

УДК 666.973.2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ ИЗ ЛЬНЯНЫХ ОЧЁСОВ

С.А. Романовский, А.А. Бакатович

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: s.romanovskiy@psu.by, a.bakatovich@psu.by

Рассмотрены теплоизоляционные материалы на основе волокон растительного происхождения. Представлены результаты исследований эксплуатационно-технологических характеристик теплоизоляционных плит на основе очёсов льна. Установлено, что утеплитель из очёсов хорошо подвергается разрезу ножом с острым лезвием, а также распилу угловой шлифмашиной и циркулярной пилой. Входные отверстия для крепления плит к стеновому ограждению при помощи дюбель-гвоздей возможно получить, применяя стальной или полимерный заостренный стержень необходимого диаметра. Исследования по огнестойкости показали, что утеплитель не воспламеняется под воздействием огня, происходит вытлевания волокон очёсов льна. Материал относится к группе горючести Г4 и обладает малой дымообразующей способностью.

***Ключевые слова:** очесы волокна льна, теплоизоляционные плиты, эксплуатационно-технологические характеристики.*

TECHNOLOGICAL AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF HEAT INSULATION PLATES BASED ON FLAX NOILS

S. Romanovskiy, A. Bakatovich

Polotsk state university, Republic of Belarus

e-mail: s.romanovskiy@psu.by, a.bakatovich@psu.by

Thermal insulation materials based on fibers of plant origin are considered. The results of studies of the operational and technological characteristics of heat-insulating boards based on flax noils are presented. It has been established that the insulation from the noils is well subjected to cutting with a knife with a sharp blade, as well as to cutting with an angle grinder and a circular saw. The inlets for fixing the plates to the wall enclosure with dowels can be obtained using a steel or polymer pointed rod of the required diameter. Fire resistance studies have shown that the insulation does not ignite under the influence of fire, the fibers of the flax noils out. The material belongs to the G4 combustibility group and has a low smoke-forming ability.

***Keywords:** flax fiber noils, heat-insulating plates, operational and technological characteristics.*

Введение. В строительной отрасли к особенно актуальным направлениям в настоящее время относится использование отходов производства, экономия и совершенствование строительных материалов. Вызывает интерес применение волокнистых отходов

растительного происхождения в производстве строительных материалов. Значительные объемы волокнистых отходов образуется в сельскохозяйственной отрасли. Одним из путей рационального использования сельскохозяйственного вторичного сырья волокнистой структуры в строительной отрасли является производство теплоизоляционных материалов. Высокая эффективность теплоизоляционных плит на основе волокон и практически неограниченная сырьевая база дают право рассматривать развитие производства таких утеплителей как одно из важнейших направлений в освоении новых прогрессивных строительных материалов.

Многочисленные исследования по разработке теплоизоляционных материалов на волокнистых растительных заполнителях ведутся в различных странах. В Германии производят утеплитель «Thermo-Hanf», включающий 83–87% волокон конопли и 10–12% полиэстера [1, 2]. Соду в количестве 3–5% от общей массы добавляют в качестве антипирена. При плотности 35–40 кг/м³ коэффициент теплопроводности материалов составляет 0,038–0,04 Вт/(м·°С).

Для Туркменистана и других стран Центральной Азии инновационной разработкой является эффективный изоляционный материал в виде полужестких плит на основе отходов хлопковых волокон и жидкого натриевого стекла [3]. Утеплитель обладает теплопроводностью 0,037–0,039 Вт/(м·°С) при средней плотности 40–90 кг/м³.

Среди представленных на рынке теплоизоляционных материалов из древесных волокон в основном преобладает продукция иностранных компаний – STEICO (Германия – Польша), GUTEX (Германия) и Skano Group (Эстония) [4]. Производители из России также осваивают технологию производства данных утеплителей. Теплоизоляционные плиты имеют плотность 150–250 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,06 Вт/(м·°С) и прочность при изгибе 0,5–1,2 МПа [5].

Значительный интерес для Малайзии и других стран с жарким климатом является изоляционный материал, содержащий волокна коры масличной пальмы [6]. В качестве вяжущего используется модифицированное жидкое стекло. Средняя плотность плит равна 142–170 кг/м³, теплопроводность составляет 0,046–0,047 Вт/(м·°С), обеспечивая прочность на сжатие при 10-ой деформации 0,22–0,24 МПа.

Природный антисептик – мох сфагнум в работе [7] рассматривается как основной компонент утеплителя. Натриевое жидкое стекло применяется в виде связующего. При плотности 155–170 кг/м³ материал обладает теплопроводностью 0,034–0,04 Вт/(м·°С). Значительные усадочные деформации плит в процессе сушки является основным недостатком данного утеплителя. При замене 20–30% мха дроблёной соломой данная проблема устраняется без существенного увеличения коэффициента теплопроводности [8].

К известным разработкам теплоизоляционных материалов на основе льняных волокон относятся **плиты «Экотеплин», производимые в России**. Связующим компонентом является крахмал. **Соли бора используются в качестве огне- и биозащиты** [9]. **Теплоизоляционные плиты характеризуются следующими характеристиками: средняя плотность 32–34 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,037 Вт/(м·°С), паропроницаемость – 0,4 мг/(м·ч·Па), группа горючести – Г1 (слабогорючий материал).**

В Беларуси компания «Акотерм флакс» предлагает теплоизоляционные материалы, **содержащие в составе льняные волокна в количестве 85%**. Синтетические волокна

используются как связующий материал массой 15% [10]. Теплопроводность «Акотерм флакс» равна 0,038–0,04 Вт/(м·°С), показатель паропроницаемости составляет 0,4 мг/(м·ч·Па) при плотности 32 кг/м³. Утеплитель является сильногорючим материалом.

Наибольшим недостатком существующих волокнистых теплоизоляционных материалов на растительном сырье является отсутствие обеспечения одновременно высоких теплофизических свойств и эксплуатационно-технологических показателей. Основываясь на указанных критериях, создание новых эффективных утеплителей волокнистой структуры растительного происхождения является актуальным направлением в промышленности изоляционных материалов. При этом, **особое внимание необходимо уделять получению теплоизоляционных плит**, экологически безопасных для человека и окружающей среды.

Основная часть. Начиная с 2016 года в лабораториях кафедры строительного производства Полоцкого государственного университета производятся комплексные исследования по разработке утеплителя со структурообразующим материалом из очёсов волокна льна. Теплоизоляционные плиты на основе очёсов, содержащие натриевое жидкое стекло и добавки из извести и гипса, обладают следующими физико-механическими характеристиками: средняя плотность 40–150 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,034– 0,047 Вт/(м·°С), прочность на сжатие при 10% деформации 1,5–8 кПа. Материалы являются экологически чистыми и безопасными для жизнедеятельности человека, расширяют номенклатуру эффективных утеплителей и решают проблему утилизации растительных отходов льнопереработки.

После определения основных физико-механических свойств образцов из очесов выполнены исследования по изучению эксплуатационно-технологических характеристик теплоизоляционных материалов. Первоначально проведён эксперимент на возможность резки и распиливания утеплителя различными видами режущего и пилящего инструмента, так как при укладке теплоизоляционного материала существует необходимость в доборных элементах или подрезки плит. Экспериментальные образцы размером 1000×500×100 мм подвергались разрезки в поперечном сечении. Результаты опытных разрезов и распилов показали, что утеплитель на основе очёсов волокна льна одинаково хорошо подвергается разрезу ножом с острым лезвием, а также распилу угловой шлифмашиной и циркулярной пилой (рис. 1).



Рисунок 1. – Резка ножом плиты из льняных очёсов

К положительным характеристикам теплоизоляционного материала из льняных очёсов относится отсутствие пыли в виде мелких частиц утеплителя во время резки или распиливания. Грани по разрезу имеют сплошную поверхность без видимых повреждений структуры утеплителя (рис. 2).



Рисунок 2. – Грань плиты по разрезу в поперечном направлении

При устройстве вентилируемого фасада крепление теплоизоляционных материалов производится при помощи дюбель-гвоздей. Тип, длина и расположение дюбелей определяется в зависимости от толщины плит и состояния утепляемой стены. Плотность материала из льняных очёсов позволяет получать отверстия для дюбель-гвоздей используя стальной или полимерный заостренный стержень необходимого диаметра без нарушения структуры плиты вокруг отверстия. На рисунке 3 показано крепление утеплителя к кирпичной стене для проведения натуральных испытаний образцов-плит при устройстве вентилируемой системы фасада здания жилого дома.



Рисунок 3. – Крепление утеплителя к кирпичной стене

Положительное влияние на сохранность теплоизоляционных плит при наличии мелких грызунов оказывает присутствие натриевого жидкого стекла. Постоянный мониторинг состояния утеплителя в процессе проведения натуральных испытаний чердачного перекрытия (рис. 4) показывает, что мелкие грызуны не оказывают вредного воздействия на теплоизоляционный материал из льняных очёсов.



Рисунок 4. – Внешний вид теплоизоляционных плит из льняных очёсов на чердачном перекрытии жилого дома после зимнего сезона 2019 г.

Способность материала сопротивляться воздействиям огня при пожаре в течении определенного времени является одной из важнейшей эксплуатационной характеристикой теплоизоляционных плит. Испытания на огнестойкость проводили на фрагментах плит размером 500×190×100 мм. В процессе проведения испытания по определению огнестойкости образцов на основе очёсов, утеплитель в течении 30 минут непрерывно подвергался прямому воздействию огня (рис. 5). Теплоизоляционный материал в результате воздействия открытого пламени не воспламенялся, а происходило вытлевание под влиянием высоких температур. При осмотре материала после проведения испытания установлено, что в зоне воздействия огня произошло вытлевание волокон на глубину 80 мм. Диаметр вытлевшего участка составил 6 см (рис. 6). Необходимо отметить, что после устранения источника огня утеплитель не горел, но наблюдалось медленное тление материала на протяжении 4 часов, в результате чего большая часть материала подверглась разрушению. В процессе тления плиты дымообразования не наблюдалось.



Рисунок 5. – Воздействие огня на плиту из очёсов во время испытания



Рисунок 6. – Внешний вид плиты после воздействия открытого пламени

Негорючесть теплоизоляционного материала из очёсов льна объясняется наличием в составе утеплителя связующего из натриевого жидкого стекла. В процессе изготовления на стадии перемешивания компонентов утеплителя вяжущее образует сплошную оболочку вокруг волокон льняных очёсов, препятствующую возгоранию волокнистого структурообразующего материала при воздействии огня. При повышении температуры жидкое стекло переходит в вязко-текучее состояние и образует пористую структуру в результате вспучивания.

Испытания по определению группы горючести и дымообразующей способности проводили в Гродненском областном управлении МЧС Республики Беларусь. Для определения группы горючести предварительно изготавливались образцы – балки размером 1000×190×50 мм. Дымообразующую способность исследовали на заранее подготовленных образцах – плитках размером 40×40×10 мм.

По результатам испытаний в соответствии с протоколом № 101 от 02.09.2019 года плиты теплоизоляционные из льняных очёсов в соответствии с ГОСТ 30244 относятся к группе горючести Г4. Однако, в протоколе отмечается, что материал самостоятельно не горит, а продолжительность самостоятельного тления составляет 6,5 часов. Согласно этого же протокола испытаний утеплитель относится к группе материалов с малой дымообразующей способностью Д1 по ГОСТ 12.1.044.

Для сравнения проведены испытания по определению огнестойкости теплоизоляционных плит на основе смеси льняных и полиэфирных волокон торговой марки «Акотерм флакс», также имеющих группу горючести Г4. В процессе эксперимента под воздействием открытого огня в течении 3 минут верхняя часть образца утеплителя воспламенилась и разрушилась (рис. 7). Затем газовую горелку затушили, но теплоизоляционные плиты продолжали самостоятельно гореть и тлеть (рис. 8) с выделением едкого дыма по причине присутствия в составе утеплителя полиэфирных волокон. Образец теплоизоляционной плиты марки «Акотерм флакс» полностью сгорел за 27 минут.



Рисунок 7. – Воздействие огня на плиту «Акотерм флакс» во время испытания



Рисунок 8. – Горение плиты после устранения открытого пламени

В ходе проведения эксперимента на огнестойкость установлено, что теплоизоляционные плиты, относящиеся к группе сильногорючих материалов, имеют различное поведение в процессе горения. Так, утеплитель из очёсов волокна льна, имеющий такой же показатель горючести как и плиты «Акотерм флакс», является более безопасным для человека и окружающей среды. В случае возникновения пожара в здании, утепленном плитами на основе очёсов, у людей будет возможность эвакуироваться, при этом вероятность отравления токсичными газами существенно снизится. При возгорании материала «Акотерм флакс» шансы на спасение людей значительно сокращаются по причине быстрого распространения огня по утеплителю и выделению едкого дыма.

Заключение: Проведенные исследования теплоизоляционных плит на основе очёсов льна показали, что утеплитель одинаково хорошо разрезается ножом с острым лезвием, а также распиливается угловой шлифмашинкой и циркулярной пилой. Крепление теплоизоляционного материала к стеновому ограждению может производиться при помощи дюбель-гвоздей. Отверстия для дюбелей возможно выполнять при помощи заостренного стального или полимерного стержня необходимого диаметра.

В процессе исследования установлено, что утеплитель на основе льняных очёсов относится к группе горючести Г4 и обладает коэффициентом дымообразования Д1. Воздействие открытого пламени не вызывает возгорания утеплителя, происходит только вытлевание волокон очёсов утеплителя в течении длительного периода времени.

Эксперименты подтвердили возможность технологической обработки и крепежа теплоизоляционных плит на основе очёсов, а также эксплуатационную безопасность при обеспечении высоких теплотехнических характеристик утеплителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якунина, Е.А. Современные теплоизоляционные материалы, как одна из тенденций экологического строительства / Е.А. Якунина // Международный научный журнал «Синергия наук». – 2018. – № 24. – С. 625–634
2. Богатова, Т.В. Преимущества и особенности безопасных природных утеплителей / Т.В. Богатова, А.И. Двойцина // Инженерные системы и сооружения. – 2016. – № 3–4. – С. 14–19
3. Rozyev, M Thermal insulation material, using waste cotton production as a placeholder / M. Rozyev, A. Bakatovich // European & national dimension in research. Architecture and civil engineering. – 2019. – № 11. – PP. 64–66;
4. Сергиенко, А.В. Современный экологичный утеплитель на основе древесных волокон / А.В. Сергиенко, И.В. Яцун // Научные исследования. – 2017. – Том 2. № 6 (17). – С. 6–7;
5. Журавлева, Л.Н. Мягкие древесно-волокнистые плиты – теплоизоляционный материал / Л.Н. Журавлева, А.Н. Девятловская // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 11. – С. 181–184;
6. Romanovskiy, S. Insulating material on the basis of bark fibre of the olive palm tree / S. Romanovskiy, A. Bakatovich // IX junior researchers' conference «European and national dimension in research. – 2017. – № 9. – PP. 104–17;
7. Bialosau, A. Materiais compositos para isolamento termico de materias-primas naturais e aglutinantes minerais / A. Bialosau, A. Bakatovich, F. Gaspar Livro de Resumos 3^o Congresso Luso – Brasileiro de Materiais de construcao sustentaveis, Coimbra, Portugal. – 2018. – PP. 16 – 27.

3. Бакатович, А.А. Микроструктура как основной критерий, определяющий использование мха сфагнума в качестве заполнителя для эффективного плитного теплоизоляционного материала / А.А. Бакатович // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2017. – № 8. – С. 42–46.
9. Красимова, С.С., Малышева, В.А., Рожкова, Д.Н. Обзор биопозитивных строительных материалов, применяемых при строительстве экоддома / С.С. Красимова, В.А. Малышева, Д.Н. Рожкова // Masters journal. ISSN 2306-8590. – 2014. – С. 363–369
10. Плиты теплоизоляционные звукопоглощающие. Технические условия: ТУ ВУ 391129716.001-2015. – Введ. 27.07.2015. – Ореховск. – 2015. – 10 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-701-3

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова*.
Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой*.
Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой*.

Подписано к использованию 09.09.2020.
Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

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.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>