

УДК 666.973.2:666.972.1

© А. А. Бакатович, канд. техн. наук, доцент
© Н. В. Давыденко, аспирант
(Полоцкий государственный университет)
E-mail: nady2010@tut.by

© A. A. Bakatovich, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© N. V. Davydenko, post-graduate student
(Polotsk State University)
E-mail: nady2010@tut.by

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

EXPERIENCE OF USING INSULATION PANELS MADE ON THE BASIS OF AGRICULTURAL PLANT RESIDUES

Рассмотрены результаты сравнительных испытаний теплоизоляционных материалов на основе различных отходов растениеводства. Установлено, что наилучшими физико-механическими характеристиками обладают костросоломенные плиты. Приведены результаты электронной микроскопии ржаной соломы и льна, позволяющие объяснить данные характеристики. Эффективность теплоизоляционных плит подтверждена результатами натурных испытаний наружного стенового ограждения с вентилируемой системой утепления.

Ключевые слова: отходы растениеводства, теплоизоляционные плиты, солома ржи, костра льна, жидкое стекло.

The paper provides the results of comparative tests of thermal insulation materials based on various agricultural plant residues. It has been established that straw-boon plates possess advantageous physical and mechanical properties. The results of the electron microscopy of rye straw and flax explaining the physical and mechanical characteristics of straw-boon plates are provided. The effectiveness of the insulation boards is confirmed by the example of the field tests results of outer wall fence with ventilated insulation system.

Key words: agricultural plant residue, insulating panels, rye straw, flax boon, liquid glass.

Введение

При обработке сельскохозяйственной продукции образуются значительные сырьевые ресурсы для изготовления теплоизоляционных материалов (растительные отходы).

В регионах с теплым климатом большое количество растительных отходов остается после обработки риса и хлопка. Разработаны технологии изготовления теплоизоляционных плит из рисовой шелухи (с портландцементом в качестве вяжущего компонента) и из хлопковой (с фенолформальдегидной смолой) [1]. Также можно производить теплоизоляционные плиты из стеблей хлопчатника с добавлением до 10 % древесной стружки [2]. Проводились исследования по применению в производстве плитного

утеплителя цельной и измельченной лузги подсолнечника [3].

Прессованные теплоизоляционные плиты из механически и химически обработанной льняной костры выпускаются в России с начала прошлого века [4]. В Германии запатентована технология получения теплоизоляционного материала STEICO на основе соломы конопли и опилок [5].

Для теплоизоляции зданий в Англии, Франции, Швеции и других странах Западной Европы применялись плиты «Страмит», полученные из соломы злаковых культур путем горячего прессования и оклеенные с двух сторон картоном [6]. Эта технология взята за основу при выпуске современных сэндвич-панелей с наполнителем из соломы злаковых культур.

Наиболее интересны исследования А. Н. Петрова [7] по соломенным плитам на жидком стекле (характеристики плит: плотность — 125–300 кг/м³; прочность на сжатие при 10 % деформации — 0,3–0,8 МПа; предел прочности при изгибе — 0,17–0,8 МПа; коэффициент теплопроводности — 0,044–0,056 Вт/(м·°С)) и О. Е. Смирновой — по разработке теплоизоляционных плит на основе костры льна и жидкого стекла [8] (характеристики плит: плотность — 240 кг/м³; прочность на сжатие при 10 % деформации — 0,52 МПа; предел прочности при изгибе — 0,68 МПа; коэффициент теплопроводности — 0,053 Вт/(м·°С)).

Анализ экспериментальных работ по исследованию теплоизоляционных материалов указывает на перспективность и актуальность применения отходов растениеводства в качестве заполнителя, а жидкого стекла — как вяжущего для производства теплоизоляционных плит с достижением максимального экономического эф-

фекта при обеспечении экологической безопасности окружающей среды и человека.

Физико-механические показатели теплоизоляционных материалов. Основные физико-механические характеристики теплоизоляционных материалов на основе растительного сырья (включая солому злаковых культур, костру льна и рисовую лузгу), установленные в лаборатории кафедры строительного производства Полоцкого государственного университета, приведены в таблице. В качестве вяжущего использовались: натриевое жидкое стекло, латекс и эмульсия ПВА в количестве 1,4 масс. д. по сухому веществу. Давление формования образцов — 0,03 МПа.

Полученные физико-механические показатели составов 3 и 6 (на основе пшеничной соломы и костры льна) подтверждают данные, приведенные в работах [7, 8].

Среди исследуемых материалов из соломы злаковых культур (составы 1–5) образцы на

Физико-механические характеристики теплоизоляционных материалов на основе отходов растениеводства

№ п/п	Состав		Физико-механические характеристики			
	Заполнитель	Вяжущее	Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие при 10 % деформации, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
1	Ржаная солома	Жидкое стекло	215	0,35	0,82	0,059
2	Ячменная солома	То же	205	0,27	0,58	0,063
3	Пшеничная солома	—«—	220	0,3	0,65	0,056
4	Овсяная солома	—«—	200	0,27	0,6	0,058
5	Рисовая солома	—«—	210	0,23	0,5	0,062
6	Костра льна	—«—	230	0,48	0,62	0,054
7	Рисовая лузга	—«—	230	0,5	0,34	0,068
8	Ржаная солома и костра льна	—«—	225	0,6	0,95	0,049
9	То же	Латекс	230	0,64	1,03	0,057
10	—«—	Эмульсия ПВА	225	0,65	1,0	0,058
11	Рисовая солома и лузга	Жидкое стекло	230	0,43	0,68	0,058
12	То же	Латекс	225	0,47	0,72	0,067
13	—«—	Эмульсия ПВА	235	0,44	0,7	0,069

основе дробленной ржаной соломы (состав 1) обладают одними из лучших физико-механических характеристик. При практически равных значениях плотности и коэффициента теплопроводности показатель прочности на сжатие при 10 % деформации у состава 1 превышает значения составов 2–5 на 21–52 %, а прочности на изгиб — на 26–64 %, что объясняется большей «жесткостью» стеблей ржаной соломы.

Из образцов на основе других отходов растениеводства (составы 6, 7) наилучшие физико-механические характеристики имеет состав 6. Показатель прочности на сжатие при 10 % деформации у теплоизоляционного материала на основе костры льна сопоставим с аналогичным у состава 7, а прочность на изгиб практически в 2 раза больше. Коэффициент теплопроводности состава 6 сопоставим с показателями материалов на основе соломы злаковых культур (составы 1, 3, 4) и на 23 % ниже, чем у состава 7.

В составах 8–13 ржаную и рисовую солому вводили как крупный наполнитель, а костру льна и рисовую лузгу — как мелкий. Соотношение крупного и мелкого наполнителей в смеси по массе принимали 7:3. Использовали ржаную солому с длиной трубок не более 80 мм, длина фракций костры льна составляла не более 15 мм, рисовой лузги — в пределах 5–10 мм.

Применение композитных наполнителей позволило улучшить физико-механические характеристики составов 8–13 по отношению к составам 1–7 с однокомпонентными наполнителями. Из данных таблицы следует, что показатели составов 8–10 превышают показатели составов 11–13 по прочности на сжатие при 10 % деформации — на 36–48 %; по пределу прочности при изгибе — на 40–43 %; коэффициент теплопроводности составов 8–10 ниже на 15–16 %. Таким образом, утеплители на основе смеси ржаной соломы и костры льна (составы 8–10) следует считать более эффективными, чем теплоизоляционные материалы на основе рисовой соломы и лузги (составы 11–13).

В качестве вяжущего наибольший интерес вызывает жидкое стекло. Как известно, в отличие от латекса и дисперсии ПВА, жидкое стекло существенно повышает огнестойкость материалов [9], в том числе и у горючих наполнителей из дробленной соломы и костры льна.

Полученные на начальном этапе исследований данные позволяют прогнозировать возможность получения высокоэффективных теплоизоляционных плит на основе ржаной соломы, костры льна и жидкого стекла.

Электронная микроскопия. Для установления возможных факторов, обуславливающих физико-механические характеристики теплоизоляционных костросоломенных плит, изучена микроструктура соломы ржи и льна с применением электронной микроскопии. В процессе исследования получены изображения поперечных и продольных срезов высушенных стеблей соломы ржи и льна.

Стебли ржи представляют собой пустотелые цилиндры с диаметром внутренней полости, значительно превышающим толщину стенки. Стенка стебля ржи — это густая сеть продольных капилляров с круглой, овальной, гексагональной и неопределенной формой поперечного сечения. На изображении поперечного среза стебля озимой ржи (рис. 1) рамкой выделен фрагмент структуры, увеличенный на рис. 2.

Площадь пустот на поперечном сечении стебля ржи значительно превышает площадь межкапиллярного пространства.

Изучение поперечного среза образцов соломы позволило установить две четко различимые структурные области строения капилляров стебля (см. рис. 2). Внутренняя область с капиллярами поперечным размером 40–90 мкм, разделенными тонкими прозрачными перегородками

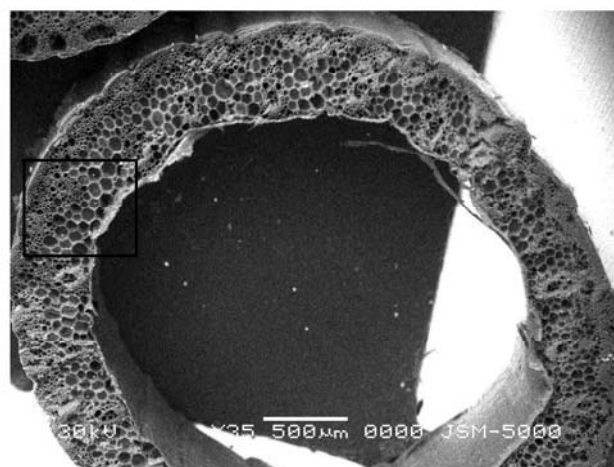


Рис. 1. Поперечный срез стебля озимой ржи (35-кратное увеличение)

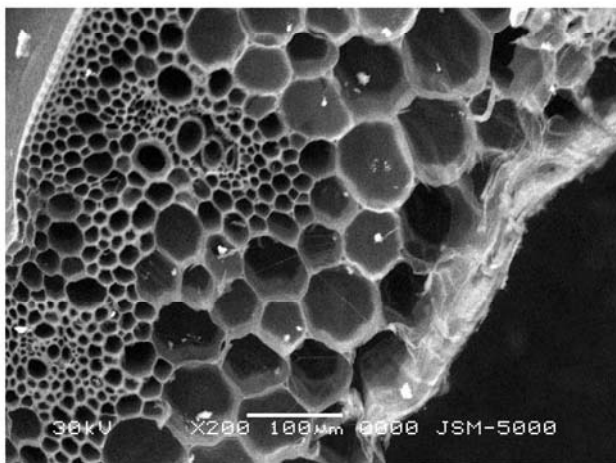


Рис. 2. Поперечный срез стебля озимой ржи (фрагмент, 200-кратное увеличение)

толщиной менее 0,5 мкм, составляет 50–60 % от всего объема структуры стенки стебля и напоминает по строению пчелиные соты.

В поперечном сечении внешняя область представлена капиллярами размером 5–40 мкм с перегородками толщиной около 1–3 мкм и занимает объем 40–50 %. Стебель соломы с внешней и внутренней сторон имеет оболочки для защиты внешней и внутренней структурных областей от повреждений и разрушения.

В процессе исследования продольного среза образцов соломы ржи (рис. 3) отмечено, что во внутренней области стебля капилляры по длине имеют поперечные перегородки (расстояние между ними — 50–100 мкм) и образуют ячейки, по форме близкие к цилиндрической. Внешняя область состоит из продольных капилляров, разделенных перегородками через 150–500 мкм. Диаметр капилляров постепенно уменьшается от основания к верхушке стебля.

Полученные данные позволяют установить, что наибольшее влияние на теплоизоляционные свойства ржаной соломы оказывает эффективное ячеистое строение капилляров внутренней области стебля, близкое по строению к структуре пенополистирола, имеющего ячейки размером 80–150 мкм с толщиной перегородок 1–2 мкм [10].

Микроскопические исследования поперечного и продольного срезов стебля льна (рис. 4–6) позволили установить наличие капиллярной структуры, аналогичной строению стебля ржи, однако имеющей некоторые особенности.

Внутренняя капиллярная область составляет около 15–20 % от общего объема структуры стебля льна (рис. 4, 5), при этом внутренняя защитная оболочка отсутствует. В поперечном сечении капилляры размером 30–70 мкм имеют такую же форму, как у ржаной соломы. По длине капилляры через 50–120 мкм разделены тонкими прозрачными перегородками толщиной менее 0,5 мкм.

Следует отметить, что в процессе технологической операции по отделению волокна происходит разрушение стенки стебля льна на отдельные фрагменты, в результате чего получают костру льна. На данном этапе производства внутренняя область стенки стебля практически полностью разрушается, а перегородки сохранившейся части капилляров значительно повреждаются при деформациях. В результате структура костры льна состоит в основном из внешней области стенки льняного стебля, представляющей собой параллельные капилляры размером 5–30 мкм с поперечными перегородками толщиной 1–2 мкм через 100–300 мкм. Во внешней области стебля капилляры имеют близкую к квадратной или прямоугольной форму поперечного сечения; наблюдается достаточно четко ориентированный структурный каркас из продольных перегородок, обусловленный последовательным расположением капилляров от внутренней области к внешней оболочке.

Таким образом, технологический процесс образования костры льна не позволяет получать

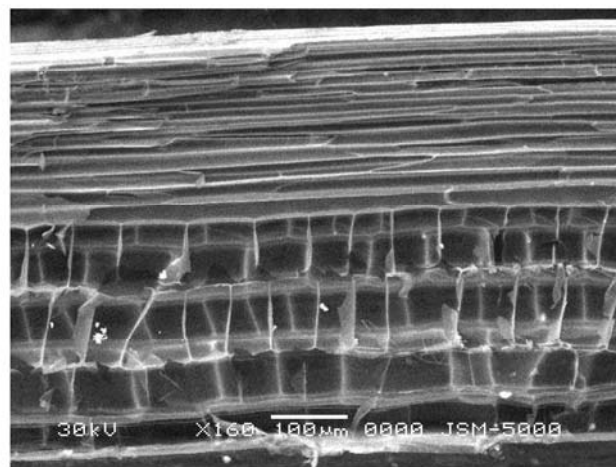


Рис. 3. Продольный срез стебля озимой ржи (160-кратное увеличение)

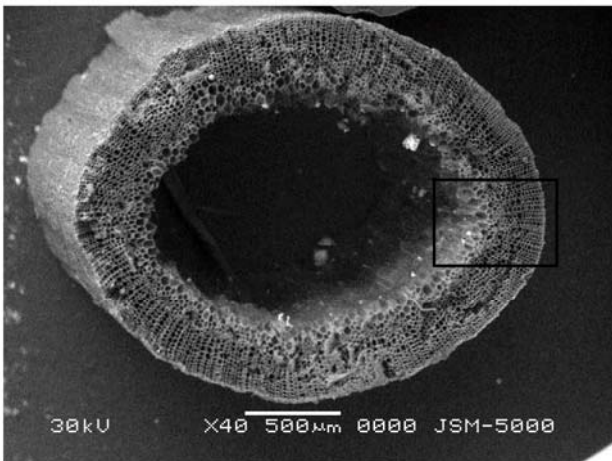


Рис. 4. Поперечный срез стебля льна (40-кратное увеличение)

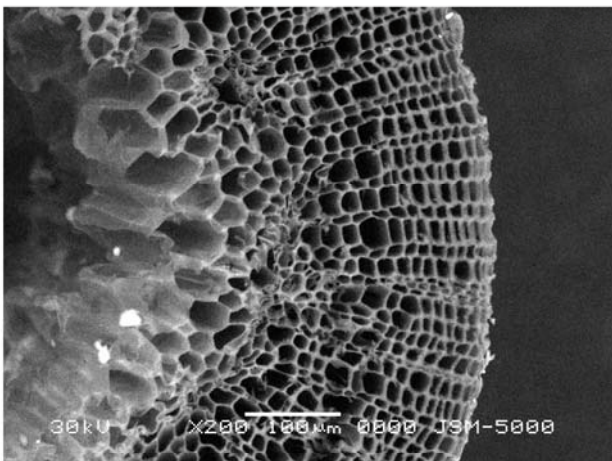


Рис. 5. Поперечный срез стебля льна (фрагмент, 200-кратное увеличение)

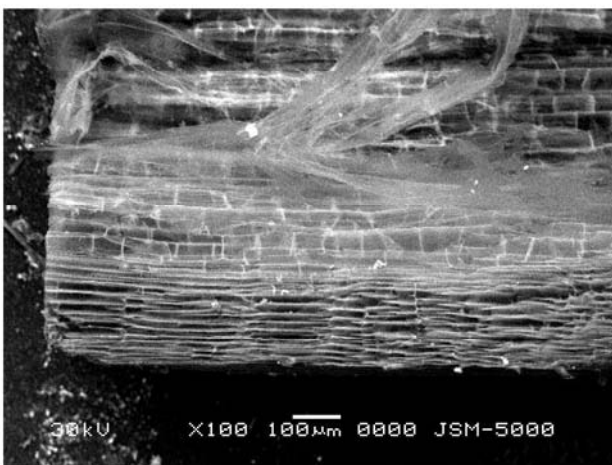


Рис. 6. Продольный срез стебля льна (100-кратное увеличение)

мелкий наполнитель для теплоизоляционного материала с сохраненной капиллярной структурой внутренней области стебля, что ухудшает теплотехнические показатели костры льна.

В процессе изучения изображений срезов отмечено, что перегородки капилляров внешней области стеблей ржи и льна по толщине в 4–6 раз превышают толщину перегородок капилляров внутренней области. Анализ строения капилляров поперечных сечений стеблей ржи и льна показывает, что прочностные характеристики ржаной соломы и костры льна достигаются за счет формируемой в процессе роста капиллярной структуры внешних областей стеблей.

Применение крупного наполнителя, полученного путем нарезки стеблей соломы на длину 20–40 мм, оптимально выбранное соотношение соломы и костры льна, а также давление формования 0,02–0,03 МПа позволяют максимально сохранить капиллярную структуру соломы (особенно тонкостенных ячеек капилляров внутренней области стебля) в процессе формовки изделий, что обеспечивает получение костросоломенных плит с высокими теплотехническими характеристиками.

Наружное стеновое ограждение с вентилируемой системой утепления. Необходимо учитывать, что эффективность костросоломенных плит может быть подтверждена окончательно только прямыми натурными испытаниями утеплителя в конструкциях эксплуатируемых зданий с постоянной фиксацией основных теплофизических характеристик и мониторингом общего состояния конструкций.

Результаты исследований применения теплоизоляционных плит в колодцевой кладке стен приведены в работе [11]. Ниже рассмотрены результаты применения соломенных и костросоломенных плит для наружного стенового ограждения с вентилируемой системой утепления. Плиты утеплителя закрепляли на кирпичной стене жилого дома при помощи дюбелей с оцинкованным металлическим сердечником.

Наружное стеновое ограждение с вентилируемой системой утепления представляет собой трехслойную конструкцию с эффективной теплоизоляцией из соломенных (стена 1) и костросоломенных плит (стена 2). В стеновой конструкции для каждой исследуемой теплоизоляционной

плиты устанавливались термопары и датчики теплового потока согласно схеме (рис. 7).

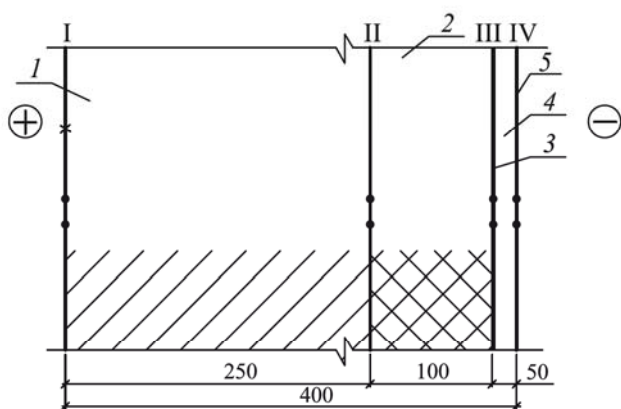
Показатели температур и плотностей тепловых потоков фиксировались информационно-измерительным комплексом РТП-1-16Т в течение осенне-зимне-весеннего периода. В качестве примера рассмотрен временной промежуток с 15 января по 3 февраля 2014 г. (наиболее холодный за зимний период).

На рис. 8 показаны температурные поля в сечении ограждающей конструкции стены 1 и стены 2 за период 20 сут. Значения температур приняты как средние величины показаний с 22.00 до 6.00 ч.

Из графиков температурных полей следует, что для наружного ограждения стены 1 средняя температура внутренней поверхности на границе I меньше на 1,6 °С, чем для стены 2. При минимальной температуре наружного воздуха $t_n = -22,6$ °С показатели температур внутренней поверхности ограждения на границе I отличаются на 2 °С.

Среднее значение температуры теплоизоляционной плиты на границе II стены 1 на 2,4 °С меньше, чем стены 2. На границе III средний показатель температуры утеплителя на основе соломы становится больше на 1,9 °С, чем утеплителя из смеси соломы и костры льна.

Амплитуда средней температуры для стены 1 с соломенными плитами составляет 26,5 °С,



- место установки термопары
- × место установки датчика теплового потока

Рис. 7. Схема расположения термопар и датчиков тепловых потоков по сечению наружной стены с вентилируемой системой утепления. Слои стенового ограждения: 1 — кирпич керамический полнотелый; 2 — теплоизоляционная плита; 3 — ветровая защита; 4 — воздушная прослойка; 5 — лист металлический стальной; I, II, III, IV — границы слоев ограждения

для стены 2 — 30 °С. При минимальном значении температуры наружного воздуха показатели амплитуд температур увеличиваются до 29,2 и 33,8 °С соответственно.

По окончании эксперимента определены значения влажности теплоизоляционных материалов. Изменение влажности по толщине материала показано на рис. 9. Показатели влажности при толщине 100 мм соответствуют поверхностям утеплителя на границе II.

Из полученных зависимостей следует, что среднее значение влажности материала на основе соломы составляет 20,4 %, что превышает на 27 % влажность материала на основе смеси соломы и костры льна (16,1 %).

Со стороны улицы на границе III показатели влажности плит отличаются незначительно: для соломенных плит — 18,7 %; для костросоломенных — 17,3 %.

На стыке утеплителя и наружной стены на границе II влажность утеплителя стены 1 умень-

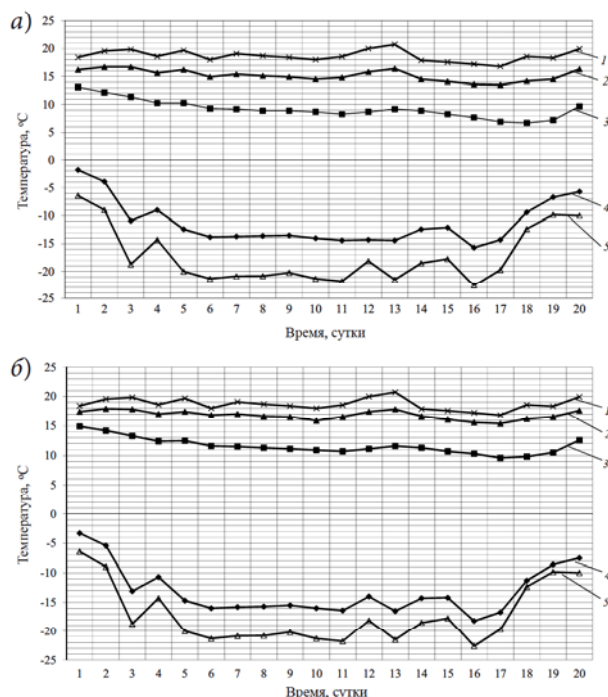


Рис. 8. Температурное поле наружного стенового ограждения с вентилируемой системой утепления: а — с соломенной плитой, б — с костросоломенной; 1 — температура внутреннего воздуха, °С; 2 — температура материала 1-го слоя на границе I, °С; 3 — температура теплоизоляционного материала 2-го слоя на границе II, °С; 4 — температура теплоизоляционного материала 2-го слоя на границе III, °С; 5 — температура наружного воздуха, °С

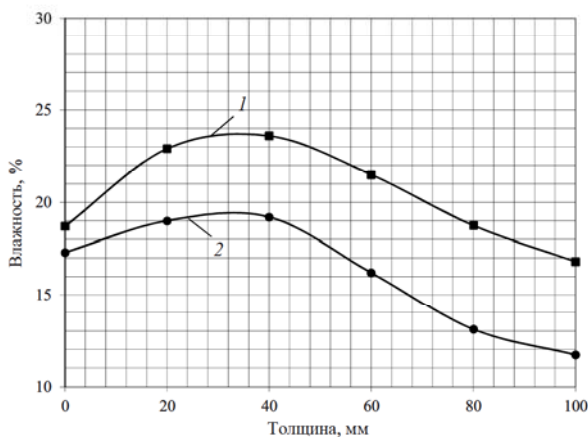


Рис. 9. Распределение влажности по толщине теплоизоляционной плиты: 1 — утеплитель на основе соломы (стена 1); 2 — утеплитель на основе соломы и костры льна (стена 2)

шается до 16,8 %, что на 44 % превышает аналогичный показатель для стены 2 (11,7 %).

На расстоянии 35–45 мм от границы III наблюдается максимальное увеличение показателя влажности — как в соломенных, так и в костросоломенных плитах (до 23,6 и 19,2 % соответственно).

Следует отметить, что участок наибольшего увлажнения утеплителей (по сравнению с утеплителем в колодцевой кладке) смещается в толщину теплоизоляционных плит, что связано с вертикальной циркуляцией воздуха вдоль наружной поверхности плит, способствующей испарению влаги из поверхностных слоев утеплителя.

За летний период влажность соломенных и костросоломенных плит снижается до 6 и 9 % соответственно, что обеспечивает эффективную работу утеплителей в зимних условиях эксплуатации.

На данный момент вентилируемая система функционирует 2 года; повреждений, разрушений и смещений теплоизоляционных плит не наблюдается. Таким образом, натурные испытания теплоизоляционного материала подтверждают возможность применения костросоломенных плит в качестве эффективного утеплителя стен при устройстве вентилируемой системы утепления.

По результатам исследований на костросоломенные плиты разработаны и зарегистрированы технические условия ТУ ВУ 300220696.060–2011 «Плиты костросоломенные строительные теплоизоляционные».

Заключение

1. Наилучшие теплофизические и механические показатели эффективных утеплителей на растительном сырье достигаются за счет формирования композиционной структуры материала из двух заполнителей разной крупности и формы, что позволяет обеспечить оптимальную структуру теплоизоляционных материалов.

2. Электронная микроскопия продольных и поперечных срезов соломы ржи и льна позволила установить наличие в их структуре внутренней и внешней областей, существенно различающихся по строению. Внутренняя область соломы ржи и льна по структуре схожа со структурой пенополистирола (но ячейки меньше в 1,5–2 раза), что объясняет высокие теплоизоляционные свойства полученного композита. Во внешней области стеблей размеры капилляров в поперечном сечении в 2–8 раз меньше размеров капилляров внутренней области, а толщина перегородок в 2–6 раз превышает размер перегородок внутренней области. Такая структура внешней области по сравнению с внутренней обеспечивает жесткость и прочность стеблей соломы ржи и костры льна и в значительной степени обуславливает прочностные характеристики полученного теплоизоляционного материала.

3. Повышение амплитуды температур на 4–5 °С в конструкциях с применением костросоломенных плит по сравнению с соломенными достигается за счет: микроструктуры компонентов заполнителя; оптимально подобранного соотношения компонентов костросоломенного утеплителя, минимизирующего пустотность в плитах; более низкой эксплуатационной влажности композита. Достигнутое увеличение амплитуды температур в зимний период позволяет сократить расход энергоносителей и снизить финансовые затраты на отопление зданий.

4. Учитывая сложившуюся на современном рынке теплоизоляционных материалов конъюнктуру, получение экологически безопасного утеплителя с высокими теплотехническими характеристиками на основе соломы и костры льна с применением жидкого стекла в виде вяжущего — это перспективное направление успешной переработки сельскохозяйственных растительных отходов.

Библиографический список

1. Петросян Э. А., Румако Т. К., Стравчинский А. И. Состояние и перспективы производства строительных материалов с использованием растительных отходов в Узбекистане: обзор. Ташкент: УзНИИНТИ, 1986. 30 с.
2. Курдюмова В. М., Ястребова Л. В., Хрулев В. И. Строительные плиты из стеблей хлопчатника и эффективность их применения // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1983. № 8. С. 61–62.
3. Филонов А. А. Исследование возможности замены древесного сырья в производстве стружечных плит подсолнечной лузгой: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 1970. 23 с.
4. Новосельский Н. Л. Строительные плиты из органического волокна. М.: Промстройиздат, 1956. 180 с.
5. Гуськов И. М. Древесноволокнистые теплоизоляционные материалы STEICO (Германия) // Строительство и архитектура. ВНИИТПИ. 1998. № 1. С. 28–30.
6. Дроздов П. И., Колесников В. С., Золотухина В. В. Плиты «Страмит» // Строительные материалы. 1964. № 8. С. 40–41.
7. Петров А. Н. Теплоизоляционные материалы на основе соломы и неорганических связующих: дис. ... канд. техн. наук. Казань, 1998. 178 с.
8. Смирнова О. Е. Теплоизоляционные материалы на основе костры льна: автореф. ... дис. канд. техн. наук. Новосибирск, 2007. 18 с.
9. Бабушкина М. И. Жидкое стекло в строительстве. Кишинев: Картия Молдовеняскэ, 1971. 215 с.
10. Коканин С. В. Исследование долговечности теплоизоляционных материалов на основе пенополистирола: дис. ... канд. техн. наук. Иваново, 2011. 170 с.
11. Давыденко Н. В., Бакатович А. А. Опытная эксплуатация теплоизоляционных костросоломенных плит в конструкциях индивидуального жилого дома // Методология и принципы ценообразования в строительстве. Инновационные технологии в строительной отрасли и их внедрение. Материалы I междунар. науч.-практ. конф. РУП Республиканский научн.-техн. центр по ценообразованию в строительстве. Минск, 2013. С. 113–118.

References

1. Petrosyan Eh. A., Rumako T. K., Stravchinskiy A. I. *Sostoyanie i perspektivy proizvodstva stroitel'nykh materialov s ispol'zovaniem rastitel'nykh otkhodov v Uzbekistane. Obzor* [The state and prospects of production of construction materials with use of vegetable waste in Uzbekistan. Review]. Tashkent, UzNIINTI Publ., 1986, 30 p.
2. Kurdyumova V. M., Yastrebova L. V., Khrulev V. I. *Stroitel'nye plity iz stebley khlopchatnika i ehffektivnost' ikh*

primeneniya [Construction plates from stalks of cotton and efficiency of their application]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura – News of higher education institutions. Construction and architecture.*, 1983, no.8, pp. 61–62.

3. Filonov A. A. *Issledovanie vozmozhnosti zameny drevesnogo syr'ya v proizvodstve struzhechnykh plit podsolnechnoy luzgoy. Diss. kand. tekhn. nauk* [Research of possibility of replacement of wood raw materials in production shaving plates with sunflower peeling. PhD in Sci. Tech. diss.]. Voronezh, 1970, 23 p.

4. Novosel'skiy N. L. *Stroitel'nye plity iz organicheskogo volokna* [Construction plates from organic fiber]. Moscow, Promstroyizdat Publ., 1956, 180 p.

5. Gus'kov I. M. *Drevesnovoloknistye teploizolyatsionnye materialy STEICO (Germaniya)* [Timber fibrous heat isolation materials STEICO (Germany)]. *Stroitel'stvo i arkhitektura – Construction and architecture*, VNIINTPI Publ., 1998, no. 1, pp. 28–30.

6. Drozdov P. I., Kolesnikov V. S., Zolotukhina V. V. *Plity Stramit* [Plates Stramit]. *Stroitel'nye materialy – Construction materials*, 1964, no. 8, pp. 40–41.

7. Petrov A. N. *Teploizolyatsionnye materialy na osnove solomy i neorganicheskikh svyazuyushchikh. Diss. kand. tekhn. nauk.* [Heat-insulating materials on the basis of straw and the inorganic binding. PhD in Sci. Tech. diss.] Kazan, 1998, 178 p.

8. Smirnova O. E. *Teploizolyatsionnye materialy na osnove kostry l'na: avtoref. Diss. kand. tekhn. nauk.* [Heat-insulating materials on the basis of flax shove. PhD in Sci. Tech. diss.] Novosibirsk, 2007, 18 p.

9. Babushkina M. I. *Zhidkoe steklo v stroitel'stve* [Liquid glass in construction.]. Kishinev, Kartya Moldovenyaskeh Publ., 1971, 215 p.

10. Kokanin S. V. *Issledovanie dolgovечnosti teploizolyatsionnykh materialov na osnove penopolistirola. Diss. kand. tekhn. nauk.* [Research of durability of heat-insulating materials on the basis of expanded polystyrene. PhD in Sci. Tech. diss.] Ivanovo, 2011, 170 p.

11. Davydenko N. V., Bakatovich A. A. *Opytnaya ehkspluatatsiya teploizolyatsionnykh kostrosolomennykh plit v konstruktsiyakh individual'nogo zhilogo doma* [Trial operation of heat-insulating straw-boon plates in designs of an individual house]. *Trudy I mezhdunar. nauch.-prakt. konf. RUP Respublikanskiy nauchn.-tekhn. tsentr po tse-noobrazovaniyu v stroitel'stve "Metodologiya i printsipy tse-noobrazovaniya v stroitel'stve. Innovatsionnye tekhnologii v stroitel'noy otrasli i ikh vnedrenie"* [Proc. of the 1st int. sci.-pract. conf. RUP Republican sci.-techn. center for pricing in construction. "Methodology and the principles of pricing in construction. Innovative technologies in construction branch and their introduction"]. Minsk, 2013, pp. 113–118.