

УДК 691.1

## ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНОЙ КОРЫ

**Р.Л. ОБРОМПАЛЬСКИЙ**  
(Представлено: А.А. Бакатович)

*Рассмотрены теплоизоляционные материалы на основе коры различных пород древесины. Приведены показатели плотности и коэффициента теплопроводности тепловой изоляции. Указаны недостатки утеплителей из переработанной коры.*

Древесная кора, как отход лесопроизводства, фанерного и деревоперерабатывающего производства находит применение в выпуске промышленной продукции в малых объемах, а в большинстве случаев остается невостребованной и утилизируется в отвалах или сжигается для производства энергии. Количество древесных отходов в среднем составляет 30 – 55 % от используемого сырья, в зависимости от типа производства, что создает значительные объемы вторичного сырья, готового для применения [1]. В следствии этого поиск альтернативных способов применения коры, является перспективным направлением.

Кора древесины обладает рядом положительных и отрицательных свойств в сравнении с древесиной. Пониженное содержание волокон в древесной коре, обуславливает меньшие прочностные характеристики относительно древесины. Однако повышенное содержание смол и воска, позволяет получать плитные материала, методом горячего прессования, без использования связующего вещества [2]. Данные свойства, а также природное происхождение, являются рациональным обоснованием для производства экологически чистых теплоизоляционных материалов с применением коры в качестве структурообразующего материала.

Возможность получения изоляционных плит на основе коры сосны исследовалась в работе [3]. Кора предварительно измельчалась и фракционировалась, для изготовления плит использовали две фракции с размерами частиц 13 – 30 и 8 – 13 мм. В качестве вяжущего компонента использовался мочевиноформальдегид, вводимый в кору в количестве 8 – 12 %. Плиты производятся с использованием прессы горячего формования. Коэффициент теплопроводности полученных плит варьировался в пределах 0,059 – 0,089 Вт/(м·°С), при плотности от 200 до 550 кг/м<sup>3</sup>.

В Северном (Арктическом) федеральном университете им. М. В. Ломоносова предметом исследований стала кора сосны обыкновенной – отход окорки деловой древесины. Кору сосны сушили при температуре 104 – 105 °С в течение 5 – 6 часов. Полностью высушенную кору измельчали в микромельнице. Для получения водных экстрактов ранее подготовленный древесный материал подвергался паровой обработке в экстракторе Saeco. Кору активировали при температуре 95 °С, давлении 1 МПа и времени обработки 25 секунд. Концентрированный экстракт и измельченную сырую кору смешивали в гомогенизаторе в следующих пропорциях: 100 мл раствора и 25 г коры. Образцы выдерживались в формах в естественных условиях при температуре 23 °С в течение 24 часов до достижения прочности для распалубки. Прочность высушенных плит составила 0,3 – 1,5 МПа, коэффициент теплопроводности материала после семидневного набора прочности для всех опытных образцов составил 0,124 – 0,204 Вт/(м·°С). Водопоглощение и разбухание по толщине для плит составили 73 % и 6 % соответственно [4].

В исследованиях Данилова В. и Айзенштадта А. изучалась возможность использования сосновой коры, предварительно смешанной с базальтом, в качестве засыпной теплоизоляции. Кору предварительно высушивали до постоянной массы, после чего измельчали в планетарной шаровой мельнице Retsch РМ 100. Для дальнейших опытов полученная измельченная масса фракционировалась через набор сит с диаметром ячеек от 0,5 до 20 мм получая соответствующие фракции. Базальт предварительно измельчался до среднего размера частиц 150 нм для изготовления модифицирующей минеральной суспензии. На следующем этапе проводили смешивание коры в сухом виде, с последующим добавлением воды. После насыщения пор коры базальтовой суспензией, кору высушивали до постоянной массы при температуре 105 °С. Высокотемпературная сушка приводила к значительному уменьшению объема поровой структуры коры, облегчая фиксацию базальтовых наночастиц на поверхности пор и материала. Коэффициент теплопроводности фракций коры сосны в насыпном состоянии определяли на приборе МИТ – 1 зондовым методом. Коэффициент теплопроводности для различных фракций изменялся в диапазоне от 0,047 до 0,058 Вт/(м·°С). Наименьший значение теплопроводности получено для фракции 10 – 20 мм, при насыпной плотности 223,4 кг/м<sup>3</sup>. Наибольшее значение коэффициента теплопроводности показала фракция 0,25 – 0,50 мм на насыпной плотности 192,6 кг/м<sup>3</sup> [5].

В международной лаборатории теплоизоляционных материалов «Green construction» Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой, исследовалась возможность получения плитного теплоизоляционного материала на основе измельченной коры сосны с использованием двух видов вяжущего вещества: модифицированное натриевое жидкое стекло и канифоль из смолы сосны. Методика изготовления плит отличалась в зависимости от выбранного типа связующего компонента. При использовании жидкого стекла перед смешиванием компонентов, кора предварительно смачивалась, после чего плиты формовались под низким давлением 0,008 – 0,009 МПа. Полученные в результате

жесткие плиты имели коэффициент теплопроводности  $0,057 - 0,068 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$  при плотности  $420 - 470 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Для использования порошка канифоли была разработана новая методика изготовления плитной теплоизоляции. Порошок смешивался с корой сосны поэтапно с выдержкой смеси в течении 10 минут в сушильном шкафу при температуре  $80^\circ\text{C}$ , для расплавления канифоли на поверхности частиц и предотвращения его осыпания. На заключительном этапе после обработки канифолью, смесь закладывали в форму и подпрессовывали на прессе при давлении  $0,016 - 0,018 \text{ МПа}$ . Форму с зафиксированной крышкой помещали в сушильный шкаф и выдерживали 1,5 часа при температуре  $90^\circ\text{C}$ . Полученные плиты достаточной жесткости, имели среднюю плотность от 277 до  $330 \text{ кг}/\text{м}^3$  и коэффициент теплопроводности в пределах  $0,051 - 0,059 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$  [6].

Изучение влияния вида заполнителя на коэффициент теплопроводности спрессованных плит на основе коры хвойных и лиственных пород древесины рассматривалось в работе [7]. Результаты опытов показали, что кора, полученная из лиственных пород, обладала пониженными показателями теплопроводности в сравнении с хвойными. Самым низким коэффициентом теплопроводности, равным  $0,061 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ , обладала кора белой акации. Помимо этого, в ходе опытов отмечалось, что размер фракции коры не оказывает значительного влияния на значение теплопроводности полученных плит.

В лаборатории университета Уцуномия (Япония), исследовалась возможность получения теплоизоляционного материала из обработанной коры суги (криптомерии японской). Кора высушивалась при естественных условиях в лаборатории на протяжении 4 месяцев, после чего механически измельчалась с использованием бытового измельчителя до волокнообразного состояния. После отсева получены две фракции волокон диаметром  $2 - 4 \text{ мм}$  отличающиеся по длине: крупная длиной от 10 до 30 мм, мелкая длиной от 5 до 10 мм. Коэффициенты теплопроводности экспериментальных плит с наполнителем крупной и мелкой фракций составили  $0,073$  и  $0,076 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$  соответственно, при плотности плит  $163,2$  и  $193,5 \text{ кг}/\text{м}^3$  [8].

Известен теплоизоляционный материал на основе коры пробкового дуба. Изоляция выпускается в виде панелей и блоков изготовленных из черного и белого пробкового агломерата. Из белого агломерата изготавливают пластины и блоки различной толщины, не имеющие декоративного покрытия. Блоки из белого агломерата имеют следующие технологические характеристики: средняя плотность –  $150 \text{ кг}/\text{м}^3$ , коэффициент теплопроводности равен  $0,038 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ , коэффициент звукоизоляции при толщине  $2 \text{ мм}$  – 16 дБ. Черный агломерат производится обработкой паром пробковых гранул в автоклаве с использованием связующего – натуральной пробковой смолы. Средняя плотность полученных плит равняется  $110 - 130 \text{ кг}/\text{м}^3$ , коэффициент теплопроводности составляет  $0,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ . Основным недостатком данного материала является высокая рыночная стоимость [9].

Учёными из университета Консепсьон, Чили, проводились исследования по использованию коры эвкалипта в качестве наполнителя для изоляции. Исходным сырьем для изоляционных плит служили механически измельченные волокна коры эвкалипта длиной, не превышающей  $20 \text{ мм}$ . В качестве вяжущего вещества использовали  $10\%$  фенолформальдегидную смолу. Теплопроводность изоляционного материала варьировалась в пределах  $0,052 - 0,07 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ , при плотности от  $80$  до  $250 \text{ кг}/\text{м}^3$ , толщина плит составляла  $50 \text{ мм}$  [10]. В исследованиях отмечается, что полученные образцы имеют низкую стойкость к появлению плесени и являются горючими. Кроме того, использование связующего на основе фенолформальдегида негативно сказывается на здоровье человека и окружающей среде.

Из анализа представленных данных по применению коры для производства теплоизоляции зданий следует, что проведение исследований по рациональному использованию многотонажных отходов лесной промышленности в качестве исходного сырья для изготовления экологически чистых и безопасных для здоровья человека теплоизоляционных материалов, является весьма необходимой своевременной и актуальной задачей сегодняшнего дня.

#### **Заключение**

1. Экологичность и безопасность теплоизоляционного материала для человека являются серьезным преимуществом теплоизоляции на растительной основе, хотя и имеет ограничения по применению во влажных условиях, по причине повышенного водопоглощения. Также особое внимание необходимо уделять экологической безопасности вяжущего вещества для теплоизоляции.

2. В большинстве исследований ограничиваются измерением плотности и коэффициента теплопроводности утеплителя. В исследованиях не уделяется должное внимание сорбционной влажности материалов, влиянию влажности на теплопроводность, биоповреждению тепловой изоляции. Данные показатели обуславливают эффективность использования и долговечность теплоизоляции на разных жизненных циклах здания.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Сергиенко, А. В. Инновационный теплоизолирующий древесный ячеистый материал / А. В. Сергиенко, И. В. Яцун // Апробация. – 2015. – № 4 (31). – С. 11 – 13.
2. Harkin, J. M. Bark and its possible uses / Harkin J. M., Rowe J.W. // Forest Products Laboratory, US Forest Service. – 1971. – Т. 91. – Р. 56.

3. 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.
4. Килюшева, Н. В. Теплоизоляционный материал из коры сосны и ее экстракта / Н. В. Килюшева, В. Е. Данилов, А. М. Айзенштадт // Строительные материалы. – 2016. – №. 11. – С. 48– 50.
5. Данилов, В. Е. Использование модифицированной древесной коры сосны обыкновенной в качестве засыпной тепло звукоизоляции / В. Е. Данилов, А. М. Айзенштадт // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – №. 2 (368). – С. 111 – 118.
6. 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.
7. Pasztory, Z. Investigation of thermal insulation capacity of tree bark / Z. Pászatory, I. R. Mohácsiné // Forestry engineering journal. – 2017. – Vol. 7, № 1. – P. 157–161.
8. 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.
9. 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 / Ответственный редактор Н.П. Павлова. Том Часть 3. – Череповец: Череповецкий государственный университет, 2013. – С. 19-21.
10. Fuentealba, C. A new biobased composite material using bark fibres eucalyptus. / C. Fuentealba, J. Salazar, J. Vega-Lara, J. Norambuena-Contreras // The 13th Pacific 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.