

УДК 666.973.2

ПЛИТЫ ИЗ ОЧЕСОВ ЛЬНА ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ
СТЕНОВОГО ОГРАЖДЕНИЯ КАРКАСНОГО ДОМАС.А. Романовский¹, А.А. Бакатович²

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: ¹s.romanovskiy@psu.by, ²a.bakatovich@psu.by

Приведены сведения о натурных испытаниях экспериментальных теплоизоляционных плит на основе волокон льна в конструкции стенового ограждения деревянного каркасного дома. Основываясь на полученных данных рассчитаны значения сопротивления теплопередачи стенового ограждения при температуре наружного воздуха от 0 °С до -22 °С и построены зависимости распределения влаги по толщине теплоизоляционного слоя. Результаты проведенных испытаний свидетельствуют о наибольшей эффективности теплоизоляционных материалов из льняных очесов по сравнению с утеплителями на основе волокон льна.

Ключевые слова: очесы льна, льняные волокна, утеплитель, натриевое жидкое стекло, влажность, термическое сопротивление теплопередаче.

PLATES BASED ON FLAX NOILS FOR THERMAL INSULATION
OF WALL ENCLOSURES OF FRAME HOUSESS. Romanovskiy¹, A. Bakatovich²

Polotsk State University, Republic of Belarus

e-mail: ¹s.romanovskiy@psu.by, ²a.bakatovich@psu.by

The information on full-scale tests of experimental heat-insulating plates based on flax fibers in the construction of wall fencing of a wooden frame house is presented. Based on the data obtained, the values of the heat transfer resistance of the wall enclosure were calculated at an outside air temperature from 0 °C to -22 °C and the dependences of the distribution of moisture over the thickness of the heat-insulating layer were constructed. The results of the tests carried out indicate the highest efficiency of heat-insulating materials made of linen noils in comparison with heaters based on flax fibers.

Keywords: flax noils, linen fibers, heater, liquid glass, humidity, thermal resistance to heat transfer.

Введение. Растительные отходы представляют собой постоянно возобновляемые много-тоннажные продукты, получаемые во всем мире. Технологии по использованию растительно-го сырья реализуются во многих странах для производства волокнистых теплоизоляционных материалов благодаря высоким физико-механическим показателям и экологической чистоте получаемых утеплителей. Ряд исследователей отмечают, что увеличение объемов применения растительных отходов не только обеспечит строительство дополнительным сырьём и расширит номенклатуру местных строительных материалов, но и будет способствовать сохранению и рациональному использованию природных ресурсов [1, 2]. Состав, плотность и теплопроводность волокнистых теплоизоляционных материалов на растительном сырье обобщены и представлены в таблице 1.

Теплоизоляционные материалы из растительных волокон (таблица 1) обладают высокими теплотехническими показателями, отличаются высокой экологичностью и составляют серьёзную конкуренцию утеплителям на основе неорганических волокон. Наряду с положительными свойствами конкурентоспособность приведенных материалов уменьшается по причине высокой стоимости, для ряда утеплителей горючести и низкой плотности.

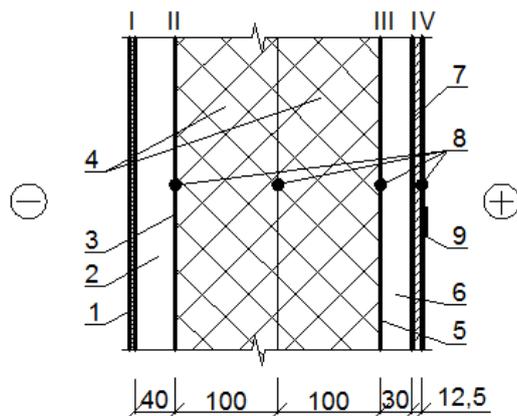
Таблица 1. – Состав, плотность и теплопроводность теплоизоляционных материалов на основе растительных волокон

№	Заполнитель	Вязущее	Добавки	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Ссылки
1	древесное волокно	биоклей	-	50-100	-	[3]
2	древесное волокно	поливинилацетатный клей	-	81	0,042–0,05	[4]
3	древесное волокно	парафиновая эмульсия	-	150-250	0,06	[5]
4	древесное волокно	-	антисептик и антиперен	35-40	0,041	[6]
5	вторичная волоконистая масса	поливинилацетатный клей	-	69	0,049–0,051	[7]
6	вторичная волоконистая масса	-	борная кислота и бора	30-50	0,038-0,041	[8]
7	вторичная волоконистая масса	-	антипирен	30-75	0,032-0,041	[9, 10]
8	эвкалиптовые волокна	фенольная смола	-	80-250	0,05–0,07	[11]
9	мох-сфагнум	жидкое стекло	-	155–170	0,034–0,04	[12]
10	мох-сфагнум и слома	жидкое стекло	-	156–190	0,044–0,046	[13, 14]
11	конопля	полиэстер	сода	35–40	0,038–0,04	[15, 16]
12	отход хлопка	жидкое стекло	-	40–100	0,037–0,041	[17, 18]
13	волокна коры масличной пальмы	-	-	66–110	0,03–0,09	[19]
14	волокна коры масличной пальмы	жидкое стекло	гипс и известь	135–168	0,046–0,047	[20]
15	волокна льна	крахмал	соли бора	32–34	0,038–0,04	[21]
16	волокна льна	полиэфирные волокна	-	30	0,038–0,04	[22]

В настоящее время в лабораториях кафедры строительного производства Полоцкого государственного университета производятся комплексные исследования по разработке теплоизоляционных плит со структурообразующим материалом из льняных очесов [23]. Целью испытаний является получение экологически безопасного утеплителя на основе отходов растениеводства с высокими теплофизическими показателями и пониженной горючестью, обеспечивающего экологическую безопасность для человека и не содержащего в составе органических, синтетических связующих, а также полимерных компонентов структурообразующих материалов. Проведенные исследования плит из очесов подтверждают возможность применения теплоизоляционных материалов в качестве утеплителя для зданий и сооружений. Однако, окончательную эффективность теплоизоляционных плит возможно подтвердить только прямыми натурными испытаниями материалов в конструкциях эксплуатируемых зданий с постоянной фиксацией основных теплофизических характеристик и мониторингом общего состояния. В альтернативных исследованиях применяются экспериментальный утеплитель из волокон льна и теплоизоляционные плиты «Акотерм флакс» [22]. Теплоизоляционный материал «Акотерм флакс» содержит 85% льняных волокон и 15% полиэфирных волокон. Коэффициент теплопроводности материала соответствует 0,038–0,04 Вт/(м·°С), паропроницаемость равна 0,4 мг/м·ч·Па, звукопоглощение составляет 0,98 при средней плотности 30 кг/м³.

Основная часть. В осенне-весенние периоды на протяжении 2018-2021 годов проводились натурные исследования экспериментальных теплоизоляционных плит в наружном сте-

новом ограждении каркасного дома. Изменения теплофизических процессов, происходящих в конструкции стенового ограждения, фиксировались применяя информационно-измерительный комплекс РТП-1-16Т. На рисунке 1 приведена схема расположения термопар и датчиков теплового потока в стеновой конструкции с экспериментальными утеплителями.



- 1 – фасадная кассета; 2 – воздушная прослойка; 3 – гидроветрозащитная мембрана;
 4 – теплоизоляционные плиты; 5 – пароизоляция; 6 – воздушная прослойка;
 7 – гипсокартон; 8 – термопары; 9 – датчик теплового потока; I, II, III, IV - границы слоев ограждения

Рисунок 1. – Схема расположения термопар и датчиков тепловых потоков по сечению наружной стены деревянного каркасного дома

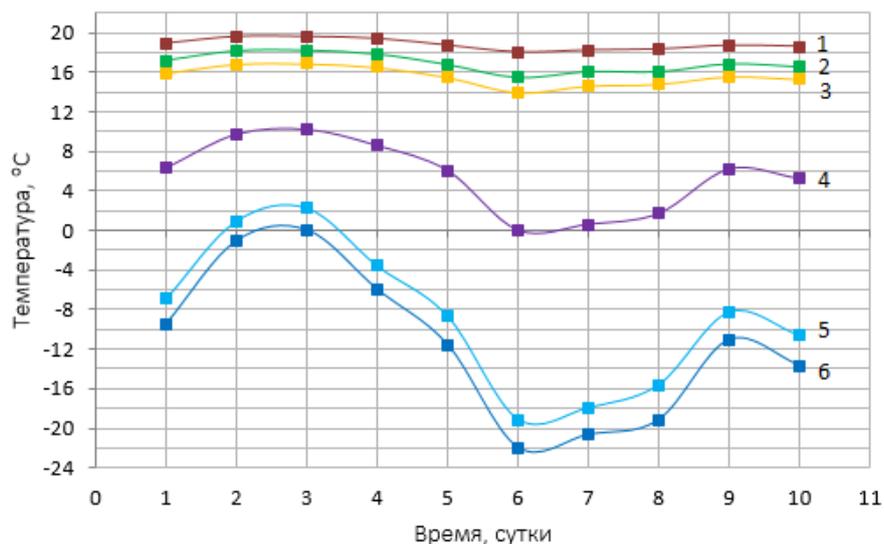
Конструкция стенового ограждения включала в себя гипсокартонный лист, воздушную прослойку, пароизоляцию, теплоизоляционные плиты из льняных очесов (стена 1), волокон льна (стена 2) и смеси льняных и полиэфирных волокон (стена 3), гидроветрозащитную мембрану, воздушную прослойку и фасадную кассету. Материалы на основе очесов или волокон льна изготавливали в виде плит размером 1000×500×100 мм. Количественный состав, плотность и теплопроводность теплоизоляционных материалов в сухом состоянии представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Состав, плотность и теплопроводность теплоизоляционных материалов в сухом состоянии

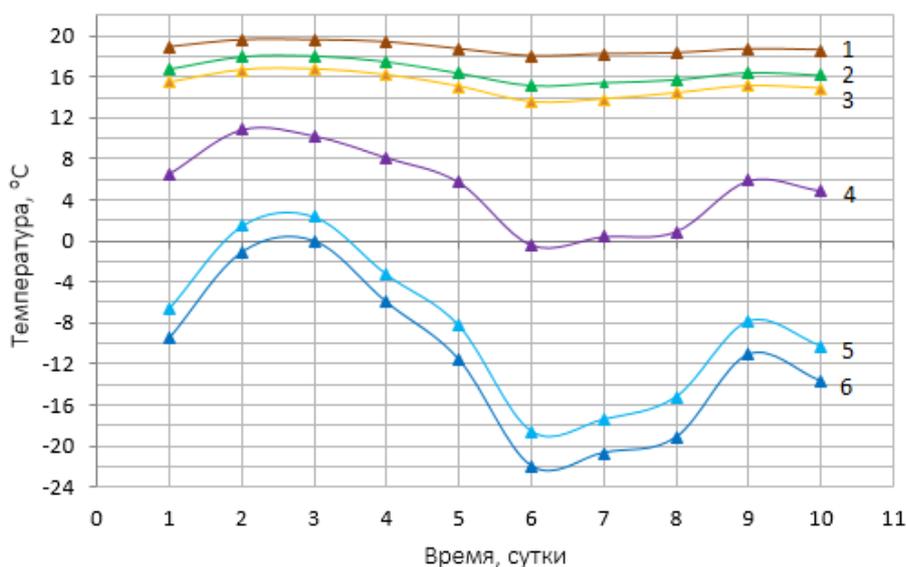
№ состава	Расход компонентов на 1 м ³ , кг						Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м ² ·°С)
	Волокно льна	очесы льна	жидкое стекло	полиэфирное волокно	известь	гипс		
1	-	90	9	-	0,5	0,5	100	0,038
2	90	-	9	-	0,5	0,5	100	0,045
3	29	-	-	5	-	-	34	0,04

Низкая плотность образцов «Акотерм флакс» обусловлена применяемой технологией структурообразования при формовке утеплителя, не позволяющей изготавливать материал более высокой плотности.

Для примера рассмотрен натуральный эксперимент в период с 11 по 20 января 2021 года, в течение 10 суток, с наиболее низкими ночными температурами наружного воздуха на территории Полоцкого района Витебской области (Беларусь). По результатам измерений установлено, что распределение температур для теплоизоляционных плит из смеси льняных и полиэфирных волокон практически совпадает с утеплителями из очесов волокна льна, поэтому на рисунке 2 представлены только графики распределения температур по толщине стеновых ограждающих конструкций с теплоизоляционными плитами из очесов и волокон льна. Значения температур приняты как средние величины показаний температур с 21 часа вечера до 7 часов утра.



а)



б)

а) – стена 1; б) – стена 2; 1 – температура воздуха в помещении, °С; 2 – температура поверхности гипсокартона границе IV, °С; 3 – температура поверхности пароизоляции на границе III, °С; 4 – температура между теплоизоляционными плитами, °С; 5 – температура поверхности гидроветрозащитной мембраны на границе II, °С; 6 – температура наружного воздуха, °С

Рисунок 2. – Распределение температуры по толщине наружного стенового ограждения деревянного каркасного дома

Анализ графиков распределения температур (рисунок 2) показывает, что наиболее холодными являются ночные часы шестых суток. Разница температур на поверхностях стенового ограждения с утеплителями на основе льняных очесов в ночные часы седьмых суток составляет 34,1 °С, что превышает амплитуду стены 2, равную 32,2 °С и идентично с показателем стенового ограждения 3.

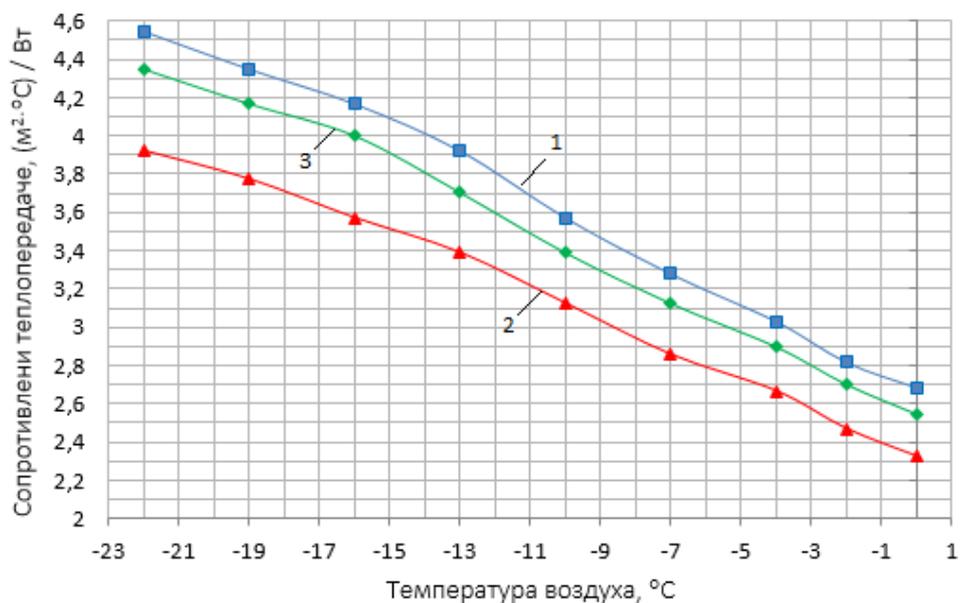
На основании графиков (рисунок 2) в таблице 3 приведены средние значения распределения температур в жилом помещении, стеновом ограждении и наружного воздуха за рассматриваемый временной период. Из представленных данных установлено, что величина средней температуры ограждения с утеплителями из очесов за 10 суток на поверхности гид-

роветрозащитной мембраны не отличается от показателя стены с плитами «Акотерм флакс» и на 0,9 °С ниже, чем у стенового ограждения с материалами на основе льняных волокон. Для стены 1 средняя температура между утеплителями за аналогичный период выше на 0,5 °С, чем для значения стены 2 и идентично величине стены 3. Средний показатель температуры ограждения с плитами из очесов за 10 суток на поверхности гипсокартона со стороны помещения не отличается от показателя стены с материалами на основе льняных и полиэфирных волокон и на 0,8 °С выше, чем у стенового ограждения с утеплителями из волокон льна.

Таблица 3. – Средние показатели температур

Показатель	Стена 1	Стена 2	Стена 3
Температура наружного воздуха, °С	-11,5	-11,5	-11,5
Температура поверхности гидроветрозащитной мембраны на границе II, °С	-9,1	-8,2	-8,7
Температура между теплоизоляционными плитами, °С	5,6	5,1	5,5
Температура поверхности пароизоляции на границе III, °С	15,8	15,1	15,4
Температура поверхности гипсокартона на границе IV, °С	17,1	16,3	16,8
Температура воздуха в помещении, °С	18,8	18,8	18,8

Основываясь на полученных показателях плотностей тепловых потоков определены термические сопротивления теплопередачи конструкции стенового ограждения в зависимости от температуры воздуха (рисунок 3).



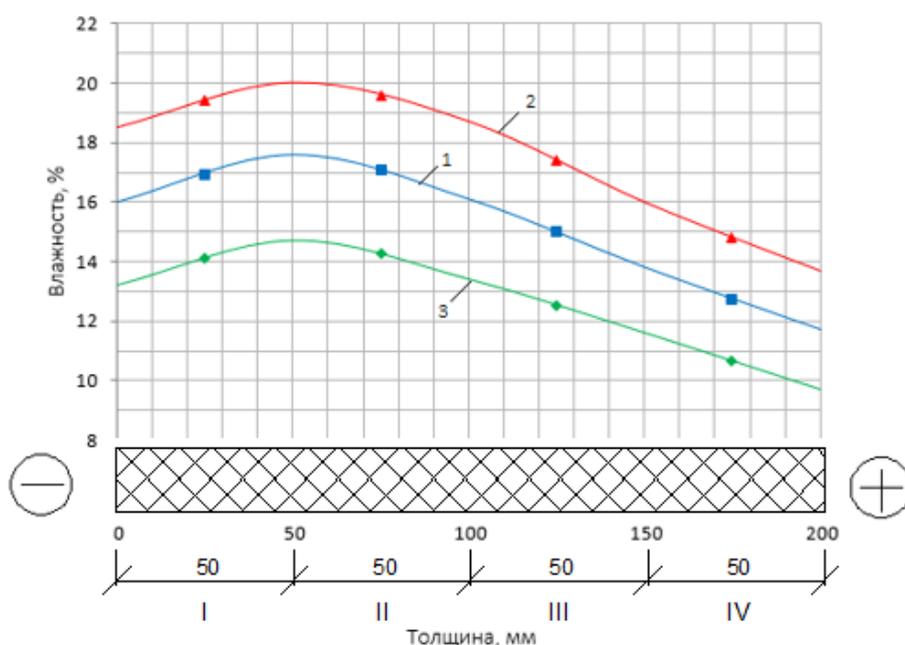
Стеновое ограждение с утеплителем на основе: 1 - очесов льна, 2 - волокон льна, 3 - смеси льняных и полиэфирных волокон

Рисунок 3. – Сопротивления теплопередачи стенового ограждения в зависимости от температуры наружного воздуха

В процессе анализа полученных результатов (рисунок 3) установлено, что величина термического сопротивления стенового ограждения с плитами из очесов льна при температуре наружного воздуха -22 °С равна 4,55 (м²·°С)/Вт, что на 16% больше значения термического сопротивления теплопередачи ограждения с утеплителями на основе льняных волокон. Показатель наружного ограждения, содержащий теплоизоляционный материал «Акотерм флакс»

имеет близкое значение с сопротивлением теплопередачи стены 1 и равен $4,34 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$. Величина термического сопротивления теплопередачи стеновых ограждений с экспериментальными плитами при температуре наружного воздуха 0°C изменяется в пределах $2,33\text{--}2,68 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$. Прирост значения термического сопротивления стены с теплоизоляционными плитами из очесов с $2,68 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$ до $4,55 \text{ (м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$ при понижении температуры наружного воздуха до -22°C свидетельствует об эффективной работе теплоизоляционных материалов на основе льняных очесов.

По окончании проведения мониторинга определены значения влажности теплоизоляционных плит. Для этого предварительно по толщине материалов вырезали образцы-призмы размером $50\times 50\times 100 \text{ мм}$. Образцы-призмы по поперечному сечению разрезали на отдельные фрагменты длиной 50 мм . Далее каждый образец-фрагмент взвешивали и помещали в сушильный шкаф. По достижении постоянной массы образцы снова взвешивали. Влажность определяли по величине изменения массы фрагментов до и после сушки. Изменения показателя влажности по структуре теплоизоляционных материалов представлены на рисунке 4.



1 – утеплитель из очесов льна; 2 – утеплитель из волокон льна;
3 – утеплитель из смеси льняных и полиэфирных волокон

Рисунок 4. – Распределение влажности в теплоизоляционных плитах

На основании полученных данных (рисунок 4) установлено среднее значение влажности теплоизоляционных плит на основе льняных очесов, равное $15,3\%$. Полученная величина для материалов состава 2 (таблица 2) ниже показателя влажности утеплителей из волокон льна на 14% и превышает на 19% значение плит «Акотерм флак». Влажность образца-фрагмента I теплоизоляционных материалов на основе очесов волокна льна на 13% меньше величины утеплителя (состав 2, таблица 2), равного $19,8\%$ и на 19% выше, чем у теплоизоляционных плит из льняных и полиэфирных волокон. Максимальное количество влаги содержится в образцах-фрагментах II. Так, влажность материалов на основе очесов достигает $17,1\%$, что на 13% ниже влажности утеплителя из волокон льна и на 20% выше показателя теплоизоляционных плит «Акотерм флак». Следует отметить, что участок наибольшего увлажнения образцов-

фрагментов 2 по сравнению с фрагментами 1 связан с вертикальной циркуляцией воздуха вдоль наружной поверхности плит, способствующей испарению влаги из поверхностных слоев утеплителя. Влажность фрагмента 4 утеплителей на основе очесов льна относительно фрагмента 2 уменьшается до 12,8%, что на 20% превышает аналогичной величины теплоизоляционного материала из льняных и полиэфирных волокон и на 14% ниже значения плит на основе волокон льна.

Снижение показателя влажности в материале (состав 3, таблица 2) относительно значений плит на основе льняных очесов обусловлено присутствием в утеплителе «Акотерм флакс» полиэфирных волокон, приводящих к снижению поглощенной материалом влаги из воздуха относительно очесов волокна льна. Однако, не смотря на более высокую влажность плит из очесов по сравнению с материалами на основе смеси льняных и полиэфирных волокон наиболее высокие значения сопротивления теплопередачи образцов (состав 1, таблица 2) достигаются за счет разнонаправленного расположения хаотично ориентированных элементарных волокон в структуре утеплителя, препятствующего конвективному переносу воздуха в результате уменьшения размеров тонких воздушных прослоек неправильной формы и их частичной локализации в виде отдельных замкнутых микропустот.

Заключение. Натурные испытания теплоизоляционных материалов подтвердили возможность применения плит из льняных очесов как эффективного утеплителя для стенового ограждения каркасного дома. По итогам испытаний установлено, что при эксплуатации наружного стенового ограждения влажность теплоизоляционного материала на основе льняных очесов составляет 15,3% и при температуре наружного воздуха -22 °С обладает сопротивлением теплопередачи, равным 4,55 (м²·°С)/Вт. Стеновые конструкции с утеплителями из льняных и полиэфирных волокон по термическому сопротивлению приближаются к установленному значению стены с материалами на основе очесов льна.

Исследуемые теплоизоляционные плиты из очесов находятся в стеновом ограждении на протяжении 3-х лет. В процессе постоянно ведущегося мониторинга не зафиксированы биоповреждения, деформации, изменения геометрических размеров теплоизоляционных материалов. Существенное снижение влажности утеплителя в результате подсушивания за летний период обеспечивает долговременную эксплуатацию теплоизоляционных плит и эффективную теплоизоляцию стенового ограждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыденко, Н.В. Теплоизоляционные плиты на основе отходов растениеводства и неорганического вяжущего : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Н.В. Давыденко. – Новополюцк, 2016. – 28 с.
2. Якубов, С.Э. Теплопроводность и механические свойства строительных материалов на основе минерального и растительного сырья : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 01.04.14 / С.Э. Якубов. – Душанбе, 2006. – 34 с.
3. Стрикун, В.В. Получение теплоизоляционного материала из древесного волокна на основе биоклея / В.В. Стрикун, М.А. Баяндин, А.В. Намятов, В.Н. Ермолин // Актуальные проблемы лесного хозяйства. – 2017. – № 48. – С. 86–87.
4. Ермолина, А.В. Получение теплоизоляционного плитного материала на основе древесного волокна / А.В. Ермолина, П.В. Миронов, А.В. Бышев // Актуальная проблема лесного комплекса. – 2010. – № 25. – С. 186–189.
5. Журавлева, Л.Н. Мягкие древесно-волокнистые плиты – теплоизоляционный материал / Л.Н. Журавлева, А.Н. Журавлева // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 11. – С. 181–184.
6. Теплоизоляционный материал. RU 2149148 / В. И. Берюков, В.В. Данилов, Н.М. Пашков – Опубл. 20.05.2000.

7. Лучинкин, С.Г. Получение теплоизоляционных материалов на основе вторичного целлюлозного волокна / С.Г. Лучинин, В.А. Кожухов, Ю.Д. Алашкевич // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2017. – № 6. – С. 151–155.
8. Ермолина, А.В. Получение и свойства теплоизоляционного материала на основе вторичной волокнистой массы / А.В. Ермолина, П.В. Миронов // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2011. – № 4. – С. 109–114.
9. Горегляд, С. Ю. Экологически чистые материалы для строительства / С.Ю. Горегляд // Строительные материалы. – 1996. – № 4. – С. 5–6.
10. Иванов, Г.В. Новый экологически чистый теплоизоляционный материал – эковата / Г.В. Иванов // Строительные материалы. – 1995. – № 1. – С. 21.
11. Bialosau, A. Materiais compostos para isolamento termico de materias primas naturais e aglutinantes minerais / A. Bakatovich, F. Gaspar // Livro de Resumos 3 O Congresso Luso – Brasileiro de Materiais de construçao sustentaveis. Coimbra, Portugal. – 2018. PP. 16 – 27.
12. Manohar, K. / A Comparison of Banana Fiber Thermal Insulation with Conventional Building Thermal Insulation / K. Manohar, A. Adeyanju // British Journal of Applied Science & Technology. – 2016. – № 17 (3). – Pp. 1–9.
13. Бакатович, А.А. Микроструктура как основной критерий, определяющий использование мха сфагнума в качестве заполнителя для эффективного плитного теплоизоляционного материала / А.А. Бакатович // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2017. – № 8. – С. 42–46.
14. Becerra, C. A new biobased composite material using bark fibres eucalyptus / C. Becerra, J. Montory // The 13 th pacific rim bio-based composites symposium «Bio-based composites for a sustainable future, Chile. – 2016. PP. 46–50.
15. Якунина, Е.А. Современные теплоизоляционные материалы, как одна из тенденций экологического строительства / Е.А. Якунина // Синергия наук. – 2018. – № 24. – С. 625–634.
16. Богатова, Т.В. Преимущества и особенности безопасных природных утеплителей / Т.В. Богатова, А.И. Двойцына // Инженерные сети и сооружения. ISSN 2074-188X. – 2016. – № 3–4 (24–25). – С. 14–19.
17. Rozyev, M. Thermal insulation material, using waste cotton production as a placeholder / M. Rozyev, A. Bakatovich // XI Junior Researchers , Conference. European & national dimension in research. Architecture and civil engineering. Polotsk state University. Novopolotsk, PSU, 2019. – № 11. – P. 64–66.
18. Бакатович, А.А. Теплоизоляционный материал на заполнителе из отходов переработки хлопкового волокна / А.А. Бакатович, М. А. Розыев // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2019. – № 8. – С. 29–33.
19. Hassan, S. Comparison study of thermal insulation characteristics from oil palm fibre / S. Hassan, A. Tesfamichael, M. Mohd Nor // MATEC Web of Conferences. ICPER 2014 - 4 th International Conference on Production, Energy and Reliability. – 2014. – Volume 13. – P. 5.
20. Romanovskiy, S., Insulating material on the basis of bark fibre of the olive palm tree / S. Romanovskiy, A. Bakatovich // European and National Dimension in Research: IX Junior Researchers , Conference, Novopolotsk, April 26–27, 2017: in 3 p. // Polotsk state University. – Novopolotsk, PSU, 2017. – P. 3. – P. 104–107.
21. Советников, Д.О. Оптимальная толщина утеплителя наружной стены для создания энергоэффективного и экологичного здания в условиях Санкт-Петербурга / Д.О. Советников, Д.О. Семашкина, Д.В. Баранова // Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. – 2016. – № 12 (51). – С. 7–19.
22. Плиты теплоизоляционные звукопоглощающие. Технические условия ТУ ВУ 391129716.001-2015. – Введ. 27.07.2015. – Ореховск – 2015. – 10 с.
23. Romanovskiy, S. Physical parameters of insulation with a structure-forming material from flax noils / S. Romanovskiy, A. Bakatovich // E3S Web of Conferences 212, 02014 (2020), 2020 International Conference on Building Energy Conservation, Thermal Safety and Environmental Pollution Control (ICBTE 2020) : doi.org/10.1051/ e3sconf /202021202014.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2021

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Одобрено и рекомендовано в качестве электронного издания
Советом инженерно-строительного факультета (протокол № 8 от 27.10.2021 г.)

Редакционная коллегия:

Д. Н. Лазовский (председатель), А. А. Бакатович, Е. Д. Лазовский,
Л. М. Парфенова, Ю. В. Вишнякова, Р. М. Платонова, Е. Г. Кремнева, А. М. Хаткевич

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ

[Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. III междунар. науч. конф., Новополоцк, 29–30 апр. 2021 г. / Полоц. гос. ун-т ; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-779-2.

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 г.*

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 978-985-531-779-2

©Полоцкий государственный университет, 2021

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
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Технический редактор *И. Н. Чапкевич.*

Компьютерная верстка *А. А. Прадидовой, С. Е. Рясовой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

Подписано к использованию 16.11.2021.

Объем издания: 13 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 736.

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>