

- наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2019 году : сб. науч. тр. РААСН. Российская академия архитектуры и строительных наук. М., 2020. С. 477–481.
2. Слесарев М. Ю. Инновационные методы формирования систем экологической безопасности строительства // Вестник МГСУ. 2007. № 3. С. 7–12.
 3. Большеротов А. Л. Научные основы и подходы к формированию системы оценки экологической безопасности строительства (СОЭБС) // Жилищное строительство. 2011. № 7. С. 44–47.
 4. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине. М. : Лесная пром-сть, 1989. 296 с.
 5. Справочное руководство по древесине / Лаборатория лесных продуктов США : пер. с англ. М. : Лесная пром-сть, 1979. 544 с.
 6. Титунин А. А., Вахнина Т. Н., Сусоева И. В. Исследование свойств теплоизоляционных материалов из отходов производства хлопковых и льняных волокон // Научный журнал строительства и архитектуры. Воронеж : ВГТУ, 2017. № 2(46). С. 37–45.
 7. Зайцева К. В., Титунин А. А., Гнедина Л. Ю., Ибрагимов А. М. Тепло- и массоперенос в многослойном деревянном клееном бруссе: постановка задачи // Промышленное и гражданское строительство. М., 2015, № 8. С. 21–27.

УДК 674.816.3:620.22

А. А. Титунин (мл.),

аспирант кафедры ЛДП, ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет», г. Кострома, РФ,
b5225d@yandex.ru

А. Н. Чубинский,

д. т. н., заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова», г. Санкт-Петербург, РФ,
a.n.chubinsky@gmail.com

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ НАПОЛНИТЕЛЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОГО КОМПОЗИТА

В работе приведены результаты научных исследований эксплуатационных свойств древесного композита, полученного на основе двухкомпонентного наполнителя. Доказано, что форма и размеры дисперсных древесных частиц значимо влияют на прочность композита при изгибе и его теплопроводность. Представленные результаты дисперсионного анализа подтверждают гипотезу о возможности получения теплоизоляционного композита с требуемой прочностью. Рекомендовано использовать березовую стружку в качестве добавки к основному наполнителю – хвойной стружке от строгальных деревообрабатывающих станков.

Ключевые слова: теплоизоляционные композиты, древесная стружка, прочность, теплопроводность, дисперсионный анализ.

A. A. Titunin (jr),

postgraduate student of the Department of Woodworking, Kostroma State University, Kostroma,
b5225d@yandex.ru

A. N. Chubinsky,

Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Technology of Materials, Structures and Wood Buildings, Saint Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg, Russian Federation,
a.n.chubinsky@gmail.com

INFLUENCE OF FILLER STRUCTURE ON PERFORMANCE PROPERTIES OF WOOD COMPOSITE

The paper presents the results of scientific research of operational properties of wood composite obtained on the basis of two-component filler. It is proved that the shape and size of dispersed wood particles significantly influence the bending strength of the composite and its thermal conductivity. The presented results of the dispersion analysis confirm the hypothesis about the possibility of obtaining a thermal insulation composite with the required strength. It is recommended to use birch chips as an additive to the main filler - coniferous shavings from wood planing machines.

Keywords: heat-insulating composites, wood shavings, strength, thermal conductivity, dispersion analysis.

На современном этапе развития индустрии строительных материалов все большую актуальность приобретают исследования, направленные на создание композиционных материалов из различных видов отходов и исследование свойств таких материалов [1–3]. При этом разработчики стремятся уже на этапе проектирования обеспечить получение композиционного материала с требуемыми параметрами и свойствами. На кафедре лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств проводились экспериментальные исследования, в ходе которых изготавливались образцы на ос-

нове матрицы из термореактивного фенолформальдегидного связующего и двухкомпонентного древесного наполнителя в виде стружки хвойных пород от четырехсторонних строгальных станков и специальной резаной березовой стружки, применяемой в производстве древесно-стружечных плит (ДСтП). Расход связующего (от массы сухой стружки) $P_{св} = 25 \%$, удельное время прессования $t_y = 0,6$ м/мм, температура прессования $T = 180$ °С, давление прессования (манометрическое) $P = 40$ кгс/см².

Для оценки влияния структуры наполнителя на эксплуатационные свойства древесного композита на данном этапе исследований использовались два состава наполнителя:

- первый состав – 10 % березовой стружки для ДСтП фракции 10/2, 90 % хвойной стружки от четырехсторонних строгальных станков, в том числе 4,5 % фракции 10/7 и 85,5 % фракции 7/2;
- второй состав – 30 % березовой стружки для ДСтП фракции 10/2, 70 % хвойной стружки от четырехсторонних строгальных станков, в том числе 28 % фракции 10/7 и 42 % фракции 7/2.

Полученные образцы использовались для определения прочности при статическом изгибе $\sigma_{и}$ и коэффициента теплопроводности λ . Для определения предела прочности при изгибе композиционного материала использовалась стандартная методика [4]. Коэффициент теплопроводности древесного композита определялся с помощью прибора ИТП-МГ4-100 (рис.).

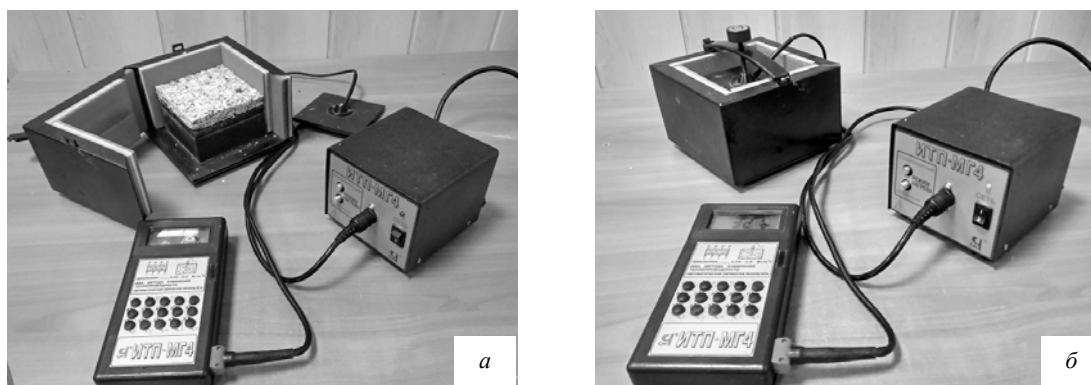


Рис. Определение коэффициента теплопроводности:
а – подготовка прибора к работе; б – проведение испытаний

Полученные в ходе опытов результаты обрабатывались по методике однофакторного дисперсионного анализа[5], итоги которого приведены в таблице. Уровню фактора a_1 соответствует первый состав наполнителя, уровню фактора a_2 – второй состав.

Таблица

Результаты эксперимента и статистические параметры на уровнях фактора А

Уровни фактора А	Выходная величина	Значения выходной величины	Среднее уровня \bar{Y}_i	Дисперсия			Критерий Фишера	
				уровня S_i^2	фактора S_A^2	остаточная S_n^2	F_P	F_T
a_1	Прочность при изгибе $\sigma_{и}$, МПа	0,45 0,43 0,28 0,36 0,38 0,32	0,358	0,0025	0,1564	0,0016	99,73	4,96
a_2		0,10 0,14 0,16 0,13 0,10 0,15	0,130	0,0006				
a_1	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м·К	0,074 0,077 0,078 0,075 0,077 0,076	0,076	2,16E-06	0,0015	3,37E-06	431,29	4,96
a_2		0,097 0,098 0,096 0,102 0,097 0,099	0,098	4,57E-06				

Проверка однородности дисперсий S_1^2 и S_2^2 по критерию Фишера F показала, что для прочности при изгибе $F_p = 3,9$, для коэффициента теплопроводности $F_p = 2,12$. Так как оба значения оказались меньше табличного значения F_m ($q = 0,05; f = 6 - 1 = 5$) = 5,05, был сделан вывод об однородности дисперсий для обеих выходных величин. Для оценки значимости влияния фактора А (состава древесного наполнителя в композите) на прочность при изгибе и коэффициент теплопроводности проверялась однородность дисперсии фактора S_A^2 , характеризующей рассеяние между средними арифметическими на заданных уровнях и общим средним по всему эксперименту, и остаточной дисперсии S_n^2 , которая характеризует среднее рассеяние в эксперименте между элементами выборки и средним арифметическим по всему эксперименту.

Как видно из табл. 1, для обеих выходных величин выполняется условие $F_p > F_m$, т. е. фактор А – состав композита, значимо влияет на прочность при изгибе и теплопроводность древесного композита. В завершении процедуры дисперсионного анализа с помощью критерия Стьюдента t была дана оценка значимости различий между уровнями фактора А:

- для прочности при статическом изгибе $t_p = 10,04$;
- для коэффициента теплопроводности $t_p = 22,0$.

Поскольку $t_p > t_r$, был сделан вывод, что различия между уровнями фактора А значимы, причем на коэффициент теплопроводности композита состав наполнителя оказывает большее влияние, чем на прочность при изгибе.

В результате проведенных исследований было установлено, что для получения древесного композита с низкой плотностью возможно использование двухкомпонентного наполнителя из березовой стружки для ДСтП и хвойной стружки от четырехсторонних строгальных станков. С увеличением в составе наполнителя доли березовой стружки прочность при изгибе уменьшается, а коэффициент теплопроводности увеличивается. Возможной причиной снижения прочности композита могут быть различия в форме дисперсных частиц двухкомпонентного наполнителя: березовая стружка для ДСтП имеет преимущественно игольчатую форму, а частицы стружки от четырехсторонних станков имеют форму тонких прямоугольных пластинок. Частицы хвойной стружки вследствие особенностей их образования при строгании имеют большее количество –ОН групп аморфных областей макромолекулярных компонентов и при прессовании образуют больше связей с матрицей связующего.

Увеличение коэффициента теплопроводности при введении большего количества березовой стружки объясняется тем, что березовая древесина более плотная, вследствие чего лучше проводит тепло, чем хвойная. Поэтому с точки зрения получения древесного композита теплоизоляционного назначения с требуемыми эксплуатационными показателями рекомендуется использовать березовую стружку от производства ДСтП в виде добавки к основному наполнителю – мягким древесным отходам (хвойной стружки от четырехсторонних строгальных станков).

Список литературы

1. Фрейдин А. С., Вуба К. Т. Прогнозирование свойств клеевых соединений древесины. М. : Лесная промышленность, 1980. 223 с.
2. Говядин И. К., Чубинский А. Н. Исследование свойств древесно-полимерного композита на основе PLA // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 2(374). С 129–145.
3. Сусоева И. В., Титунин А. А., Вахнина Т. Н., Грунин Ю. Б., Нармания Б. Е. Анализ влияния структуры композита из целлюлозосодержащих отходов на его эксплуатационные показатели // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2020. № 6(390). С. 55–62.
4. ГОСТ 10635–88. Плиты древесностружечные. Методы определения предела прочности и модуля упругости при изгибе. М. : Изд-во стандартов, 1989. 5 с.
5. Вахнина Т. Н. Методы и средства научных исследований : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2015. 74 с.