УДК 691.1

ВОЛОКНИСТАЯ ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ИЗ ПЕРЕРАБОТАННОЙ КОРЫ ЭВКАЛИПТА

Р.Л. Обромпальский[1], А.А. Бакатович[1], Ф. Гаспар[2]
[1] Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
г. Новополоцк, Республика Беларусь
[2] Политехнический институт Лейрии, г. Лейрия, Португалия
e-mail: r.abrampalski@psu.by, a.bakatovich@psu.by, florindo.gaspar@ipleiria.pt

Рассмотрены варианты получения теплоизоляционных плит из переработанной коры в качестве структурообразующего материала (механически измельченная кора и модифицированное жидкое стекло, варка коры в растворе золы без вяжущего, карбонизированные волокна коры и модифицированное жидкое стекло). Средняя плотность полученных изоляционных плит составляет 150–300 кг/м^3, при коэффициенте теплопроводности 0,05–0,069 Вт/(м·°С).

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

FIBROUS THERMAL INSULATION FROM RECYCLED EUCALYPTUS BARK

R. Obrompalsky[1], A. Bakatovich[1], F. Gaspar[2]
[1] Polotsk State University named after Euphrosyne of Polotsk, Novopolotsk, Republic of Belarus
[2] Polytechnic Institute of Leiria, Leiria, Portugal
e-mail: r.abrampalski@psu.by, a.bakatovich@psu.by, florindo.gaspar@ipleiria.pt

Three options for obtaining thermal insulation boards from processed bark as a structure-forming material are considered (mechanically crushed bark and modified liquid glass, bark boiling in an ash solution without a binder, carbonized bark fibers and modified liquid glass). The average density of the obtained insulation boards is 150–300 kg/m^3, with a thermal conductivity coefficient of 0,05–0,062 W / (m ° C).

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

Введение. Современные мировые тенденции в строительной отрасли связаны с повышенным интересом к ресурсосберегающим технологиям и экологически чистым материалам. Одним из способов снижения потребления энергетических ресурсов, является использование энергоэффективных технологий, включая утепление зданий. Также все более популярным становится использование экологически чистых материалов, полученных из переработанных растительных отходов. Эти материалы не только не наносят вред окружающей среде при производстве и использовании, но и имеют высокую эстетическую ценность. Примером такого технологического решения может выступать кора эвкалипта, являющаяся многотоннажным отходом, получаемым при производстве целлюлозы для бумаги [1-4]. Кроме того, ежегодно происходит естественный сброс коры эвкалипта [5], что дополняет объем сырья доступного для переработки и использования, как структурообразующего материала при производстве тепловой изоляции.

Возможность применения коры эвкалипта в качестве структурообразующего материала для тепловой изоляции исследовалась учеными из университета Консепсьон (Чили). В виде

вяжущего компонента использовали фенолформальдегидные смолы [6]. Коэффициент теплопроводности изоляционного материала изменяется в диапазоне от 0,052 до 0,07 Вт/(м·°С), при плотности плит от 80 до 250 кг/м^3.

В университете Ла Фронтера, исследовалась волокнистая теплоизоляция, полученная после обработки коры эвкалипта гидроксидом натрия [7]. Коэффициент теплопроводности изоляции составил 0,039–0,041 Вт/(м·°С), при плотности 93–101 кг/м^3.

Международной командой учёных в рамках франко-чилийской программы сотрудничества EcosSud исследовались эксплуатационные характеристики теплоизоляционных панелей, изготовленных методом горячего прессования и методом впрыска насыщенного пара, композиций из волокон коры эвкалипта и фенольной смолы [8]. Использование вышеперечисленных технологий производства позволяет получать панели с коэффициентом теплопроводности от 0,064 до 0,07 Вт/(м·°С), при плотности от 80 до 300 кг/м^3. Следует отметить, что использование фенолформальдегидной смолы как связующего имеет отрицательное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. В приведенных ниже исследованиях сотрудники международной лаборатории «Green construction» изучали способы получения эффективной экологически безопасной тепловой изоляции на основе переработанной коры эвкалипта.

Экспериментальная часть. В качестве структурообразующего материала для тепловой изоляции использовали кору эвкалиптовых деревьев, собранную на прилегающих территориях г. Лейрия (Португалия) и г. Сочи (Российской Федерация).

По итогам исследований предложено три варианта получения плитной изоляции:

1. без вяжущего компонента, используя метод варки коры в щелоке (древесной золе);

2. с использованием жидкого стекла в качестве вяжущего компонента и механически измельчённой коры эвкалипта различных фракций;

3. применение карбонизированных волокон коры эвкалипта в качестве структурообразующего материала.

Первый вариант. Получение теплоизоляционных плит без вяжущего компонента используя метод варки коры в щелоке. Предварительно проводили дозировку компонентов. Необходимое количество древесной золы смешивали с водой в металлической емкости и доводили до температуры кипения. Далее в раствор добавляли требуемое количество коры и продолжали кипячение в течении трёх часов, до размягчения коры. Затем раствор сливали, а кору промывали и охлаждали до комнатной температуры. После этого отрабатывали три способа дальнейшей формовки сырьевой массы:

1. Получившиеся пластинки коры послойно укладывали в форму в горизонтальном направлении, формируя листы с минимальными зазорами, при этом направление каждого последующего слоя перпендикулярно предыдущему;

2. Пластинки коры разделяли на узкие полосы шириной 3–4 мм после чего получившуюся смесь укладывали в форму равномерно распределяя;

3. Кору разбивали на отдельные волокна при помощи строительного миксера до получения однородной массы. Получившуюся смесь равномерно распределяли по форме.

Уложенную в форму смесь закрывали крышкой и подпресовывали. Образцы выдерживали в форме 24 часа при температуре 20±2 °С, а затем высушивали до постоянной массы в течение 48 часов под пригрузом в сушильном шкафу при температуре 45–50 °С. затем определяли среднюю плотность и коэффициент теплопроводности плит. В результате жесткие и связные плиты получены при использовании третьего варианта формовки, коэффициент теплопроводности полученных плит изменяется в пределах 0,057–0,062 Вт/(м·°С) при средней плотности 200–220 кг/м^3.

Второй вариант. Формование теплоизоляционных плит с использованием жидкого стекла в качестве вяжущего компонента и механически измельчённой коры эвкалипта раз-

личных фракций. Предварительно производили дозировку компонентов. Сырьевую смесь увлажняли, при помощи пульверизатора равномерно укладывали в форму и подпрессовывали. Образцы выдерживали в форме 4 часа при температуре 20 ± 2 °С, а затем высушивали в течение 10 часов в сушильном шкафу при температуре 45–50 °С. После определяли среднюю плотность и коэффициент теплопроводности плит.

Перед введением жидкого стекла волокна коры предварительно увлажняли с помощью распылителя. Предварительное увлажнение значительно замедляет поглощение воды из жидкого стекла пористой поверхностью волокон коры. По причине высокого водопоглащения сухих волокон коры жидкое стекло не может равномерно распределиться по всему объёму структурообразующего материала. Вода в растворе жидкого стекла быстро впитывается в структуру волокон коры. Твердая фаза жидкого стекла остается на поверхности волокон и быстро переходит из вязкого состояния в рыхлое, с последующим образованием твердой структуры, теряя свои адгезивные свойства и способность равномерно покрывать поверхность всех волокон коры. Установлено, что количество воды, необходимое для смачивания поверхности, зависит от размера волокон структурообразующего материала.

Рассмотренная технология обеспечивает получение жестких плиты с коэффициентом теплопроводности в пределах 0,057–0,069 Вт/(м·°С) при средней плотности 150–300 кг/м^3.

Третий вариант. Для изготовления экспериментальных теплоизоляционных плит, измельчённые волокна коры эвкалипта предварительно подвергались процессу карбонизации в сушильном шкафу SNOL 60/300 LFN при температуре 300 °С. Волокна коры эвкалипта, засыпали в металлический цилиндр без уплотнения и негерметично накрывали крышкой, для ограничения поступления воздуха в емкость.

Закрытый цилиндр помещали в сушильный шкаф. Дверь шкафа плотно закрывали и включали нагрев. За 30 минут температура достигала 300 °С, после чего постепенно появляться дым от карбонизирующийся коры из вентиляционного отверстия камеры. По интенсивности выделения дыма определяли стадию протекания процесса. Далее с интервалом в 30 минут фиксировали наличие дыма. После прекращения выделения дыма выдерживали контрольный интервал в 30 минут, если дым отсутствовал, то процесс карбонизации считали законченным. Среднее время протекания карбонизации составляет от 3 до 6 часов в зависимости от объема карбонизируемого материала. После отключения электропитания дверцу шкафа не открывали, материал остывал до комнатной температуры в течении 5–10 часов.

На следующем этапе изготавливали теплоизоляционные плиты с применением жидкого стекла. Сначала производили увлажнение волокон при помощи пульверизатора с перемешиванием вручную. Затем в увлажненную смесь вводили жидкое стекло, предварительно разведенное водой до концентрации 25% раствора с помощью пульверизатора. После равномерного распределения жидкого стекла и перемешивания до однородной массы, производили формовку плиты. Далее в форму помещали крышку и устанавливали под пресс. Крышку опускали до требуемой высоты плиты и фиксировали в нагруженном состоянии при низком давлении 0,008 – 0,009 МПа на 4 часа.

По истечению времени выдержки с плиты снимали нагрузку и производили распалубку. Извлечённую плиту помещали на решётку и оставляли сохнуть до постоянной массы в сушильном шкафу. После полного высыхания плита остывала 1,5 часа, а затем определяли коэффициент теплопроводности.

Экспериментально установлено, что жесткие плиты на карбонизированных волокнах при средней плотности 269 – 280 кг/м^3 обеспечивают коэффициент теплопроводности на уровне 0,05 – 0,054 Вт/(м·°С). Для получения жестких плит на основе карбонизированных волокон коры требуется большое количество материала, что соответственно влияет на повышение расхода жидкого стекла, плотности и коэффициента теплопроводности.

Заключение.

1. Получение волокнистого сырья способом варки в древесной золе с дальнейшей формовкой под давлением без связующего, дает возможность получать плиты с относительно низким коэффициентом теплопроводности равным 0,059 Вт/(м·°С) при плотности 200–220 кг/м^3.

2. Использование жидкого стекла в качестве вяжущего вещества обеспечивает формовку жестких плит на основе волокон коры эвкалипта плотностью 150–300 кг/м^3 с коэффициентом теплопроводности 0,057 – 0,069 Вт/(м·°С) соответственно.

3. Наилучшие результаты достигаются на теплоизоляционных плитах из карбонизированных волокон. При плотности 269 – 280 кг/м^3 плиты из смеси карбонизированных волокон и жидкого стекла имеют коэффициент теплопроводности на уровне 0,05 – 0,054 Вт/(м·°С).

ЛИТЕРАТУРА

1. Чебанова, О.Т. Исследование устойчивости к старению целлюлозы из древесины эвкалипта / О.Т. Чебанова, Е. С. Быстрова, Е.М. Лоцманова, Е.Г. Смирнова, // Материалы II Международной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов ЦБП «Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения» (Санкт-Петербург, 23 ноября 2020 года) / Отв. ред. ОВ Фёдорова; ред. АГ Кузнецов.–СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020.–Т. I.–117 с. – 2020. – С. 114.
2. Romaní, A. Valorization of Eucalyptus nitens bark by organosolv pretreatment for the production of advanced biofuels / A. Romaní, A. Larramendi, R. Yáñez, Á. Cancela, Á. Sánchez, J. A. Teixeira, L. Domingues // Industrial Crops and Products. – 2019. – Vol. 132. – P. 327–335
3. González-García, M. Above-ground biomass estimation at tree and stand level for short rotation plantations of Eucalyptus nitens (Deane & Maiden) Maiden in Northwest Spain / M. González-García, A. Hevia, J. Majada, M. Barrio-Anta // Biomass and Bioenergy. – 2013. – Vol. 54. – P. 147–157.
4. Neiva, D. M. Potential of Eucalyptus globulus industrial bark as a biorefinery feedstock: Chemical and fuel characterization / D. M. Neiva, S. Araújo, J. Gominho, A. de CássiaCarneiro, H. Pereira // Industrial Crops and Products. – 2018. – Vol. 123. – P. 262–270.
5. Thompson, D. Recent results of growing Eucalyptus in Ireland / D. Thompson, K. Hutchinson, B. Berkery // Irish Forestry. – 2019. – Vol. 69. – P. 167–183.
6 Fuentealba, C. A new biobased composite material using bark fibres eucalyptus. / C. Fuentealba, J. Salazar, J. Vega-Lara, J. Norambuena-Contrreras // The 13th Pacificn Bim Bio-Based Composites Symposium "Bio-based composites for a sustainable future", Concepcion, Chile, 13–15 November, 2016 // University of Concepcion. – Concepcion, 2016, p. 46 – 50.
7. Herrera, C.R. Physical, chemical and mechanical characterization of a prototype insulating material based on eucalyptus bark fiber / C.R. Herrera, M.C. Lemus, F.E.R. Diaz, J.P.C. Ramirez // Ieee Latin America Transactions. – 2018. – Т. 16. – №. 9. – С. 2441-2446. doi:10.1109/tla.2018.8789566.
8. Fuentealba, C. Efficient Bio-Based Insulation Panels Produced from Eucalyptus Bark Waste / Fuentealba C, Segovia C, Pradena-Miquel M, César AG. // Forests. – 2024. – Т. 15. – №. 9. – С. 1628. doi.org/10.3390/f15091628.