

УДК 674.81:691.115:677.08

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛИТ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

А. А. Титунин, И. В. Сусоева, Т. Н. Вахнина

*Костромской государственный университет
156005, Кострома, ул. Дзержинского, 17*

E-mail: a_titunin@ksu.edu.ru, i.susoeva@yandex.ru, t_vachnina@mail.ru

Поступила в редакцию 30.01.2019 г.

В связи с увеличением объемов неиспользуемых отходов, в том числе растительного происхождения, проблема их вовлечения в производство продукции становится все более актуальной. Неиспользуемые (невозвратные) мягкие древесные отходы деревообрабатывающих предприятий и отходы прядения льна и хлопка отправляются на свалку или сжигаются, что негативно влияет на экологию. В отечественных и зарубежных исследованиях есть разработки композитов на основе растительных отходов, в том числе по технологии древесно-стружечных плит (ДСтП), а плитные материалы, изготавливаемые по технологии мягких древесноволокнистых плит, до настоящего времени не разрабатывались. Композиционные плитные материалы с наполнителями из древесной стружки и невозвратных отходов переработки льна и хлопка на основе матрицы из терморезактивного связующего могут использоваться в качестве строительного материала теплоизоляционного назначения. В работе определены физико-механические показатели композитов, изготовленных по технологии ДСтП и мягких древесноволокнистых плит на фенолоформальдегидном связующем, рассмотрено влияние температуры и влажности окружающей среды на показатели композиционных плитных материалов. Приведены результаты определения динамики прочности и разбухания по толщине плитных материалов после циклических испытаний «замачивание – замораживание – оттаивание – сушка». Результаты экспериментальных исследований показали, что теплоизоляционные композиты из мягких древесных отходов на фенолоформальдегидном связующем, изготовленные по технологии ДСтП, имеют более высокую прочность при статическом изгибе в сравнении с плитами из отходов прядения растительных волокон. Однако при этом древесные композиты имеют более высокое разбухание по толщине после пребывания в воде и более интенсивное снижение прочности и водостойкости. Экспериментальные данные подтверждают наличие длительной стойкости композитов к переменным температурно-влажностным воздействиям, это позволило рекомендовать их в качестве теплоизоляционного элемента строительных конструкций.

Ключевые слова: *растительные отходы, наполнитель, связующее, циклические испытания, прочность, статический изгиб, разбухание.*

DOI: 10.15372/SJFS20190305

ВВЕДЕНИЕ

Одним из актуальных направлений развития деревообрабатывающих предприятий является повышение эффективности использования всей биомассы растущего дерева. По имеющимся данным в европейской части России используется лишь половина этого ресурса, а в Сибири – одна треть. Остальная часть в процессе производства продукции превращается

в отходы, которые чаще всего используются на топливно-энергетические нужды, а нередко вывозятся в отвалы, сжигаются или сбрасываются в водоемы.

Цель данного исследования – разработка рационального использования природных ресурсов путем вовлечения в производство продукции невозвратных растительных отходов. Недоиспользование древесных ресурсов наряду с загрязнением водной, воздушной и наземной

среды ведет к серьезным экономическим потерям, так как выбрасываемые отходы представляют собой ценное вторичное сырье, которое можно эффективно использовать в производстве различных видов строительных материалов, в том числе композиционных плит теплоизоляционного назначения. Для создания таких композитов предложено использовать отходы не только древесные, но и от переработки льна и хлопка, проблема утилизации которых остается весьма актуальной для многих отечественных предприятий, в том числе расположенных в Костромской области. Такое направление использования отходов растительного происхождения объясняется наличием в их составе целлюлозы – основного структурного элемента, который существенно влияет на физико-механические свойства композиционного материала из растительных отходов. Высокая доля целлюлозы, содержащей большое количество метилольных $-CH_2OH$ и гидроксильных $-OH$ групп, позволяет использовать наряду с древесными отходы переработки хлопка и льна в качестве наполнителя композиционных материалов. Эти группы могут взаимодействовать с образованием химических и водородных связей с метилольными группами карбамидоформальдегидных смол, а также с фенольными гидроксильными фенолоформальдегидных смол.

Материалом-аналогом разрабатываемых композитов на основе отходов прядения льна и хлопка являются мягкие древесноволокнистые плиты (ДВП) мокрого способа производства. Среди отечественных и зарубежных разработок в области производства композиционных плит с растительными наполнителями (Cantero et al., 2003; Baiardo et al., 2004; Выдрина и др., 2007; Wang et al., 2007; Saxena et al., 2011; Сафин и др., 2012; Солдатов, Хозин, 2013; Zhu, 2013; La Rosa et al., 2014; Обливин и др., 2015) отсутствуют исследования с использованием растительных отходов в качестве наполнителя композитов, изготавливаемых по технологии мягких ДВП. Анализ имеющихся исследований в данной области показал, что остается недостаточно изученным вопрос изменчивости физико-механических свойств теплоизоляционных композиционных плитных материалов в результате циклических температурно-влажностных воздействий (Сусоева и др., 2017).

К прочности теплоизоляционных композиционных материалов строительного назначения не предъявляется таких высоких требований, как к материалам конструкционного назначения.

Вместе с тем теплоизоляционные материалы, находясь в условиях эксплуатации, подвергаются циклическим воздействиям температуры и влажности. При этом из-за протекающих процессов сорбции–десорбции водяных паров теплоизоляционный материал низкой плотности, имеющий некоторое количество открытых пор, периодически поглощает и отдает влагу. Следствием этих процессов является развитие температурных и влажностных напряжений, что приводит к снижению прочности композита, а иногда – и к изменению структуры и формы. Известно, что релаксационная способность клевого соединения ослабляется, если материал подвергается знакопеременным воздействиям, при этом существенно снижается адгезионное взаимодействие между связующим и растительным наполнителями (Хрулев и др., 2000). Особенно сказывается на релаксационной способности клеевых соединений низкая температура. При температуре $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже в порах композитов на основе растительного сырья, включая древесину, образуется лед.

Еще более жесткими в сравнении с натурными являются лабораторные циклические испытания. В результате малой продолжительности периода «замачивание – замораживание – оттаивание – сушка» напряжения не успевают релаксировать, разрушающее воздействие на материал возрастает в сравнении с натурными условиями. Поэтому разработка нового материала велась с оценкой влияния циклической изменчивости эксплуатационных факторов (температуры и влажности) на свойства композита.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведены исследования на стойкость к температурно-влажностным воздействиям композиционных материалов на основе наполнителей из мягких отходов деревообработки и неиспользуемых (невозвратных) отходов прядения хлопковых и льняных волокон. Теплоизоляционные композиты из отходов прядения льна и хлопка изготавливали по технологии мягких ДВП. Растительные отходы смешивали с водой, фенолоформальдегидным связующим СФЖ-3014, формовали, лишнюю воду отжимали. Композиты сушили при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до влажности $(8 \pm 0.5)\%$. После выдержки определяли физико-механические показатели образцов плит. Композиты из мягких древесных отходов изготавливали по технологии древесно-стружечных плит (ДСтП) и в качестве связующего

использовали смолу СФЖ-3014. Плотность теплоизоляционных плит из древесных отходов 450...550 кг/м³, плит из отходов прядения льна и хлопка – 280...350 кг/м³.

Определить стойкость к температурно-влажностным воздействиям материалов строительного назначения на основе древесины и синтетических связующих можно с использованием ГОСТ 32399-2013 «Плиты древесно-стружечные влагостойкие» (2014) или ГОСТ 33121-2014 «Конструкции деревянные клееные» (2015). ГОСТ 32399-2013 (2014) регламентирует требования к влагостойким древесно-стружечным плитам на меламиносодержащем связующем, изготовленным методом горячего прессования. ГОСТ 33121-2014 (2015) распространяется на все виды клеевых соединений на основе древесины, поэтому данный стандарт использован для оценки стойкости разрабатываемых теплоизоляционных плит к изменениям температуры и влажности.

Параметры цикла температурно-влажностных воздействий принимали согласно ГОСТ 33121-2014 (2015): пребывание образцов в воде при 20 °С в течение 20 ч, замораживание мокрых образцов при –20 °С в течение 6 ч, оттаивание при 20 °С в течение 16 ч и прогрев при температуре 60 °С в течение 6 ч. После каждого цикла температурно-влажностных воздействий образцы материала испытывали на прочность при статическом изгибе и на разбухание по стандартным методикам. Значения прочности при статическом изгибе и разбухания по толщине определяли как средние арифметические по результатам испытаний трех образцов, отобранных из данной плиты после каждого цикла температурно-влажностного воздействия.

Для материала-аналога разрабатываемых теплоизоляционных плит – мягких ДВП мокрого способа производства, согласно ГОСТ 4598-2018 «Плиты древесноволокнистые мокрого способа производства. Технические условия» (2018), нормируется содержание свободного формальдегида. Для класса эмиссии E1 содержание СН₂О не должно превышать 8 мг/100 г абсолютно сухой плиты.

Содержание свободного формальдегида можно определять перфораторным, газоанализаторным, баночным (WKI) и другими способами. При экстракции ДСтП кипящим толуолом из древесины в раствор переходит не только формальдегид, но и другие вещества, способные реагировать с йодом, что вызывает повышение

содержания формальдегида по перфоратору при его йодометрическом определении. Кроме того, количество формальдегида, определенное по методу WKI, не зависит от влажности испытываемых плит. Это существенное преимущество метода перед перфораторным.

Содержание свободного формальдегида определяли по методу WKI согласно следующей методике. Из плиты выпиливали образцы размером 25 × 25 мм. Затем определяли влажность образцов по ГОСТ 10634-88 «Плиты древесно-стружечные. Методы определения физических свойств» (1991). Образцы попарно взвешивали, соединяли резиновой полоской пластмассу к пласти, помещали соединенные парами в стеклянные банки вместимостью 500 см³, подвешивали над поверхностью дистиллированной воды (количество воды в каждой банке 50 см³) и герметично закрывали. Банки с образцами и одну пустую (без образцов) помещали в термощкаф с температурой (40 ± 1) °С на 24 ч. Содержание СН₂О определяли после титрования 0.01 Н раствором тиосульфата натрия по разнице между раствором титранта в «пустом» и рабочем опыте.

Для контроля теплоизоляционных свойств разрабатываемого материала в ходе опытов с помощью прибора ИТП-МГ4 определяли коэффициент теплопроводности I по ГОСТ 7076-99 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме» (2000).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты определения после 10 циклов испытаний физико-механических показателей композитов из отходов прядения льна и хлопка представлены в табл. 1, плит из мягких древесных отходов – в табл. 2, результаты определения остаточной прочности образцов композитов при статическом изгибе (в долях от результатов контрольных испытаний) – на рис. 1 (Susoeva et al., 2017).

Экспериментальные исследования выявили существенные различия физико-механических показателей полученных образцов композитов, которые обусловлены в первую очередь структурой и параметрами наполнителей. По соотношению геометрических размеров волокна льна и хлопка оказываются весьма сходными (Кукин, Соловьев, 1985), о чем можно судить по фотографиям растительных отходов, полученным в

Таблица 1. Динамика изменения показателей волокнистых плит в циклических испытаниях (над чертой – для плит из хлопка, под чертой – для плит из льна)

Цикл	Предел прочности при статическом изгибе, σ , МПа	Разбухание по толщине, P , %	Остаточная прочность
До испытаний (контрольные)	0.49/0.55	3.36/8.2	–
1	0.46/0.53	1.82/4.32	0.94/0.96
2	0.46/0.53	1.96/4.88	0.94/0.96
3	0.44/0.52	2.07/5.27	0.89/0.94
4	0.43/0.51	2.23/5.58	0.87/0.93
5	0.41/0.49	2.31/5.93	0.83/0.89
6	0.41/0.47	2.38/6.84	0.83/0.85
7	0.40/0.47	2.91/7.32	0.81/0.85
8	0.38/0.41	3.22/8.30	0.77/0.74
9	0.31/0.32	3.48/8.76	0.63/0.58
10	0.15/0.26	3.62/9.29	0.31/0.47

Таблица 2. Динамика изменения показателей плит из мягких древесных отходов в циклических испытаниях

Цикл	Предел прочности при статическом изгибе, σ , МПа	Разбухание по толщине, P , %	Остаточная прочность
До испытаний (контрольные)	9.9	16.9	–
1	7.8	15.0	0.79
2	7.0	17.1	0.71
3	6.1	18.1	0.62
4	4.9	19.9	0.50
5	3.8	21.4	0.38
6	2.7	25.1	0.27
7	2.1	27.7	0.21
8	1.7	34.2	0.17
9	1.6	37.1	0.16
10	1.1	54.6	0.11

ходе исследований с использованием микроскопа МС 20.1 (рис. 2, 3). Однако льняное волокно гораздо прочнее хлопкового, что объясняется большей толщиной его стенки, а также разным химическим составом и микроструктурой этих биополимеров. Элементарные волок-

на льна, как и хлопка, имеют слоистое строение, но пучки фибрилл его первичной и вторичной стенок расположены спирально под меньшим углом (8...12°), чем в хлопковом волокне (20...40°).

Намного большая ориентация структурных элементов относительно оси в льняном волокне по сравнению с хлопковым также обуславливает более высокую прочность льна и меньшую способность удлиняться при растяжении. В процессе переработки как древесных волокон, так и отходов однолетников (льна, хлопка и др.) наблюдается повреждение клеток, что обуславливает их значительное водопоглощение и разбухание по толщине.

Применительно к производству композиционных материалов это ведет к ухудшению физико-механических показателей. Причиной этого является повышенная впитываемость связующего в поврежденные растительные волокна,

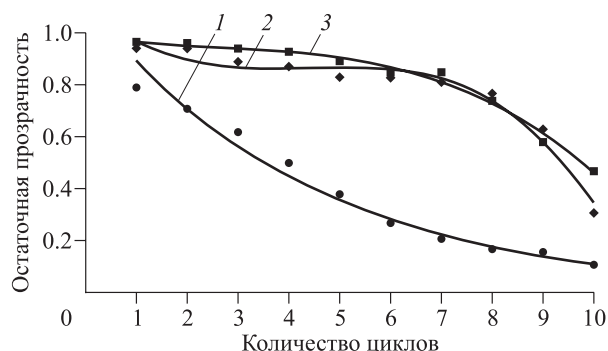


Рис. 1. Остаточная прочность при статическом изгибе после циклических испытаний композитов из отходов: 1 – древесных, 2 – хлопка, 3 – льна.

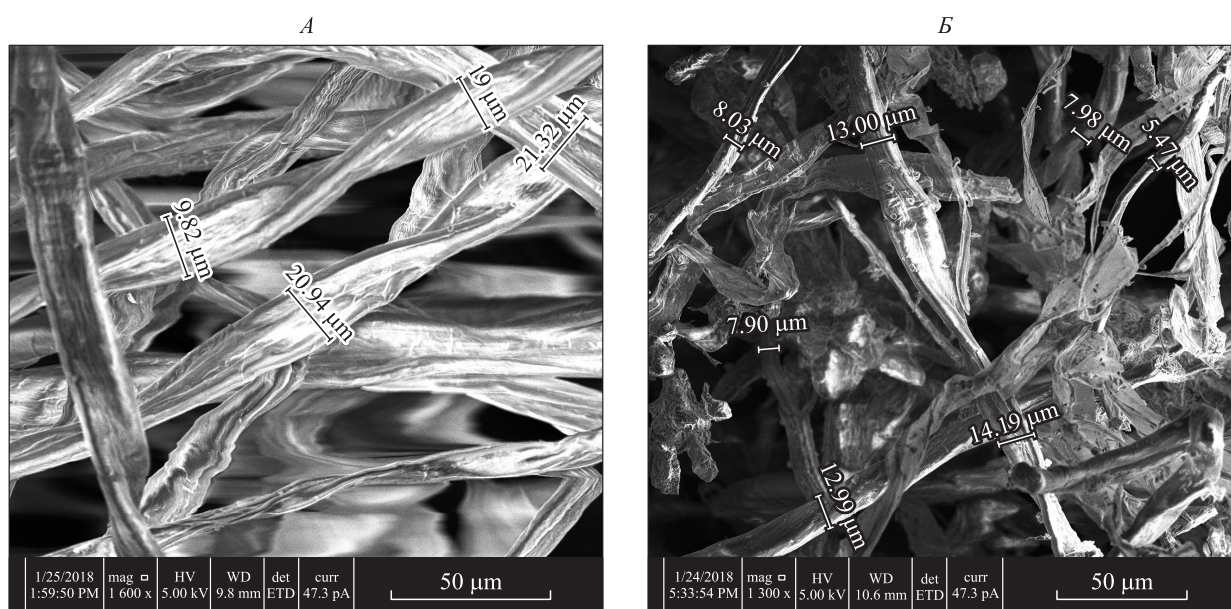


Рис. 2. Изменение структуры и размеров наполнителя при переработке: А – волокна хлопка, Б – волокна отходов переработки хлопка.

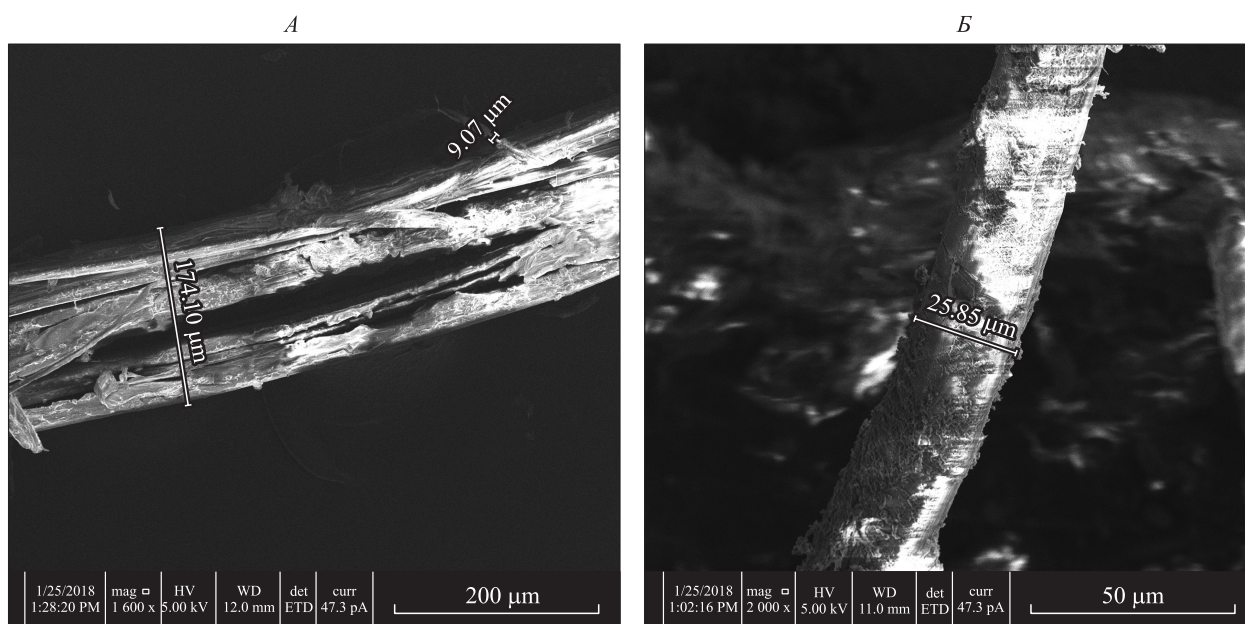


Рис. 3. Микроструктура льняных отходов: А – поврежденное волокно, Б – волокно с осажженным наполнителем.

что уменьшает число клеевых контактов между частицами наполнителя. В комплексе с большой удельной поверхностью пылевидных растительных частиц это приводит к невозможности полного осмоления поверхности растительного наполнителя (см. рис. 3, Б) и создания прочной структуры.

Как видно из фотографий, полученных с помощью микроскопа МБС-10, после нахождения образцов в воде в течение 24 ч композит с добавкой отходов переработки хлопка впитывает

больше влаги, чем аналогичный материал из отходов переработки льна (рис. 4).

Поэтому при температурно-влажностных воздействиях в нем возникают более значимые изменения физико-механических свойств, что подтверждают экспериментальные исследования показателей композитов после циклических воздействий.

В ходе опытов установлено, что композит из мягких древесных отходов после пребывания в воде имеет еще большее значение параметра

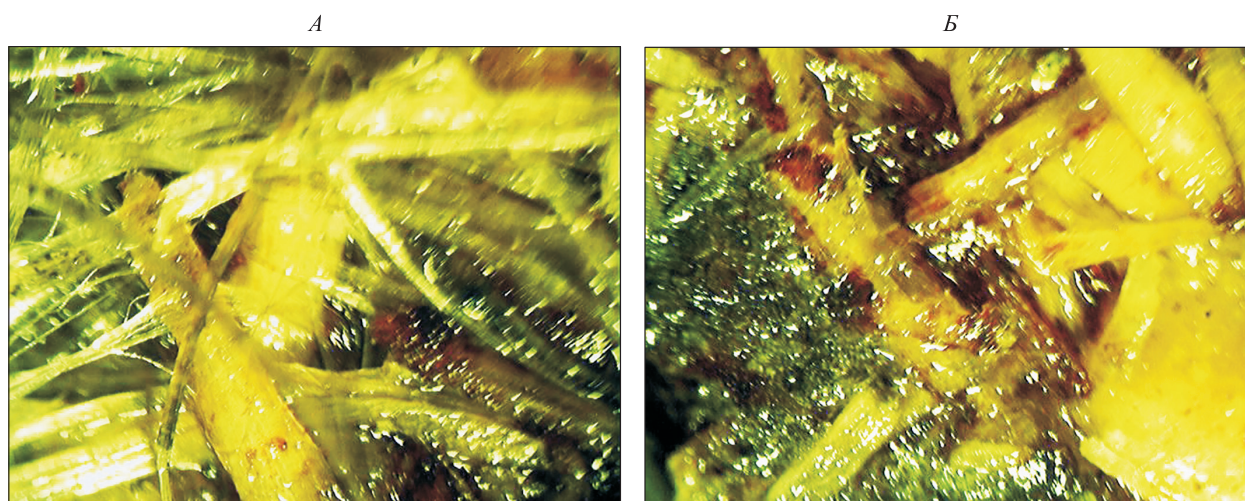


Рис. 4. Теплоизоляционный композит с добавкой отходов льна (А) и хлопка (Б) после 24 ч пребывания в воде.

«разбухание по толщине» (см. табл. 2), объясняющееся тем, что в мягких древесных отходах размер большинства частиц вдоль волокон меньше длины полостей клеток, т. е. почти все клетки перерезаны. Часть поврежденных клеток древесины в плите закрыта связующим, но, поскольку полости клеток выходят на поверхность композита, система является открытой, и это вызывает разбухание по толщине около 17 % после 24 ч пребывания в воде и более 50 % после 10 циклов испытаний.

Было определено содержание CH_2O в образцах плит из растительных отходов. Для контроля изготовили и испытали древесно-стружечные плиты плотностью 780 кг/м^3 . Результаты определения содержания CH_2O в плитах представлены в табл. 3.

Плиты из растительных отходов имеют более низкое содержание свободного формальдегида, чем контрольные образцы ДСтП высокой плотности, изготовленные на фенолоформальдегидном связующем методом горячего прессования.

Что касается коэффициента теплопроводности λ , то его значение в зависимости от вида наполнителя и фактической плотности испытуемых образцов составляло от 0.05 до 0.08 Вт/(м · К), что соответствует ранее полученным данным (Смирнова и др., 2018).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты экспериментальных исследований показали, что теплоизоляционные композиты из мягких древесных отходов на фенолоформальдегидном связующем, изготовленные по технологии ДСтП, имеют более высокую прочность при статическом изгибе в сравнении с плитами из отходов прядения растительных волокон. Однако при этом древесные композиты имеют более высокое разбухание по толщине после пребывания в воде и более интенсивное снижение прочности и водостойкости.

Композиты из отходов хлопка имеют более низкую, чем из отходов льна, прочность при статическом изгибе и большую потерю прочности после циклов испытаний. Но при этом плиты из отходов прядения хлопковых волокон имеют в 2.4...2.6 раз более низкое разбухание по толщине.

Теплоизоляционные плиты из отходов имеют содержание свободного формальдегида, не превышающее 8 мг/100 г абсолютно сухой плиты, т. е. соответствуют классу эмиссии E1.

Полученные экспериментальные данные позволяют рекомендовать композиционные плитные материалы из растительных отходов к использованию в качестве теплоизоляционного элемента строительных конструкций.

Таблица 3. Результаты определения содержания формальдегида в образцах теплоизоляционных плит

Материал плиты	Выделение формальдегида, мг/100 г плиты						
	1	2	3	4	5	6	7
Из древесных отходов	5.6	7.8	8.0	7.4	7.3	6.0	6.4
Из отходов льна	6.4	7.9	8.0	7.4	7.1	6.4	6.9
Из отходов хлопка	6.7	5.6	7.1	6.4	5.9	6.5	6.9
Контрольные образцы ДСтП	8.2	10.3	9.8	9.4	8.9	10.0	9.2

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Выдрина Т. С., Артемов А. В., Дедюхин В. Г., Бурындин В. Г. Тепловое старение изделий на основе древесных композиционных материалов // Химия растительного сырья. 2007. № 2. С. 101–106.
- ГОСТ 10634-88 (СТ СЭВ 6011-87, СТ СЭВ 6012-87, СТ СЭВ 6827-89, СТ СЭВ 6828-89) Плиты древесно-стружечные. Методы определения физических свойств (с изменениями № 1, 2). М.: Изд-во стандартов, 1991. 10 с.
- ГОСТ 32399-2013. Плиты древесно-стружечные влагостойкие. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 18 с.
- ГОСТ 33121-2014. Конструкции деревянные клееные. Методы определения стойкости клеевых соединений к температурно-влажностным воздействиям. М.: Стандартинформ, 2015. 21 с.
- ГОСТ 4598-2018. Плиты древесноволокнистые мокрого способа производства. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. 15 с.
- ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000. 27 с.
- Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. Текстильное материаловедение. Исходные текстильные материалы. М.: Легкая пром-сть и бытовое обслуживание, 1985. 216 с.
- Обливин А. Н., Сапожников И. В., Лопатников М. В. Моделирование длительной прочности композиционных материалов на древесных наполнителях // Лесн. вестн. 2015. № 1. С. 6–12.
- Сафин Р. Г., Петров В. И., Игнатьева Г. И., Степанов В. В., Халитов Р. А. Использование отходов лесозаготовок и деревообработки для производства теплоизоляционных материалов // ИВУЗ. Проблемы энергетики. 2012. № 3–4. С. 94–100.
- Смирнова В. Н., Вахнина Т. Н., Сусоева И. В. Исследование физико-механических показателей композитов из отходов растительного сырья // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. Т. 6. № 3 (39). С. 180–183.
- Солдатов Д. А., Хозин В. Г. Теплоизоляционные материалы на основе соломы // Изв. КГАСУ. 2013. № 1 (23). С. 197–201.
- Сусоева И. В., Вахнина Т. Н., Титунин А. А. Влияние вида связующего на прочность композиционных плитных материалов из лигноцеллюлозных отходов // ИВУЗ. Технол. текстил. пром-сти. 2017. № 1 (367). С. 109–111.
- Хрулев В. М., Машкин Н. А., Мальцев Н. Г. Современные представления о структурообразовании древесных композиционных материалов // Мат-лы Междунар. конф. «Композиционные строительные материалы. Теория и практика» Ч. 2. Пенза: Приволжск. дом знаний, 2000. С. 138–140.
- Baiardo M., Zini E., Scandola M. Flax fiber-polyester composites // Composites. Part A: Appl. Sci. Manufact. 2004. V. 35. Iss. 6. P. 703–710.
- Cantero G., Arbelaz A., Llano-Ponte R., Mondragon I. Effects of fiber treatment on wettability and mechanical behavior of flax/polypropylene composites // Composites Sci. Technol. 2003. V. 63. Iss. 9. P. 1247–1254.
- La Rosa A. D., Recca G., Summerscales J., Latteri A., Cozzo G., Cicala G. Bio-based versus traditional polymer composites. A life cycle assessment perspective // J. Cleaner Product. 2014. V. 74. P. 135–144.
- Saxena M., Pappu A., Sharma A., Haque R., Wankhede S. Composite materials from natural resources: recent trends and future potentials // Advances in composite materials – analysis of natural and man-made materials. Pavla Těšínova, IntechOpen, 2011. V. 9. P. 121–162.
- Susoeva I. V., Vahnina T. N., Titunin A. A., Asatkina J. A. The performance of composites from vegetable raw materials with changes in temperature and humidity // Magazine of Civil Engineer. 2017. Iss. 3. P. 39–50.
- Zhu J. Recent development of flax fibers and their reinforced composites based on different polymeric matrices // Materials. 2013. N. 6. Iss. 11. P. 5171–5198.
- Wang B., Panigrahi S., Tabil L., Crerar W. Pre-treatment of flax fibers for use in rotationally molded biocomposites // J. Reinforced Plastics and Composites. 2007. V. 26. Iss. 5. P. 447–463.

VARIABILITY OF PROPERTIES OF COMPOSITE BOARDS MADE OF PLANT RAW MATERIALS UNDER CYCLIC TEMPERATURE-MOISTURE IMPACTS

A. A. Titunin, I. V. Susoeva, T. N. Vakhnina

Kostroma State University

Dzerzhinskiy str., 17, Kostroma, 156005 Russian Federation

E-mail: a_titunin@ksu.edu.ru, i.susoeva@yandex.ru, t_vachnina@mail.ru

Due to the increase of the amount of unused waste, including that of plant origin, the prospects of its application to obtaining new products is becoming increasingly important. Unused (irreversible) soft wood waste from woodworking enterprises and spinning waste of flax and cotton are sent to landfill or incinerated, which adversely affects the environment. Plant waste can be used to obtain new products, which is a positive approach from the point of view of natural environment. Domestic and foreign studies have developed composites based on plant waste, including the use of chipboard technology (CB) and board materials produced by soft fiberboard technology, which has not been developed yet. Composite board materials with wood chip fillers and irreversible waste from the processing of flax and cotton based on a matrix of thermosetting binder can be used as a building material for thermal-insulation purposes. The paper is focused on physical and mechanical properties of composites manufactured using the CB technology and soft fiber board on a phenol-formaldehyde binder, and examines the effect of environmental temperature and humidity on the performance of composite board materials. The results of determining the dynamics of strength and thickness swelling of board materials after cyclic tests of «soaking – freezing – thawing – drying» are considered. The results of experimental studies have shown that heat-insulating composites of soft wood waste on a phenol-formaldehyde binder made according to the technology of CB have higher strength during static bending in comparison with boards made of spinning waste of plant fibers. However, wood composites have a higher thickness swelling after being water treatment and a more intensive decrease in strength and water resistance. Experimental data confirm long-term resistance of composites to changing temperature and humidity; this allowed us to recommend the materials as heat-insulating elements of building structures.

Keywords: *plant wastes, filler, binder, cyclic testing, strength, static bending, swelling.*

How to cite: *Titunin A. A., Susoeva I. V., Vakhnina T. N. Variability of properties of composite boards from plant raw materials with cyclic temperature-moisture impacts // Sibirskiy Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.) 2019. N. 3. P. 33–40 (in Russian with English abstract).*