	0,02

Для подтверждения полученных результатов изучены продольные и поперечные срезы соломы ржи и льна с помощью электронной микроскопии и выявлены значительные отличия в строении капилляров внешних и внутренних областей стеблей (рисунки 5–8).

Во внутренней области капилляры разделены поперечными перегородками и представляют собой замкнутые ячейки размерами 40–90 мкм в поперечном и 50–100 мкм в продольном сечении у соломы ржи и размерами 30–70 мкм в поперечном и 50–120 мкм в продольном сечении у соломы льна с толщиной перегородок менее 0,5 мкм. Внутренняя область соломы ржи и

льна по структуре схожа со структурой пенополистирола при меньшем размере ячеек в 1,5–2 раза, что объясняет высокие теплоизоляционные свойства полученного теплоизоляционного композита. Внешняя область стеблей ржи представлена капиллярами размерами 5–40 мкм в поперечном сечении, разделенными через 150–500 мкм поперечными перегородками. В капиллярах внешней области стеблей льна с размером поперечного сечения 5–30 мкм присутствуют поперечные перегородки с шагом 100–300 мкм. Толщина продольных и поперечных перегородок составляет 1–3 мкм. Такая структура внешней области обуславливает жесткость и прочность стеблей соломы ржи, льна и оказывает существенное влияние на обеспечение прочностных показателей теплоизоляционных костросоломенных плит.



Рисунок 5. – Фрагмент поперечного среза стебля ржи (увеличение 200 крат)

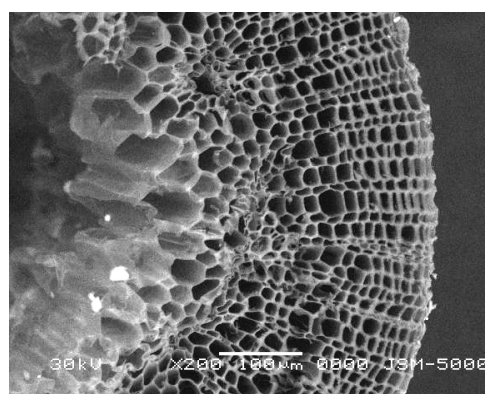


Рисунок 6. – Фрагмент поперечного среза стебля льна (увеличение 200 крат)

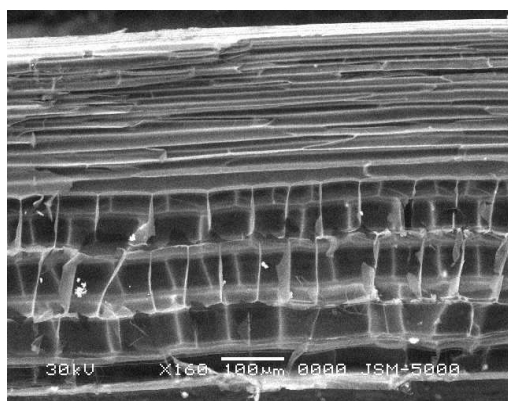


Рисунок 7. – Фрагмент продольного среза стебля ржи (увеличение 160 крат)

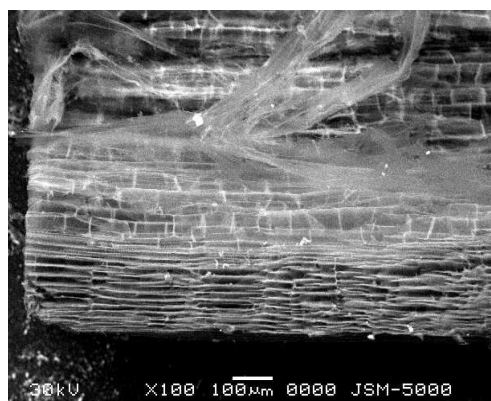


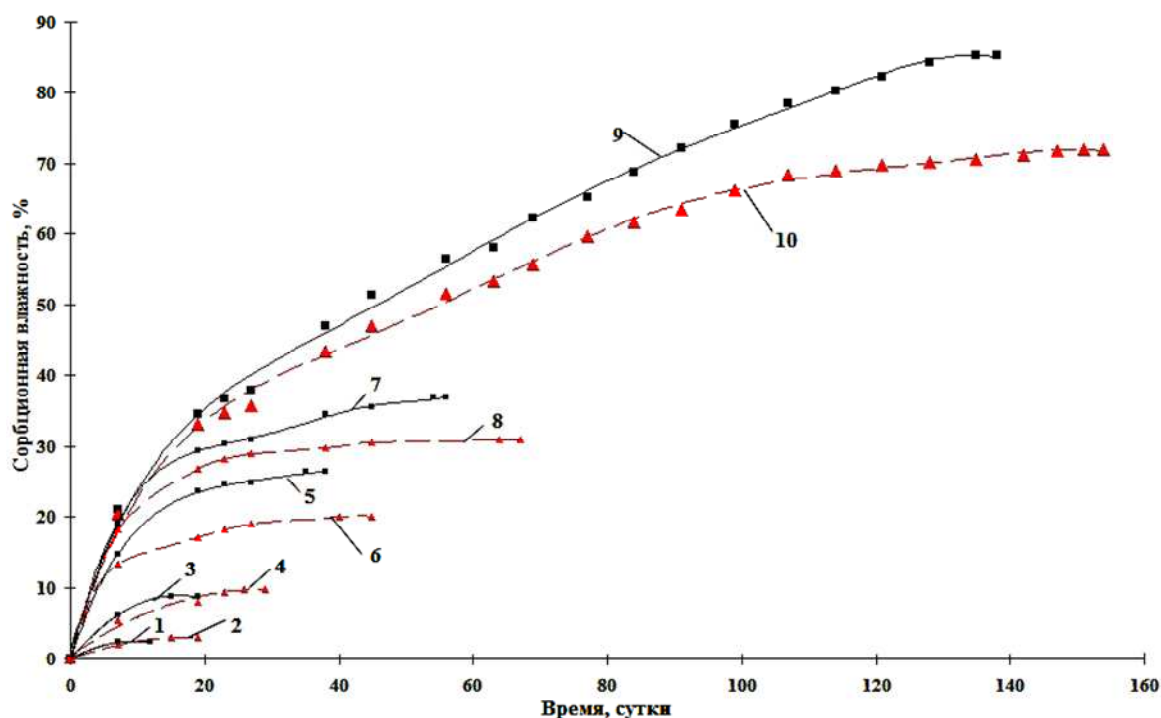
Рисунок 8. – Фрагмент продольного среза стебля льна (увеличение 100 крат)

Таким образом, при правильно подобранном давлении формования, расходе жидкого стекла и соотношении заполнителей рубленые стебли соломы с сохраненной капиллярной микроструктурой внутренней и внешней областей в процессе формовки совместно с костью льна обеспечивают одновременно получение жесткой и прочной структурной системы «каркас в каркасе» в сочетании с высокими теплотехническими показателями теплоизоляционных плит.

В четвертой главе рассмотрены тепло- и гидрофизические свойства соломенных и костросоломенных плит. Проведены исследования сорбционной влажности материалов с целью определения необходимых показателей для выполнения расчета влажностного режима ограждающих конструкций.

Из полученных зависимостей в виде изотерм сорбции следует, что сорбционная влажность материала на основе рубленой соломы при относительной влажности воздуха до 60% ниже сорбционной влажности материала на основе смеси рубленой соломы и костры льна на 11,2%. Однако уже при влажности воздуха 80% сорбционная влажность материала на основе соломы равна 26,3%, что превышает на 32% сорбционную влажность материала на основе смеси соломы и костры льна, равную 20%.

Также важной характеристикой для теплоизоляционных материалов является кинетика сорбции водяных паров при определенном значении относительной влажности воздуха (рисунок 9).



на основе соломы при относительной влажности воздуха: 1 – 40%, 3 – 60%, 5 – 80%, 7 – 90%, 9 – 97%; на основе смеси соломы и костры льна при относительной влажности воздуха: 2 – 40%, 4 – 60%, 6 – 80%, 8 – 90%, 10 – 97%

Рисунок 9. – Кинетика сорбции водяных паров материалом

При относительной влажности воздуха 40% сорбционная влажность материала на основе соломы увеличивается за 7 суток до 2,3% (зависимость 1), а материала на основе смеси соломы и костры льна достигает 3% за 15 суток (зависимость 2). Сравнивая зависимости 5 и 6 при относительной влажности воздуха 80%, видно, что за 35 суток сорбционная влажность материала на основе соломы на 32% больше, чем материала на основе соломы и костры льна

за тот же период. Процесс сорбции костросоломенного материала заканчивается только на 40 сутки.

Зависимости 9 и 10 отражают поглощение водяных паров материалами при относительной влажности воздуха, равной 97%. При этом сорбционная влажность материала на основе соломы на 21% больше, чем материала на основе смеси соломы и костры льна за период, равный 135 суткам. Необходимо отметить, что процесс сорбции костросоломенного материала заканчивается на 151 сутки, что на 16 суток больше, чем материала на основе соломы, и в конце процесса поглощения водяных паров сорбционная влажность материала на основе смеси соломы и костры льна на 15% меньше, чем материала на основе соломы. После завершения процесса сорбции во всех случаях наблюдается стабилизация поглощения водяных паров материалом.

Процесс сорбции водяных паров материалом на основе соломы протекает интенсивнее, чем костросоломенным материалом, что подтверждается большими значениями сорбционной влажности. Следовательно, можно предположить, что в процессе эксплуатации коэффициент теплопроводности материала на основе смеси соломы и костры льна будет ниже, чем у материала на основе соломы, и по теплотехническим показателям костросоломенные плиты должны превосходить соломенные.

Изучено влияние показателя влажности на коэффициент теплопроводности теплоизоляционных плит. За основу принята методика, предложенная Т. И. Рубашкиной. Образцы теплоизоляционных материалов выдерживали в камере над водой в течение 2, 3, 5, 10 и 25 суток, после чего извлекали и определяли плотность и коэффициент теплопроводности.

Структурная система «каркас в каркасе» костросоломенных плит, обеспечивающая значительное уменьшение пустотности, а также меньшая сорбционная способность костры льна существенно снижают поглощение влаги из воздуха утеплителем по сравнению с соломенными плитами. После насыщения влагой в течение 25 суток показатель прироста плотности костросоломенных плит ниже на 29%, влажность материала меньше на 28%, а коэффициент теплопроводности – на 30% по сравнению с показателями соломенных плит.

Основываясь на полученных результатах, выведена эмпирическая зависимость коэффициента теплопроводности соломенных и костросоломенных плит от показателя влажности общего вида:

$$\lambda_w = \lambda \cdot e^{k \cdot W}, \quad (5)$$

где λ – коэффициент теплопроводности сухого материала, Вт/(м·°С);

W – влажность материала, %;

k – коэффициент переменной, $k = 0,014$.

Практическое применение формулы возможно в теоретических расчетах теплофизических параметров проектируемых ограждений, а также при прогнозировании теплофизических характеристик ограждающих конструкций с применением теплоизоляционных плит на основе соломы и смеси соломы с кострой льна в условиях эксплуатации.

Полученные данные по исследованию паропроницаемости свидетельствуют о том, что коэффициент паропроницаемости теплоизоляционных плит на основе соломы ниже, чем плит на основе смеси соломы с кострой льна. Так, например, коэффициент паропроницаемости теплоизоляционных соломенных плит равен $0,3 \text{ мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$ при средней плотности $230 \text{ кг}/\text{м}^3$. При таком же значении плотности паропроницаемость утеплителя на основе смеси соломы с кострой при количестве соломы в общем расходе заполнителя, равном $0,7$ массовых долей, увеличивается на 27% , а при количестве соломы $0,6$ массовых долей – на 43% .

Более высокий коэффициент паропроницаемости $0,31\text{--}0,47 \text{ мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$ костросоломенных плит при плотности $180\text{--}280 \text{ кг}/\text{м}^3$ обеспечивается присутствием костры льна, обладающей большей паропроницаемостью, чем ржаная солома.

Установленные показатели сорбционной влажности и паропроницаемости костросоломенного утеплителя используются в расчетах влажностного режима наружных ограждающих конструкций зданий.

После определения основных физико-механических характеристик выполнялись исследования теплотехнических параметров теплоизоляционных соломенных и костросоломенных плит в климатической камере. В условиях переменных тепловых воздействий определяли изменение температуры по сечению образцов и плотности тепловых потоков. Получены распределения температур по толщине образцов в виде линий падения температур. Используя зависимости, определены коэффициенты теплопроводности и термические сопротивления теплопередаче образцов при температуре до $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ и влажности воздуха $50\text{--}95\%$ в холодном отделении камеры при толщине образцов 100 мм .

Анализ полученных результатов показывает, что с понижением температуры воздуха в холодном отделении камеры плотность теплового потока и термическое сопротивление теплопередаче увеличиваются, а коэффициент теплопроводности материала уменьшается. Так, при влажности воздуха $50\text{--}60\%$ в холодном отделении камеры эффективность теплоизоляционного материала по термическому сопротивлению теплопередаче костросоломенного образца по сравнению с образцом из соломы составляет 38% . При этом плотность теплового потока костросоломенного образца, равная $19,7 \text{ Вт}/\text{м}^2$, на 18% меньше показателя образца из соломы, равного $23,9 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Коэффициент теплопроводности образца на основе смеси соломы и костры льна составляет $0,058 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, что на 28% меньше значения соломенного образца.

Показатель влажности образца на основе соломы составляет 18,5% при влажности воздуха 50–60% и превышает на 28% значение влажности образца на основе смеси соломы и костры льна, равное 14%.

По результатам испытаний установлено, что при температуре от минус 5 до минус 20 °С и влажности воздуха 50–95 % в холодном отделении камеры, эффективность плит из смеси соломы с кострой льна относительно соломенных плит по основным теплотехническим характеристикам выше на 15–45%.

В пятой главе приведены результаты натурных исследований основных свойств теплоизоляционных плит в условиях эксплуатации зданий.

При проведении исследований теплоизоляционные плиты закладывали в кладку наружной стены, укладывали на чердачном перекрытии, устанавливали на стеновом ограждении с вентилируемой системой утепления при возведении индивидуальных жилых домов. Показатели температур по толщине ограждений и плотностей тепловых потоков с помощью датчиков фиксировались информационно-измерительным комплексом РТП-1-16Т в течение осенне-зимне-весеннего периода.

Ниже рассмотрены результаты исследования наружного ограждения с системой вентилируемого фасада, утепленного соломенными и костросоломенными плитами. Фрагмент участка наружной стены жилого дома с установленными термопарами и датчиками теплового потока со стороны помещения представлен на рисунке 10. В стеновой конструкции устанавливались термопары и датчики теплового потока согласно схеме, приведенной на рисунке 11.



Рисунок 10. – Расположение термопар и датчиков тепловых потоков на наружной стене со стороны помещения

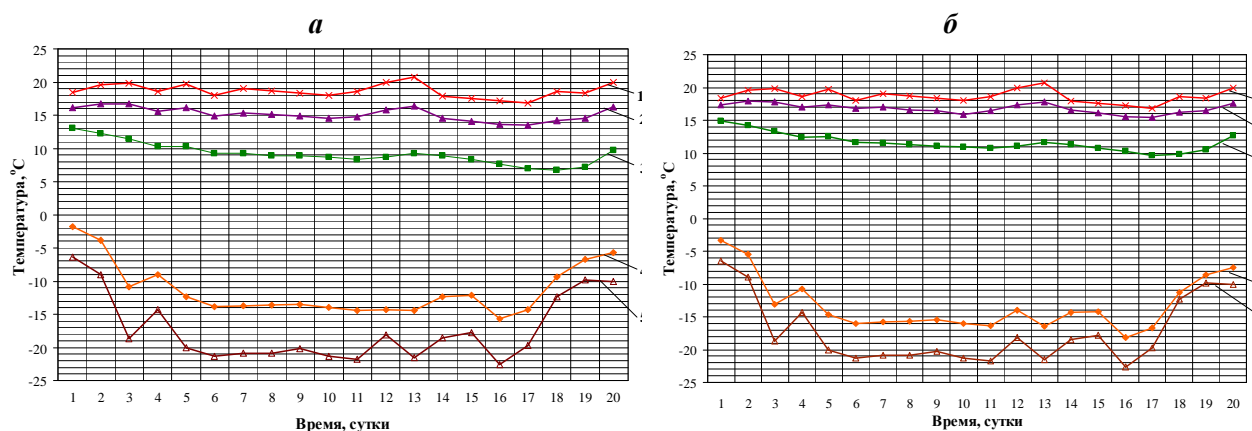


1 слой – кирпич керамический полнотелый;
2 слой – теплоизоляционный материал;
3 слой – ветровая защита; **4 слой** – воздушная прослойка;
5 слой – облицовочный металлический элемент;
I, II, III, IV – границы слоев ограждения

Рисунок 11. – Схема расположения термопар и датчиков тепловых потоков по сечению наружной стены с вентилируемой системой утепления

В качестве примера приведен временной промежуток с 15 января по 3 февраля 2014 года, являющийся наиболее холодным за зимний период.

На рисунке 12 представлено распределение температуры по толщине ограждающей конструкции. Значения температур приняты как средние величины показаний температур с 22 часов вечера до 6 часов утра.



a – с соломенной плитой; *б* – с костросоломенной плитой;

1 – температура внутреннего воздуха, °С; 2 – температура материала 1 слоя на границе I, °С; 3 – температура теплоизоляционного материала 2 слоя на границе II, °С; 4 – температура теплоизоляционного материала 2 слоя на границе III, °С; 5 – температура наружного воздуха, °С

Рисунок 12. – Распределение температуры по толщине наружного стенового ограждения с вентилируемой системой утепления

Из графиков распределения температуры (рисунок 12) следует, что амплитуда средней температуры для стены с соломенными плитами составляет 26 °С, а для стены с костросоломенными плитами соответствует 30 °С. При минимальном значении температуры наружного воздуха –23 °С показатели амплитуды температур увеличиваются и равны 29 и 34 °С соответственно.

По окончании измерений определены значения влажности теплоизоляционных материалов. Показатель влажности материала на основе соломы составляет 19% и превышает на 58% значение влажности материала на основе смеси соломы и костры льна, равное 12%. За летний период влажность соломенных и костросоломенных плит снижается до 8 и 5% соответственно.

Коэффициент теплопроводности конструкции стены с костросоломенными плитами при температуре наружного воздуха –23 °С составляет 0,18 Вт/(м·°С), что на 25% ниже показателя стены с соломенными плитами, равного 0,24 Вт/(м·°С).

Аналогичные натурные исследования проведены для наружного трехслойного стенового ограждения и чердачного перекрытия. Превышение показателя амплитуд средней температуры на 4–5 °С, а также уменьшение коэффициента теплопроводности на 22–25% подтверждают большую эффективность костросоломенных плит по сравнению с соломенными плитами. Существенное снижение влажности утеплителя в результате подсушивания за летний период

обуславливает долговременную эксплуатацию костросоломенных плит и эффективную теплоизоляцию наружных стеновых ограждений и чердачного перекрытия.

Долговечность костросоломенных плит при эксплуатации в условиях повышенной влажности обеспечивает водостойкость жидкого стекла как вяжущего материала. Водостойкость определяли по массе нерастворимого остатка жидкого стекла.

Установлено, что наиболее эффективными добавками для получения водостойкого жидкого стекла являются гексафторсиликат натрия, гипс, двухкомпонентные добавки извести и гипса, а также мела и гипса. Оптимальное количество вводимых добавок составляет 8–10%. При таких дозировках растворимость жидкого стекла с Na_2SiF_6 составляет не более 14% с образованием нерастворимого остатка в количестве 86–89%. Введение гипса позволяет получить нерастворимый остаток, равный 86–90% по массе. Двухкомпонентная добавка гипса и мела повышает водостойкость жидкого стекла до 88–90%, а добавка извести и гипса – до 92–95%. Однако при выборе добавки следует учитывать, что исходя из санитарно-гигиенических требований количество вводимого гексафторсиликата натрия не должно превышать более 10% от массы жидкого стекла по сухому веществу. Применение гипса с учетом быстрого вступления в химическую реакцию делает технологически невыполнимым равномерное распределение вяжущего по всему объему костросоломенной смеси на этапе перемешивания. Таким образом, исходя из показателя водостойкости для жидкого стекла с модулем 2,9, наиболее целесообразным является применение двухкомпонентных добавок $\text{CaCO}_3 + \text{CaSO}_4$ и $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CaSO}_4$.

Костросоломенные плиты обладают высокими технологическими характеристиками. Плиты одинаково хорошо подвергаются распилу ручной пилой, бензопилой и циркуляционной пилой. После распила на поверхности плит отсутствуют сколы на углах и ребрах по грани распила. Грань распила имеет сплошную ровную поверхность, минимальная толщина отпиливаемого фрагмента плиты составляет 20 мм. Также плиты легко сверлятся при помощи ручных и электрических дрелей. Структура костросоломенного каркаса в объеме плиты вокруг отверстия не нарушается, что позволяет обеспечить жесткое крепление утеплителя к стене дюбель-гвоздями при устройстве вентилируемой системы утепления.

Присутствие жидкого стекла положительно влияет на сохранность плит при наличии мелких грызунов, что особенно важно для сельской местности.

По результатам испытаний НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси костросоломенные плиты относятся к группе горючести Г1 (слабо горючие) и соответствуют группе материалов с малой дымообразующей способностью Д1. Костросоломенные плиты прошли санитарно-гигиеническую экспертизу в Республиканском центре гигиены и эпидемиологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Впервые получены эффективные костросоломенные теплоизоляционные плиты на основе смеси рубленой ржаной соломы, костры льна и жидкого стекла, отличающиеся более высокими физико-механическими характеристиками по сравнению с существующими аналогами, подтвержденными натурными исследованиями, экологической безопасностью для человека и окружающей среды, слабой горючестью (группа Г1), малой дымообразующей способностью (группа Д1), что позволяет решить проблему рациональной утилизации многотоннажных отходов растениеводства по регионам Республики Беларусь [1; 5; 8; 9; 14].

2. Установлены закономерности и степени влияния факторов: расхода вяжущего, количества соломы в общем расходе заполнителя, давления формования – на основные параметры: среднюю плотность, прочность на сжатие при 10% деформации, предел прочности при изгибе и коэффициент теплопроводности композиционного материала. По результатам комплекса экспериментальных исследований установлены необходимый расход вяжущего, составляющий 1–1,7 массовых долей, количество соломы в общем расходе заполнителя 0,5–0,7 массовых долей и давление формования в пределах 0,02–0,04 МПа. Варьирование факторов в указанных диапазонах позволяет создать структуру «каркас в каркасе» костросоломенных плит, обеспечивающую следующие основные показатели: среднюю плотность 220–250 кг/м³, прочность на сжатие при 10% деформации 0,65–0,8 МПа, предел прочности при изгибе 1,0–1,2 МПа, коэффициент теплопроводности 0,046–0,055 Вт/(м·°С) [2; 3; 10; 11; 13; 15; 17].

3. Для выполнения расчетов влажностного режима ограждающих конструкций определена сорбционная влажность, равная 10–31%, при относительной влажности воздуха от 60 до 90% и коэффициент паропроницаемости костросоломенного утеплителя, составляющий 0,31–0,47 мг/(м·ч·Па) при плотности 180–280 кг/м³. Результаты расчета подтверждают отсутствие конденсации водяных паров внутри наружных ограждающих конструкций, что обеспечивает удовлетворительный влажностный режим эксплуатации конструкций в течение года [4; 6; 11; 12].

4. Натурные испытания теплоизоляционного материала в ограждающих конструкциях подтвердили эффективность применения костросоломенных плит как утеплителя для наружных трехслойных стеновых ограждений, чердачных перекрытий и стен с устройством вентилируемой системы утепления. В холодный период года среднее значение влажности костросоломенных плит составляет 12–14%, что в 1,6 раза ниже показателя влажности соломенных плит, равного 19–22%.

За летний период влажность костросоломенных и соломенных плит снижается до 5–7% и 8–10% соответственно, что позволяет обеспечить эффективную работу утеплителей в зимних условиях эксплуатации зданий.

Повышение амплитуды температур на 4–5 °С при снижении коэффициента теплопроводности на 22–25% в ограждающих конструкциях с применением костросоломенных плит, по сравнению с использованием соломенных плит, достигается за счет микроструктуры компонентов заполнителя, более низкой сорбционной влажности материала и правильно подобранного соотношения компонентов, обеспечивающего получение структуры «каркас в каркасе» костросоломенного утеплителя. Достигнутое увеличение амплитуды температур и уменьшение коэффициента теплопроводности позволяет сократить расход энергоносителей и, следовательно, снизить финансовые затраты на отопление зданий [7; 8; 16; 18].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученная эмпирическая зависимость позволяет прогнозировать значения коэффициента теплопроводности утеплителя в зависимости от показателя влажности костросоломенных плит и может быть использована для расчетов теплофизических параметров наружных ограждающих конструкций в условиях эксплуатации с применением костросоломенных плит при проектировании зданий.

Результаты экспериментальных исследований реализованы в выданном патенте на изобретение № 14140 «Сырьевая смесь для получения теплоизоляционного материала» [19], а также в разработанных и действующих технических условиях ТУ ВУ 300220696.060-2011 «Плиты костросоломенные строительные теплоизоляционные» [20].

Костросоломенные плиты применены для тепловой изоляции ограждающих конструкций малоэтажных административного и жилых зданий, что подтверждено актами внедрения.

Результаты диссертационной работы используются в лекционном курсе и лабораторном практикуме специальности 1-69 01 01 «Архитектура» по дисциплине «Архитектурное материаловедение», а также могут быть использованы в учебном процессе для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**Статьи в научных изданиях**

1. Давыденко, Н. В. Конструкционно-теплоизоляционные строительные материалы на основе растительного сырья / Н. В. Давыденко // Сб. тр. молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. – 2009. – Вып. 36. Строительство. – С. 97–99.
2. Давыденко, Н. В. Отходы сельскохозяйственной переработки в производстве теплоизоляционных материалов / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2009. – № 6. – С. 55–60.
3. Давыденко, Н. В. Эксплуатационно-технологические характеристики костросоломенных плит / Н. В. Давыденко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2011. – № 8. – С. 85–90.
4. Давыденко, Н. В. Исследование показателей влажностного режима эксплуатации костросоломенных плит / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Инженерные проблемы строительства и эксплуатации сооружений : сб. науч. тр. Вып. 3 / Полоц. гос. ун-т ; под ред. О. В. Коробова. – Новополоцк, 2011. – С. 89–92.
5. Давыденко, Н. В. Исследование костросоломенных плит на пригодность к монтажу и работе в условиях эксплуатации / Н. В. Давыденко, А. В. Балыш // Сб. тр. молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. – 2012. – Вып. 60. Строительство. – С. 126–128.
6. Давыденко, Н. В. Влияние показателя влажности на коэффициент теплопроводности соломенных и костросоломенных теплоизоляционных материалов / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2013. – № 8. – С. 73–78.
7. Давыденко, Н. В. Опыт применения теплоизоляционных плит на основе растительных отходов сельскохозяйственного производства / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Вестн. гражданских инженеров С.-Петерб. гос. архитектурно-строительного ун-та. – СПб. – 2014. – № 5 (46). – С. 77–95.
8. Давыденко, Н. В. Высокоэффективные теплоизоляционные плиты для ограждающих конструкций зданий / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Проблемы современного бетона и железобетона. Вып. 6 : сб. науч. тр. / РУП «Институт БелНИИС». – Минск. – 2014. – С. 76–89.
9. Давыденко, Н. В. Повышение водостойкости жидкого стекла, применяемого в качестве вяжущего при производстве теплоизоляционных костросоломенных плит / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2015. – № 8. – С. 71–75.

Материалы конференций

10. Davydenko, N. Agricultural processing waste in thermal insulation materials manufacture / N. Davydenko, E. Shavenko, A. Bakatovich // Junior researchers' conference : materials of junior researchers' conference, Polotsk State University, Novopolotsk, April 28–29, 2010 : in 2 p. / PSU. – Issue 2. Part 2 : Technology. – P. 6–9.

11. Давыденко, Н. В. Влияние структуры на физико-механические свойства теплоизоляционного материала из растительного сырья / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров : материалы междунар. науч.-метод. семинара, Гродно, 27–28 мая 2010 г. / ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол.: Т. М. Пецольд (отв. ред.), Е. А. Ровбо [и др.]. – Гродно, 2010. – С. 310–314.

12. Давыденко, Н. В. Высокоэффективный утеплитель из растительных отходов сельскохозяйственного производства / Н. В. Давыденко, А. В. Балыш, А. А. Бакатович, А. А. Якубавичус // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь : материалы междунар. науч.-метод. семинара, Новополоцк, 28–29 нояб. 2012 г. : в 2-х т. / Полоц. гос. ун-т ; под общ. ред. Д. Н. Лазовского, А. А. Бакатовича. – Новополоцк, 2012. – Т. II. – С. 8–14.

13. Davydenko, N. V. Phylogenous waste products for producing of slab heat insulation / N. V. Davydenko, A. A. Bakatovich, E. V. Riadchikov // Scientific and technical cooperation and technology transfer in the sphere of power efficiency and waste processing : materials of Belarusian-German seminar, Minsk, December 10–12, 2012. – P. 59–61.

14. Давыденко, Н. В. Теплотехнические параметры соломенных и костросоломенных плит в условиях эксплуатации / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах : материалы 3-й междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 9–10 апр. 2013 г. : в 2-х т. / Брянск. гос. инженер.-технол. акад. ; ред. кол. А. В. Алексеичев [и др.]. – Брянск, 2013. – Т. 1. – С. 89–95.

15. Давыденко, Н. В. Растительные отходы сельскохозяйственной отрасли для теплоизоляционных материалов / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович, А. В. Балыш // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 18–19 апр. 2013 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Могилев. обл. исполн. ком., Нац. акад. наук Респ. Беларусь, Белорус.-Рос. ун-т ; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2013. – Ч. 2. – С. 102–103.

16. Давыденко, Н. В. Опытная эксплуатация теплоизоляционных костросоломенных плит в конструкциях индивидуального жилого дома / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Методология и принципы ценообразования в строительстве. Инновационные технологии в строительной отрасли и их внедрение : материалы I междунар. науч.-практич. конф., Минск, 23–24 мая 2013 г. / РУП «Республ. науч.-техн. центр по ценообраз. в строительстве» ; ред. кол. Г. А. Пурс [и др.]. – Минск, 2013. – С. 113–118.

17. Давыденко, Н. В. Исследование факторов, влияющих на физико-механические свойства костросоломенных теплоизоляционных плит / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров: сб. науч. ст. XIX Междунар. науч.-метод. семинара, Брест, 23–25 окт. 2014 г. : в 3-х т. / БрГТУ ; редкол.: С. М. Семенюк [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2014. – Ч. 2. – С. 44–51.

18. Давыденко, Н. В. Возведение зданий с применением теплоизоляционных материалов на основе отходов растениеводства / Н. В. Давыденко, А. А. Бакатович // Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов : сб. ст. Респ. науч.-практ. семинара, Новополоцк, 8–9 окт. 2015 г. / Полоц. гос. ун-т ; под общ. ред. В. Е. Овсейчика, Г. И. Захаркиной, Р. М. Платоновой. – Новополоцк : ПГУ, 2015. – С. 20–24.

Патенты и технические условия

19. Сырьевая смесь для получения теплоизоляционного материала : пат. 14140 Респ. Беларусь, МПК(2009) С 04В 28/00, С 08В 18/04 / А. А. Бакатович, Н. В. Давыденко ; заявитель Полоц. гос. ун-т. – № а 20091414 ; заявл. 10.05.2009 ; опубл. 30.04.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 2. – С. 90.

20. Плиты костросоломенные строительные теплоизоляционные. Технические условия ТУ ВУ 300220696.060-2011. – Введ. 12.03.2012. – Минск, 2011. – 12 с.

Давыдзенка Надзея Уладзіміраўна

**Цеплаізаляцыйныя пліты на аснове адыходаў
раслінаводства і неарганічнага звязваючага**

Ключавыя словы: адыходы раслінаводства, жытнёвая саломы, кастрыца лёну, вадкае шкло, цеплаізаляцыйны матэрыял, цеплаправоднасць, сарбцыйная вільготнасць, трываласць, шчыльнасць.

Мэта даследавання – атрыманне экалагічна бяспечнага плітнага цеплаізаляцыйнага матэрыялу з высокімі фізіка-механічнымі паказчыкамі на аснове адыходаў раслінаводства.

Аб’ект даследавання – цеплаізаляцыйныя пліты на аснове саломы зерневых культур і кастрыцы лёну.

Прадмет даследавання – склад, структура, фізіка-механічныя і эксплуатацыйна-тэхналагічныя ўласцівасці цеплаізаляцыйных пліт з адыходаў раслінаводства на неарганічным звязваючым. Даследаванне ажыццяўлялася з выкарыстаннем стандартных метадык.

Устаноўлены фактары, якія абумоўліваюць фізіка-механічныя ўласцівасці саламяных і кастрасаламяных пліт. Выкананы даследаванні па вызначэнні ступені ўплыву колькасці ўведзенага звязваючага, расходаў саломы і кастрыцы лёну, а таксама ціску фармавання на фізіка-механічныя ўласцівасці цеплаізаляцыйнага кастрасаламянага матэрыялу. Даследаваны фізіка-механічныя ўласцівасці саламяных і кастрасаламяных пліт, уключаючы шчыльнасць, трываласць на ціск пры 10% дэфармацыі, трываласць пры выгібу, цеплаправоднасць, сарбцыйную вільготнасць, парапранікальнасць. Вывучаны ўплыў паказчыка вільготнасці на каэфіцыент цеплаправоднасці цеплаізаляцыйных пліт і атрымана эмпірычная залежнасць, што дазваляе прагназіраваць значэнне каэфіцыента цеплаправоднасці ў залежнасці ад паказчыка вільготнасці матэрыялу для саламяных і кастрасаламяных пліт.

Вынікі даследаванняў рэалізаваны пры ўкараненні і ў распрацаваным дзеючым нарматыўным дакуменце на вытворчасць і ўжыванне кастрасаламянага ўцяпляльніка.

Вобласць выкарыстання – цеплаізаляцыйныя вонкавых агароджваючых канструкцый пры будаўніцтве, рэканструкцыі, рамонце вытворчых, грамадскіх і жылых пабудоў.

РЕЗЮМЕ

Давыденко Надежда Владимировна

Теплоизоляционные плиты на основе отходов растениеводства и неорганического вяжущего

Ключевые слова: отходы растениеводства, ржаная солома, костра льна, жидкое стекло, теплоизоляционный материал, теплопроводность, сорбционная влажность, прочность, плотность.

Цель исследования – получение экологически безопасного плитного теплоизоляционного материала с высокими физико-механическими показателями на основе отходов растениеводства.

Объект исследования – теплоизоляционные плиты на основе соломы зерновых культур и костры льна.

Предмет исследования – состав, структура, физико-механические и эксплуатационно-технологические свойства теплоизоляционных плит из отходов растениеводства на неорганическом вяжущем. Исследование осуществлялось с использованием стандартных методик.

Установлены факторы, обуславливающие физико-механические свойства соломенных и костросоломенных плит. Выполнены исследования по определению степени влияния количества вводимого вяжущего, расходов соломы и костры льна, а также давления формования на физико-механические свойства теплоизоляционного костросоломенного материала. Исследованы физико-механические свойства соломенных и костросоломенных плит, включая плотность, прочность на сжатие при 10% деформации, прочность при изгибе, теплопроводность, сорбционную влажность, паропроницаемость. Изучено влияние показателя влажности на коэффициент теплопроводности теплоизоляционных плит и получена эмпирическая зависимость, позволяющая прогнозировать значение коэффициента теплопроводности в зависимости от показателя влажности материала для соломенных и костросоломенных плит.

Результаты исследований реализованы при внедрении и в разработанном действующем нормативном документе на производство и применение костросоломенного утеплителя.

Область применения – теплоизоляция наружных ограждающих конструкций при строительстве, реконструкции, ремонте производственных, общественных и жилых зданий.

SUMMARY

Davydenko Nadezda Vladimirovna

Thermal insulating slabs on the basis of phylogenous waste products and inorganic binder

Key words: phylogenous waste products, rye straw, flax boon, sodium water glass, thermal conductivity, sorbtion humidity, strength, density.

The aim of research is obtaining of ecologically safe slab thermal insulating material with high physical and mechanical efficiency on the basis of phytogetic agricultural waste .

The subject of research are thermal insulating slabs on the basis of grain crops straw and flax boon.

The object of research are composition, structure, physical, mechanical and technological properties heat insulating slabs on the basis of phylogenous waste products with inorganic binder. Investigation was carried out with the use of standard methods.

The factors causing physico-mechanical properties of straw and boon-straw slabs were determined. Investigations have been carried out to determine the degree of influence the amount of the binder used, the consumption of straw and flax boon. Besides the influence of moulding pressure the physico-mechanical properties of heat insulating flax boon and straw material were determined. Physical and mechanical properties of straw and boon-straw slabs including density, compressive strength under 10% deformation, bending strength, heat-conductivity, sorbtion humidity and steam penetrability have been investigated. The indicator humidity influence on heat conductivity coefficient of heat insulating slabs was studied at the result of that the impirical dependence was obtained. It allowed to predict the significance of heat conductivity coefficient depending on indicator of material humidity for straw and straw-boon slabs.

The results of examinations were realized in application and in documents which allow the production and usage of straw-boon heat insulator.

The sphere of application – heat insulation of outside enclosure structures during construction, rebuilding, rehabilitation of buildings of all types industrial, social and dwelling ones.

Надежда Владимировна ДАВЫДЕНКО

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПЛИТЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ
РАСТЕНИЕВОДСТВА И НЕОРГАНИЧЕСКОГО ВЯЖУЩЕГО

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия

Подписано в печать 23.05.2016. Бумага офсетная. 60×84¹/₁₆. Ризография.
Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,17. Тираж 60. Заказ 966.

Издатель и полиграфическое исполнение :
учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/305 от 22.04.2014
ЛП № 02330/278 от 08.05.2014

ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк