

## Исследование теплопроводности перспективного строительного материала «Гофрошпон»

*О.Н. Галактионов, А.А. Кузьменков, Ю.В. Суханов, М.В. Карпов,*

*А.Г. Потахин*

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск*

**Аннотация:** В статье приведены методика и результаты исследования теплопроводности перспективного строительного материала «Гофрошпон». В связи с потенциально широкой сферой применения материала необходимо решить проблему определения характеристик его теплопроводности. Для решения данной задачи описана структура материала и варианты его исполнения, даны основные определения и допущения, при которых проведено исследование. Представлена методика и последовательность проведения исследования, разработана установка для проведения исследований, получены коэффициенты теплопроводности различных вариантов исполнения материала «Гофрошпон». Установлен диапазон значений коэффициента теплопроводности:  $0,072-0,085 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ . Минимальный показатель коэффициента теплопроводности зафиксирован у образца А13 –  $0,072 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , имеющего два гофрированных слоя, максимальный у 3А2 –  $0,085 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , имеющего один гофрированный слой. Увеличение количества слоев шпона и диаметра гофр приводит к улучшению тепловых характеристик.

**Ключевые слова:** древесные материалы, строительные материалы, плитные материалы, шпон, слоистая древесина.

### Введение

Плитные материалы – продукция деревообрабатывающих производств [1, 2], представляющая собой клееные или прессованные материалы в плитной форме исполнения. Стандартизация подобных изделий [3, 4] позволяет эффективно применять их в разных сферах деятельности – от мебельной промышленности до строительного производства.

Панели «Гофрошпон» представляют из себя плитный слоистый строительный материал, в котором внешние слои выполняются из шпона или листов фанеры, а внутренние слои ребристой формы (гофрированные)

---

располагаются так, чтобы волны внутреннего слоя располагались перпендикулярно относительно друг друга.

Материал «Гофрошпон», в дальнейшем будем использовать термин «гофрошпон», может модифицироваться под различные цели и условия эксплуатации. В структуре гофрошпона может быть изменен ряд параметров [5] существенно влияющих на характеристики и успешность применения в различных условиях: толщина шпона, диаметр волны гофрированного слоя, количество слоев, также может модифицироваться и сам шпон путем пропитки его в различных защитных составах для древесины.

### **Основная часть**

Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках проекта "Исследование характеристик перспективного строительного материала «Гофрошпон» и разработка альбома типовых узлов и конструкций на его основе", поддержанного в рамках Программы поддержки НИОКР студентов, аспирантов и лиц, имеющих ученую степень, обеспечивающих значительный вклад в инновационное развитие отраслей экономики и социальной сферы Республики Карелия, в 2024 году, финансируемой Правительством Республики Карелия (Договор №3-Г24 от 20.03.2024 между ФГБОУ ВО "Петрозаводский государственный университет" и Фондом венчурных инвестиций Республики Карелия).

Теплопроводность материала – характеристика материала, которая устанавливает какое количество тепла, передается за единицу времени на единицу площади при разнице температур наружных поверхностей в один градус. То есть, данная характеристика устанавливает эффективность [6] переноса тепла через материал. Теплопроводность необходима для расчета сопротивления теплопередаче строительных конструкций [7], расчета точки росы строительных конструкций и нахождения влагонакопления в многослойных конструкциях, определения тепловых потерь.

---

Сущность метода исследования теплопроводности заключается в создании теплового потока, проходящего сквозь материал. Фиксируется тепловой поток [8] и температура нагретой и охлаждаемой (атмосферой) поверхностей материала [9,10]. В общем виде коэффициент теплопроводности определяется по следующей формуле:

$$\lambda = \frac{Qd}{A\Delta T}$$

где:  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности;  $Q$  – количество передаваемой теплоты;  $d$  – толщина перегородки (материала);  $A$  – площадь поперечного сечения (площадь соприкосновения с тепловым потоком);  $\Delta T$  – разность температур поверхностей.

Установка для исследования теплопроводности представляет собой теплоизолированный короб, теплоизоляция выполнена плитами пенополистирола толщиной 40 мм, с теплопроводностью 0,041 Вт/(м·К) [6]. В коробе устанавливается нагревательный элемент с постоянной теплоотдачей – 60 Вт. Сверху в коробе выполнено отверстие для установки испытываемого образца. В коробе размещена система датчиков, имеющих точность  $\pm 0,5$  °С, которые определяют температуру внутри короба, на поверхности материала и на гранях короба. Датчики температуры на гранях короба позволяют учесть потери тепла через стенки короба, которые составили  $\pm 0,1$  %.

Общая схема установки для исследования теплопроводности материала «Гофрошпон» представлена на рис. 1.

На рис. 1 компоненты установки обозначены: 1 – исследуемый образец; 2 – датчики температуры, цифрой; 3 – теплоизолированный короб; 4 – модуль управления и обработки данных, обеспечивающий сбор, запись и передачу показаний датчиков температуры; 5 – нагревательный элемент.

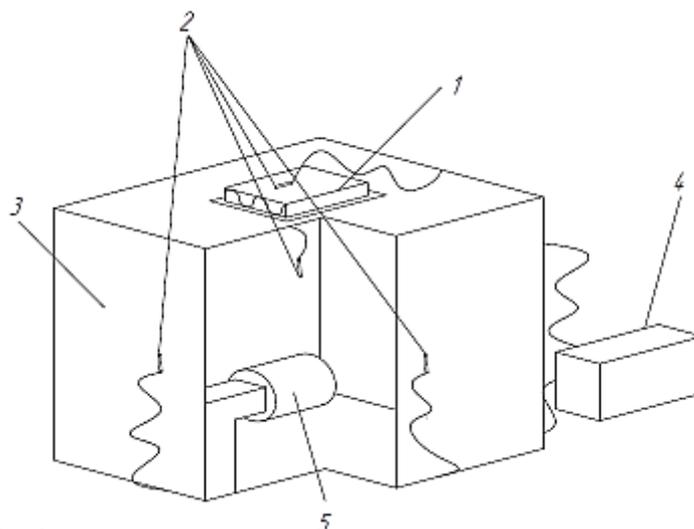


Рис.1. – Схема установки для исследования теплопроводности материала.

На рис. 2 представлена фактическая установка для исследования теплопроводности материала «Гофрошпон».



Рис.2. – Установка для исследования теплопроводности материала.

Исследование теплопроводности проводилось для всех изготовленных образцов. Для получения усредненных характеристик образцов показания датчиков снимались дважды – путем изменения расположения образцов их разворотом на *90 градусов*, с предварительным охлаждением до комнатной температуры – *22 °С*.

Для автоматизации сбора и подготовки данных производилось преобразование данных в цифровой код, а затем с помощью модуля Wi-Fi



Таблица №1

## Результаты исследования теплопроводности материала «Гофрошпон»

$T_k, K$	$T_m, K$	$T_{ном}, K$	$t, c$	$p_{т.п.}, Вт/м^2$	$\lambda, Вт/(м \cdot K)$	$\lambda_{ср} Вт/(м \cdot K)$
307,4	297,8	298	5	24,40	0,0712	0,072
307,1	297,8	298	10	23,75	0,0715	
306,8	297,8	298	15	22,66	0,0705	
308,2	298,1	298	20	26,39	0,0732	
307,8	298	298	25	25,42	0,0726	
307,4	297,8	298	30	24,40	0,0712	
307,1	297,8	298	35	23,75	0,0715	

Примечания.  $T_k$  – температура внутри короба;  $T_m$  – температура на холодной поверхности гофрошпона;  $T_{ном}$  – температура в помещении;  $t$  – время исследования;  $p_{т.п.}$  – плотность теплового потока;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности.

Исследованию подверглись шесть образцов гофрошпона с повторным измерением с поворотом образцов материала в установке на 90 градусов для возможности получения усредненных данных. Образцы гофрошпона представлены на Рис. 4.

На рис. 4 приведены изображения следующих образцов: **а** – А13; **б** – А12; **в** – 2А5; **г** – 1А5-1; **д** – 3А3; **е** – 3А2. Различия образцов гофрошпона состоят: в толщине шпона, в количестве гофрированных и плоских слоев, диаметре гофр, Численные характеристики конструктивных параметров испытуемых образцов гофрошпона представлены в таблице 2. Данные характеристики влияют также на прочностные характеристики гофрошпона.

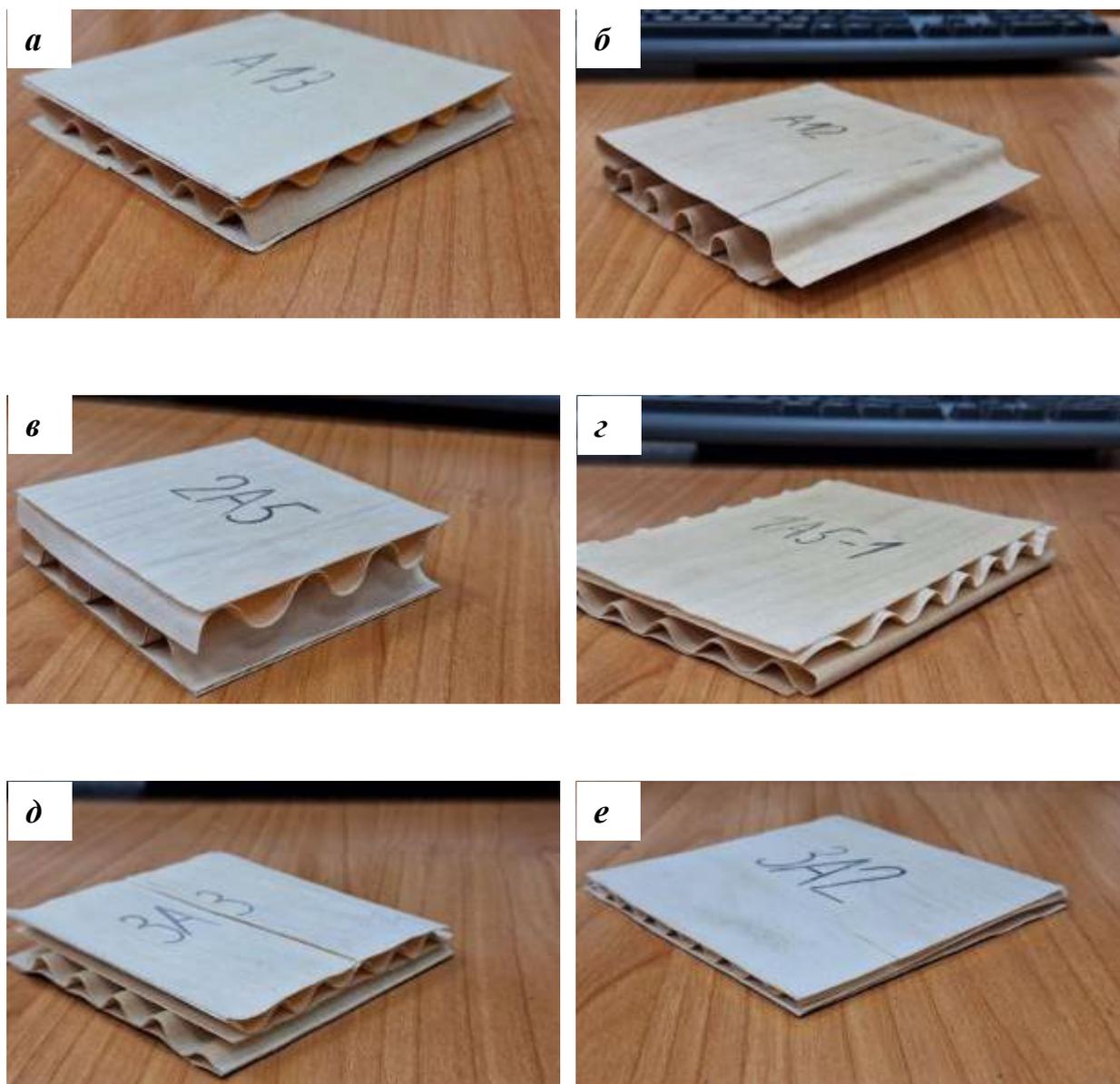


Рис.4. – Образцы вариантов исполнения гофрошпона

Таблица №2

Конструктивные параметры материала «Гофрошпон»

Параметр	Образцы материала «Гофрошпон»					
	2	3	4	5	6	7
Кодовое наименование образца	A13	A12	2A5	1A5-1	3A3	3A2
Толщина шпона, мм	0,6	0,9	1,1	1	0,6	0,6
Число слоев, шт	4	4	4	5	5	3

1	2	3	4	5	6	7
Число гофрированных слоев, <i>шт</i>	2	2	2	2	2	1
Число проставок между гофрированными слоями, <i>шт</i>	0	0	0	1	1	0
Количество волн гофрированного слоя, <i>шт</i>	5	7	5	7	5	5
Диаметр гофры, <i>мм</i>	8	10	12	8	8	4
Ширина клеевой полосы, <i>мм</i>	2	2	2	2	2	2
Длина образца, <i>мм</i>	100	175	100	140	100	100
Ширина образца, <i>мм</i>	100	175	100	140	100	100
Толщина образца, <i>мм</i>	14	27	25	15	15	6

Результаты исследования представлены в таблице 3.

Таблица №3

Результаты исследования теплопроводности материала «Гофрошпон»

Параметр	Образцы материала «Гофрошпон»					
Кодовое наименование образца	A13	A12	2A5	1A5-1	3A3	3A2
Коэффициент теплопроводности образца, <i>Вт/(м·К)</i>	0,072	0,076	0,079	0,078	0,08	0,085

Теплопроводность гофрошпона во многом определяется внутренним замкнутым объемом (пустотностью гофрированного слоя). Чем меньше диаметр гофр слоя – тем выше коэффициент теплопроводности. Это объясняется тем, что коэффициент теплопроводности воздуха значительно меньше коэффициента теплопроводности древесины. Соответственно, если воздуха в пространстве гофрированного слоя больше, то тем ниже будет

коэффициент теплопроводности и, как следствие, тем хуже тепловая энергия передается по элементам конструкции материала и тем меньше тепловой энергии пройдет через конструкцию гофрошпона.

Таким образом, появляются некоторые указания на формирование конструкционной структуры гофрошпона, т.к. увеличение количества слоев и диаметра гофр приводит к улучшению тепловых характеристик.

### Выводы

В ходе исследований исследованы характеристики теплопередачи через облицовочный строительный материал – гофрошпон. Для различных конструкций гофрошпона установлен диапазон значений коэффициента теплопроводности: 0,072-0,085  $Вт/(м·К)$ . Минимальный показатель зафиксирован у образца А13 – 0,072  $Вт/(м·К)$ , имеющего два гофрированных слоя, максимальный у 3А2 – 0,085  $Вт/(м·К)$ , имеющего один гофрированный слой. Установлено, что увеличение количества слоев шпона и диаметра гофр приводит к улучшению тепловых характеристик гофрошпона.

### Литература

1. Жуков А.А. Тенденции использования плитных материалов в деревянном домостроении // Международный научный журнал: "Вестник науки". - 2023. - №1 (80). - С. 276-282.
2. Song J. et al. Processing bulk natural wood into a high-performance structural material // Nature. – 2018. – V. 554. – №. 7691. – pp. 224-228.
3. Бегунков О. И., Бегункова Н. О. Композиционные плитные материалы с древесным наполнителем // Международный научно-исследовательский журнал, 2021. №8-1 (110). URL: [doi.org/10.23670/IRJ.2021.110.8.007](https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.110.8.007)
4. Gustavsson L. et al. The role of wood material for greenhouse gas mitigation // Mitigation and adaptation strategies for global change. – 2006. – V. 11. – pp. 1097-1127.

5. Rowell R. M. Chemical modification of wood: A short review //Wood material science and engineering. – 2006. – V. 1. – №. 1. – pp. 29-33.
6. Гайсин А. М., Самоходова С. Ю., Пайметькина А. Ю., Недосеко И. В. Сравнительная оценка удельных теплопотерь через элементы наружных стен жилых зданий, определяемых по различным методикам // Жилищное строительство, 2016. №5. URL: [cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-otsenka-udelnyh-teplopoter-cherez-elementy-naruzhnyh-sten-zhilyh-zdaniy-opredelyaemyh-po-razlichnym-metodikam](http://cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-otsenka-udelnyh-teplopoter-cherez-elementy-naruzhnyh-sten-zhilyh-zdaniy-opredelyaemyh-po-razlichnym-metodikam).
7. Шалагин И. Ю. Аспекты теплотехнического расчета легких ограждающих конструкций // Инженерный Вестник Дона, 2015. №2-2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2994](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2994).
8. Баринов Д.Я. Исследование теплопроводности составных многослойных образцов // Труды ВИАМ. 2023 №7 (125). URL: [viam-works.ru](http://viam-works.ru). DOI: 10.18577/2307 – 6046-2023-0-7-104-113.
9. Рындюк С. В. Исследование процесса теплопроводности многослойных конструкций // Приволжский научный вестник. 2013. №10 (26). URL: [cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-protssessa-teploprovodnosti-mnogosloynnyh-konstruktsiy](http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-protssessa-teploprovodnosti-mnogosloynnyh-konstruktsiy).
10. Садыков Р. А., Манешев И. О. Исследование коэффициентов теплопроводности тонкослойных теплоизоляторов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. №1 (35). URL: [cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-koeffitsientov-teploprovodnosti-tonkosloynnyh-teploizolyatorov](http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-koeffitsientov-teploprovodnosti-tonkosloynnyh-teploizolyatorov).

### References

1. Zhukov A.A. Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal: "Vestnik nauki". 2023. №1 (80). pp. 276-282.



2. Song J. et al. Processing bulk natural wood into a high-performance structural material Nature. 2018. V. 554. №. 7691. pp. 224-228.
3. Begunkov O. I., Begunkova N. O. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal, 2021. №8-1 (110). URL: doi.org/10.23670/IRJ.2021.110.8.007
4. Gustavsson L. et al. Mitigation and adaptation strategies for global change. 2006. V. 11. pp. 1097-1127.
5. Rowell R. M. Wood material science and engineering. 2006. V. 1. №. 1. pp. 29-33.
6. Gajsin A. M., Samohodova S. Ju., Pajmet'kina A. Ju., Nedoseko I. V. Zhilishhnoe stroitel'stvo, 2016. №5. URL: cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-otsenka-udelnyh-teploter-cherez-elementy-naruzhnyh-sten-zhilyh-zdaniy-opredelyaemyh-po-razlichnym-metodikam.
7. Shalagin I. Ju. Inzhenernyj Vestnik Dona, 2015. №2-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2994.
8. Barinov D.Ja. Trudy VIAM. 2023 №7 (125). URL: www.viam-works.ru. DOI: 10.18577/2307 – 6046-2023-0-7-104-113.
9. Ryndjuk S. V. Privolzhskij nauchnyj vestnik. 2013. №10 (26). URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-protssessa-teploprovodnosti-mnogosloynyh-konstruktsiy.
10. Sadykov R. A., Maneshev I. O. Izvestija Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2016. №1 (35). URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-koeffitsientov-teploprovodnosti-tonkosloynyh-teploizolyatorov.

**Дата поступления: 18.11.2024**

**Дата публикации: 2.01.2025**