

УДК 691.1

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПЛИТЫ НА СТРУКТУРООБРАЗУЮЩЕМ МАТЕРИАЛЕ ИЗ ВОЛОКОН КОРЫ ЭВКАЛИПТА

А.А. Бакатович, Р.Л. Обромпальский

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь
e-mail: a.bakatovich@psu.by, r.abrampalski@psu.by

Представлены результаты изучения влияния расхода вяжущего компонента, а также фракции и расхода волокон коры эвкалипта, на коэффициент теплопроводности и плотность теплоизоляционных плит. В исследованиях использованы волокна коры эвкалипта до и после карбонизации в качестве структурообразующего материала для тепловой изоляции.

Ключевые слова: коэффициент теплопроводности, плотность, волокно коры эвкалипта, жидкое стекло, карбонизация.

THERMAL INSULATION PLATES ON STRUCTURING MATERIAL FROM EUCALYPTUS BARK FIBERS

A. Bakatovich, R. Obrompalsky

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus
e-mail: a.bakatovich@psu.by, r.abrampalski@psu.by

The results of studying the influence of the consumption of the binder component, as well as the fraction and consumption of eucalyptus bark fibers, on the thermal conductivity coefficient and the density of thermal insulation boards are presented. The studies used eucalyptus bark fibers before and after carbonization as a structure-forming material for thermal insulation.

Keywords: thermal conductivity coefficient, density, eucalyptus bark fiber, liquid glass, carbonization.

Введение. В настоящее время повышенное внимание уделяется зелёному строительству зданий, и важным аспектом становится экологическая безопасность используемых утеплителей. Повышенный интерес вызывает разработка теплоизоляционных материалов на основе растительного сырья, в том числе с использованием коры различных пород древесины в качестве структурообразующего материала. Ряд исследований направлены на получение тепловой изоляции на основе измельченной коры сосны. Широкий ареал распространения разновидностей сосны обуславливает доступность и многотонажность данного отхода лесопереработки.

Возможность получения изоляционных плит на основе коры сосны исследовалась в работе [1]. Для изготовления теплоизоляционных плит использовали фракцию сосновой коры с размерами частиц 8–30 мм. В качестве вяжущего компонента применяли мочевиноформальдегидную смолу, вводимую в количестве 8–12%. Коэффициент теплопроводности плит варьировался в пределах 0,059–0,089 Вт/(м·°С), при плотности от 200 до 550 кг/м³.

В исследованиях [2] сосновую кору предварительно смешивали с тонкомолотыми частицами базальта и использовали в качестве засыпной теплоизоляции. Коэффициент теплопроводности для модифицированной коры различных фракций изменялся в диапазоне от 0,047 до 0,058 Вт/(м·°С). Присутствие частиц базальта улучшало акустические свойства и снижало горючесть коры.

Научная лаборатория «Green construction» Полоцкого государственного университета, проводила испытания плитного теплоизоляционного материала на основе измельчённой коры сосны с использованием двух видов вяжущего: модифицированное натриевое жидкое стекло и канифоль из смолы сосны. При использовании жидкого стекла получали жесткие плиты с коэффициентом теплопроводности 0,057–0,068 Вт/(м·°С) при плотности 420–470 кг/м³. Применение порошка канифоли позволило формовать жесткие плиты со средней плотностью 277–330 кг/м³ при коэффициенте теплопроводности 0,051–0,059 Вт/(м·°С) [3].

Изучение влияния вида заполнителя на коэффициент теплопроводности спрессованных плит на основе коры хвойных и лиственных пород древесины рассматривалось в работе [4]. Результаты опытов показали, что кора, полученная из лиственных пород, обладала пониженными показателями теплопроводности в сравнении с хвойными. Самый низкий коэффициент теплопроводности, равный 0,061 Вт/(м·°С), зафиксирован на коре белой акации.

В лаборатории университета Уцуномия (Япония), исследовалась возможность получения теплоизоляционного материала из обработанной коры суги (криптомерии японской). Кора высушивалась, после чего механически измельчалась до волокнообразного состояния. Коэффициент теплопроводности экспериментальных плит составил 0,073–0,076 Вт/(м·°С) при плотности 163,2–193,5 кг/м³ [5].

На основе агломерата коры пробкового дуба выпускаются изоляционные панели и плиты. Изоляционные плиты из агломерата имеют следующие технологические характеристики: средняя плотность – 150 кг/м³, коэффициент теплопроводности равен 0,038 Вт/(м·°С). Основным недостатком данного материала является высокая рыночная стоимость [6].

В работах [7–8] рассматривается перспективность использования волокон коры эвкалипта в качестве структурообразующего материала для тепловой изоляции без вяжущего компонента. Полученные значения коэффициента теплопроводности из волокон коры в пределах 0,049–0,062 Вт/(м·°С), при плотности 50–220 кг/м³, указывают на перспективность дальнейших исследований.

Материалы и методы испытаний. В качестве исходного сырья для теплоизоляционного материала применяли кору эвкалипта, собранную на прилегающих территориях города Лейрия (Португалия) и городами Сочи, Адлер (Россия).

Для получения волокон кору механически перерабатывали с помощью измельчителя «Эликор 1». Размер частиц на выходе контролировали установленным в измельчителе ситом с диаметром ячеек 5 мм. После измельчения волокнистая масса подвергалась фракционированию через сита с ячейками диаметром 0,16–5 мм.

В качестве связующего при формовании экспериментальных теплоизоляционных плит использовали натриевое жидкое стекло, производства ОАО «Домановский промышленно-торговый комбинат». Натриевое жидкое стекло выпускается по требованиям ГОСТ 13078. Для обеспечения водостойкости жидкое стекло модифицировали известью и гипсом в количестве 5% от массы твердого вещества вяжущего.

Основные физические показатели теплоизоляционных плит – плотность и влажность измеряли в соответствии с ГОСТ 17177.

Коэффициент теплопроводности экспериментальных составов определяли по стандарту EN 12667 на образцах размером 250×250×30 мм. В каждой серии испытывали 5 образцов.

Для получения образцов-плит волокна коры перемешивали с жидким стеклом. Предварительно все компоненты взвешивали. Сначала производили увлажнение волокон при помощи пульверизатора и перемешивали. В увлажненную смесь с помощью пульверизатора вводили жидкое стекло, предварительно разведенное водой до концентрации 25% раствора. После равномерного распределения жидкого стекла и перемешивания до однородной массы, про-

изводили формовку плиты. Далее форму накрывали крышкой и устанавливали под пресс. Крышку опускали до требуемой высоты плиты и фиксировали в нагруженном состоянии при давлении 0,01 МПа на 6 часов. Затем высушивали в течение 10 часов в сушильном шкафу при температуре 45–50 °С до постоянной массы. Плотность и коэффициент теплопроводности плит определяли после остывания до температуры 20±2 °С.

Для изготовления экспериментальных плит на основе карбонизированных волокон коры эвкалипта сырьевую смесь предварительно карбонизировали в сушильном шкафу SNOL 60/300 LFN при температуре 300 °С.

Результаты лабораторных исследований. Исследование влияния вяжущего компонента на коэффициент теплопроводности плит из волокон коры эвкалипта проводили на средней, мелкой и ультрамелкой фракциях. Расход жидкого стекла и объем волокон коры в насыпном состоянии значительно влияют на формирование структуры и плотность образцов. Предварительные исследования по выбору оптимального расхода структурообразующего материала показали, что для формирования плотной структуры плит с минимальным количеством пустот требуемая средняя плотность волокна без вяжущего компонента составляет: для средней и мелкой фракции волокон – 250 кг/м³; для ультрамелкой фракции волокон – 150 кг/м³. Уменьшение средней плотности структурообразующего материала приводит к недостаточной жесткости отформованных плит.

Перед введением жидкого стекла волокна коры предварительно смачивали водой с помощью распылителя. Предварительное смачивание водой значительно замедляет поглощение воды из жидкого стекла пористой поверхностью волокон коры. Установлено, что количество воды, необходимое для смачивания поверхности, зависит от размера волокон структурообразующего материала. Для экспериментальных плит из средней фракции волокон при предварительном смачивании расход воды снижается на 60 г, что объясняется меньшей общей суммарной геометрической площадью поверхности средних волокон по сравнению с волокнами мелкой и ультра мелкой фракции.

Для формовки плит принимали расход средней и мелкой фракции волокон коры – 480 г, для ультрамелкой фракции – 240 г. Количество жидкого стекла по сухому веществу на образец принято 40–80 г. Расход воды составлял 510–570 г на плиту.

Результаты исследований образцов-плит из смеси волокон и жидкого стекла представлены в таблице 1. Наименьший коэффициент теплопроводности равный 0,054 Вт/(м·°С) показали плиты на ультрамелкой фракции волокон коры, с расходом жидкого стекла 40 г (состав 7). Анализируя влияние жидкого стекла на коэффициент теплопроводности теплоизоляционных плит установлено, что повышение расхода вяжущего от 40 г до 80 г влечет за собой рост показателя на 14%.

Максимальные значения коэффициента теплопроводности получены на структурообразующем материале из мелкой фракции волокон коры. В сравнении с составами 7–9 коэффициент теплопроводности плит на мелкой фракции (составы 4–6) возрастает в среднем на 10%.

В процессе подбора оптимальных составов учитывался не только коэффициент теплопроводности, но и состояние плит после сушки. После введения жидкого стекла в количестве 40 г на поверхности плит наблюдалось шелушение волокон или фиксировалась слабосвязанная структура, не обеспечивающая жесткость и геометрию тепловой изоляции. Жесткие плиты без шелушения поверхности получены при расходе жидкого стекла в пределах 60–80 г на образец-плиту. С учетом обеспечения жесткости плит минимальный показатель коэффициента теплопроводности 0,059 Вт/(м·°С) на средней фракции и 0,058 Вт/(м·°С) на ультрамелкой фракции обеспечивают плиты составов 2 и 8 (рисунок 1). Полученные значения коэффициентов теплопроводности ниже наименьших показателей плит на мелкой фракции (состав 5) на 8–10%.

Таблица 1. – Составы и свойства плит из волокон коры эвкалипта на жидком стекле

№ состава	Масса образца, г	Фракция волокон коры, мм	Расход на образец-плиту			Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Состояние плиты
			волокна коры, г	жидкое стекло, г	вода, г			
1	520	1,25-2,5 (средняя)	480	40	510	277,3	0,057	1*
2	540		480	60	510	288,0	0,059	2*
3	560		480	80	510	298,7	0,063	2
4	520	0,63-1,25 (мелкая)	480	40	570	277,3	0,06	1
5	540		480	60	570	288,0	0,064	2
6	560		480	80	570	298,7	0,068	2
7	280	0,16-0,63 (ультра- мелкая)	240	40	570	149,3	0,054	1
8	300		240	60	570	160,0	0,058	2
9	320		240	80	570	170,7	0,062	2

1* – слабосвязанная структура;

2* – жесткая структура.

Относительно низкие коэффициенты теплопроводности плитной теплоизоляции указывают на необходимость поиска технологических решений, обеспечивающих снижение данных показателей. Одним из возможных вариантов осуществления поставленной задачи может являться карбонизация волокон коры эвкалипта.

Экспериментально установлено, что жесткие плиты на карбонизированных волокнах при средней плотности 269–280 кг/м³ обеспечивают коэффициент теплопроводности на уровне 0,05–0,054 Вт/(м·°С). В ходе экспериментов получены жесткие плиты (рисунок 2) со следующими расходами компонентов на образец: карбонизированная кора – 445 г; жидкое стекло по сухому веществу – 60–80 г; вода – 925 г.



Рисунок 1. – Плита на основе волокон коры эвкалипта (средняя фракция) и жидкого стекла (состав 2)



Рисунок 2. – Плита из карбонизированных волокон коры эвкалипта ультрамелкой фракции

Для получения жестких плит на основе волокон коры требуется большое количество материала, что соответственно влияет на повышение расхода жидкого стекла, плотности и коэффициента теплопроводности. Несмотря на то, что образцы имеют достаточно низкий коэффициент теплопроводности 0,05–0,054 Вт/(м·°С), плиты на карбонизированном волокне также дополнительно должны обеспечивать ряд положительных свойств. Предположительно во вла-

гонасыщенном состоянии показатели сорбции плит не должны достигать высоких значений, а карбонизированные волокна подвергаться гниению. Присутствие жидкого стекла позволит существенно снизить горючесть плит. Таким образом, можно предположить высокую долговечность плит на карбонизированных волокнах в условиях эксплуатации.

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Эвкалипт относится к породам древесины имеющей широкий ареал распространения и произрастания. Ценность коры эвкалипта, как сырья, заключается в том, что материал может поступать из двух независимых источников, включая деревопереработку и естественный ежегодный сброс коры деревьями. Кроме того, кора эвкалипта является экологически безопасным структурообразующим материалом для тепловой изоляции и обладает бактерицидным и фунгицидным действием, что особенно важно для обеспечения долговечной работы утеплителей на растительной основе.

2. Использование жидкого стекла в качестве вяжущего компонента дает возможность формовать жесткие плиты на ультра мелкой и средней фракции волокон коры эвкалипта с коэффициентом теплопроводности 0,058 и 0,059 Вт/(м·°С) при плотности 160 и 288 кг/м³ соответственно.

3. На смеси из карбонизированных волокон и жидкого стекла получены плиты плотность 269–280 кг/м³ с коэффициентом теплопроводности 0,05–0,054 Вт/(м·°С).

ЛИТЕРАТУРА

1. Kain, G. Substantial bark use as insulation material / G. Kain, M. C. Barbu, A. Teischinger, M. Musso, A. Petutschnigg // *Forest Products Journal*. – 2012. – Т. 62, № 6. – P. 480–487.
2. Данилов, В. Е. Использование модифицированной древесной коры сосны обыкновенной в качестве засыпной теплозвукоизоляции / В. Е. Данилов, А. М. Айзенштадт // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. – 2019. – № 2 (368). – С. 111–118.
3. Бакатович, А. А. Фракционный состав измельченной сосновой коры и вид вяжущего компонента как основные факторы, влияющие на коэффициент теплопроводности теплоизоляционных плит / А. А. Бакатович, Н. В. Бакатович, А. Н. Пенкрат // *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки*. – 2022. – № 8. – С. 38-45.
4. Pasztory, Z. Investigation of thermal insulation capacity of tree bark / Z. Pásztor, I. R. Mohácsiné // *Forestry engineering journal*. – 2017. – Vol. 7, № 1. – P. 157–161.
5. Sato Y. Development of insulation material using natural tree bark / Y. Sato, T. Konishi, A. Takahashi // *Transactions of the Materials Research Society of Japan*. – 2004. – Vol. 29, № 5. – P. 1937–1940.
6. Барболина, Н. Н. Многофункциональная пробковая теплоизоляция / Н. Н. Барболина, Е. А. Кокшарова, Т. В. Туева // *Череповецкие научные чтения – 2012 : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Череповец, 01–02 ноября 2012 года / Череповецкий государственный университет ; ред. Н.П. Павлова. – Череповец, 2013. – С. 19-21.*
7. Обромпальский, Р. Л. Теплоизоляционные композиты на основе волокон коры эвкалипта / Р. Л. Обромпальский, А. А. Бакатович // *Архитектурно-строительный комплекс : проблемы, перспективы, инновации : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – С. 405–410.*
8. Бакатович, А. А. Оценка эффективности применения волокон коры эвкалипта как структурообразующего материала для теплоизоляции по показателю сорбционной влажности / А. А. Бакатович, Р. Л. Обромпальский // *Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации [Электронный ресурс] : электронный сборник статей IV международной научной конференции, Новополоцк, 20–21 апр. 2022 г. / Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2022. – С. 78–83.*