

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДРЕВЕСНОЙ КОРЫ

PhD **З. Пастори**¹PhD **И. Р. Мохачине**¹кандидат технических наук **Г. А. Горбачева**²доктор технических наук, профессор **В. Г. Санаев**²

1 – Западно-Венгерский университет, Инновационный центр, г. Шопрон, Венгрия

2 – Мытищинский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский университет)», г. Мытищи, Российская Федерация

Проблема промышленного использования древесной коры является актуальной и имеет важное практическое значение для комплексной переработки древесного сырья. В настоящее время в Венгрии и России древесная кора доступна в значительных количествах, однако, в основном, она используется для производства энергии и не находит более широкого применения. Одним из перспективных направлений утилизации древесной коры является ее использование в качестве сырья для производства теплоизоляционных плит. В статье приводятся результаты экспериментального исследования теплопроводности коры белой акации (*Robinia pseudoacacia*), тополя Паннония (*Populus euramericana* cv. *Pannónia*), лиственницы (*Larix decidua*), ели (*Picea abies*) и сосны (*Pinus sylvestris*). Выявлено, что щепа коры лиственных пород имеет более низкую теплопроводность по сравнению с хвойными породами. Наибольшая теплоизолирующая способность была обнаружена у щепы коры белой акации, которая была использована для изготовления прессованных теплоизоляционных панелей. Были изготовлены и исследованы три различные фракции щепы коры белой акации. Кроме того, проведены экспериментальные исследования теплоизолирующей способности прессованных частиц коры белой акации при условии достижения самой низкой теплопроводности. Результаты показывают вполне конкурентоспособные теплоизоляционные свойства по сравнению с традиционно используемыми материалами, величина коэффициента теплопроводности щепы коры белой акации достигает значения 0.0613 Вт/(м·К). Коэффициенты теплопроводности для мелкой, средней и крупной фракций коры белой акации различаются незначительно, величина коэффициента теплопроводности мелкой фракции составила 0.042 Вт/(м·К).

Ключевые слова: теплоизолирующая способность, коэффициент теплопроводности, древесная кора, белая акация

INVESTIGATION OF THERMAL INSULATION CAPACITY OF TREE BARK

PhD **Z. Pásztor**¹PhD **I. R. Mohácsiné**¹PhD in Engineering **G. A. Gorbacheva**²DSc in Engineering, Professor **V. G. Sanaev**²

1 – University of West Hungary, Innovation Center, Sopron, Hungary

2 – Mytischki Branch, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», Mytischki, Russian Federation

Abstract

The problem of industrial use of tree bark is relevant and has practical importance for complex processing of wood raw material. Barks are available in Hungary and Russia in large quantities, but they are not widely used for different purposes than producing energy. One of the perspective areas of utilization of tree bark is its use as raw material for the production of thermal insulation panels. The present study focuses on the thermal insulation capacity of tree bark. Thermal conductivity properties of two broadleaved (black locust (*Robinia pseudoacacia*), pannónia poplar (*Populus euramericana* cv. *Pannónia*)) and three coniferous (larch (*Larix decidua*), spruce (*Picea abies*) and scots pine (*Pinus sylvestris*)) tree species were examined. Based on these

results, the scopes of the tested species were further narrowed, while the best results showing black locust was used for pressed insulation panel. Three different fractions were produced made of grained black locust bark. Furthermore, the heat insulation capacities of bark were investigated by compressing the chipped bark particles until the lowest heat conductivity was reached. Results show a competitive thermal insulation property to the traditionally used insulation materials, the value was 0.0613 W/mK reached by black locust bark chips. The broadleaved tree bark chips have a lower thermal conductivity than coniferous species. By using fine, mid, and coarse fraction of black locust bark were produced and the difference of thermal conductivity between them was negligible. Although the fine fractionated black locust bark chip thermal conductivity was 0.042 W/mK.

Keywords: thermal insulation capacity, thermal conductivity, tree bark, black locust

Введение

Проблема эффективного промышленного использования древесной коры является актуальной и имеет важное практическое значение для комплексной переработки древесного сырья. Большие объемы древесной коры накапливаются на деревообрабатывающих предприятиях по всему миру. Только в Венгрии ежегодно производится около 500–600 тыс. м³ [12], в России – примерно 30 млн м³ древесной коры [1, 4]. Доля коры в заготовленной древесине может достигать 10–25 %, в зависимости от возраста и породы [11]. Из-за низких механических свойств коры ее использование ограничено. Кора древесины, в основном, используется для производства энергии [9], для мульчирования [6], а также для извлечения химических соединений [5] и других целей [7, 8, 12].

Известно, что деревья могут выжить в условиях небольших лесных пожаров [3] в случае, если повреждения камбия отсутствуют. Данный факт можно объяснить высокой теплоизоляционной способностью древесной коры, имеющей определенную влажность. Вопросам улучшения теплоизолирующих свойств различных изоляционных материалов в настоящее время придается большое значение.

Ранее Skogsberg и Lundberg [10] показали, что после предварительной обработки и при соблюдении особой технологии, кора может быть использована в качестве засыпного теплоизоляционного материала. Проведенные нами исследования показали также, что использование древесины в качестве строительного материала сопровождается более низким потреблением энергии, приводит к меньшему количеству выбросов CO₂ [2] по сравнению с другими строительными материалами. Для использования коры в качестве экологически чистого материала для изготовления теплоизоляционных панелей для зданий необходимы экспериментальные исследования теплоизоляционной способ-

ности щепы коры различных хвойных и лиственных пород.

Материалы и методика исследований

Исследовались образцы коры пяти различных древесных пород: белой акации (*Robinia pseudoacacia*), тополя Паннония (*Populus euramericana* cv. *Pannónia*), лиственницы (*Larix decidua*), ели (*Picea abies*) и сосны (*Pinus silvestris*). Для изготовления щепы использовали щепорубительные машины высокой мощности (Caterpillar, Bandit). Для проведения экспериментов образцы щепы коры были высушены до влажности 12 %. Величина коэффициента теплопроводности определялась для щепы коры пяти древесных пород.

На основании полученных результатов дальнейшие исследования проводились только для образцов щепы коры белой акации. Была изготовлена щепа четырех различных размеров. Щепа, имеющая размеры менее 1 мм, в дальнейших экспериментах не использовалась. Коэффициенты теплопроводности для мелкой, средней и крупной фракций коры белой акации были определены экспериментально. Для определения коэффициента теплопроводности 1500 г щепы коры каждой фракции помещали в емкость размером 500×500 мм, первоначальная высота составила 100 мм. После измерения образец прессовали, уменьшая высоту каждый раз на 5 мм, и проводили последующие измерения коэффициента теплопроводности для того же количества щепы коры. Прессование осуществляли до достижения минимальной толщины 40 мм.

Результаты исследований и выводы

Результаты экспериментальных исследований коэффициента теплопроводности коры пяти древесных пород представлены на рис. 1. Щепа коры хвойных пород имеет более высокие значения коэффициента теплопроводности по сравнению с щепой коры лиственных пород. Коэффициент теплопроводности λ щепы коры белой акации является самым низким среди

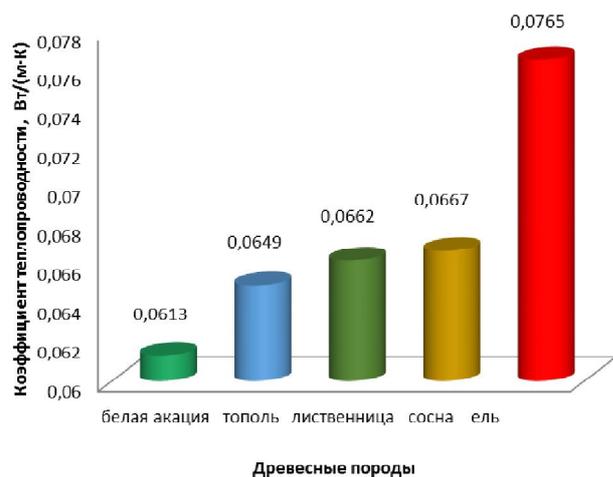


Рис. 1. Коэффициент теплопроводности щепы коры хвойных и лиственных пород

исследованных пород и составляет 0,0613 Вт/(м·К). Максимальное значение коэффициента теплопроводности отмечено для щепы коры ели. Щепка коры тополя имеет относительно низкий коэффициент теплопроводности по сравнению с щепкой коры лиственницы и сосны. При увеличении объемной плотности образцов щепы коры теплопроводность образца возрастает. Как показано на рис. 2, данная тенденция наблюдается для всех трех фракций щепы коры. Минимальная толщина образцов, которой удалось достичь в испытательной камере, составила 40 мм. Дальнейшее прессование было технически невозможно, поэтому минимальное значение коэффициента теплопроводности измерить не удалось.

По нашему предположению, последующее сжатие может привести к дальнейшему снижению величины коэффициента теплопроводности. Мелкая фракция щепы коры имеет самое низкое значение коэффициента теплопроводности, крупная фракция – максимальное значение при самой низ-

кой объемной плотности. На рис. 2 наблюдается также пересечение функциональных зависимостей коэффициента теплопроводности для мелкой и средней фракций щепы коры при толщине образца 85 мм.

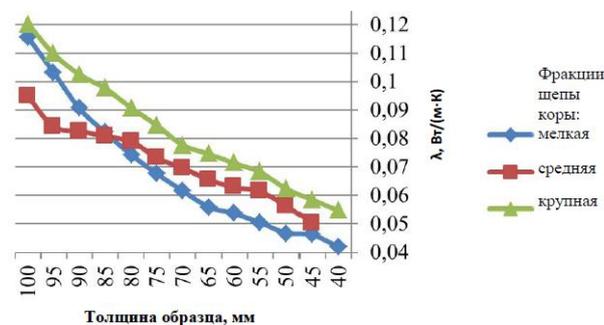


Рис. 2. Коэффициент теплопроводности различных фракций щепы коры в зависимости от толщины образца

Таким образом, в большинстве случаев при надлежащей подготовке по теплоизолирующей способности щепка коры ($\lambda \sim 0,045$ Вт/(м·К)) сравнима с наиболее часто используемыми изоляционными материалами, такими как, минеральная вата, стеклянная вата и пенопласты ($\lambda \sim 0,04$ Вт/(м·К)). По сравнению с хвойными породами, щепка коры лиственных пород имеет более высокую теплоизолирующую способность, возможно, из-за большего содержания волокон. Теплоизолирующая способность щепы коры выше при наименьшей объемной плотности. Пузырьки воздуха между частицами коры увеличивают тепловое сопротивление смеси воздуха и щепы. Мелкая фракция щепы древесной коры имеет несколько меньший коэффициент теплопроводности по сравнению со средней и крупной фракциями.

Библиографический список

1. Мелехов, В. И. Энергетический потенциал древесной коры в программе ресурсосбережения [Текст] / В. И. Мелехов, Т. В. Тюрикова, Н. Г. Пономарева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – № 9-3 (20-3). – С. 106-110.
2. Пастори, З. Баланс CO₂ различных видов стеновых конструкций [Текст] / З. Пастори, З. Борчок, Г. А. Горбачева // Строительные материалы. – 2015. – № 12. – С. 76-77.
3. Повреждение микроструктуры ствола сосны после лесного пожара 2010 года на территории Воронежского учебно-опытного лесхоза / Н. Е. Косиченко, С. Н. Снегирёва, А. Д. Платонов, В. В. Чеботарёв // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного

университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – 2012. – № 04 (078). – С. 594-604. – IDA [article ID]: 0781204050. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/50.pdf>

4. Ушанова, В. М. Комплексная переработка древесной зелени и коры пихты сибирской с получением продуктов, обладающих биологической активностью [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.21.03 / В. М. Ушанова. – Красноярск, 2012. – 379 с.

5. A new source of natural adhesive: Acacia mangium bark extracts co-polymerized with phenol-formaldehyde(PF) for bonding Mempisang (Annonaceae spp.) veneers [Text] / Y. B. Hoong [et al.] // International Journal of Adhesion & Adhesives. – 2011. – Vol. 31. – p. 164-167.

6. Colorado Master Gardeners Program, Mulching with Wood/Bark Chips, Grass Clippings, and Rock [Text]. – Colorado State University Extension, 2009.

7. Harkin, J. M. Bark and its possible uses [Text] / J. M. Harkin, J. W. Rowe // Research note FPL. – 1971. – 091. – 56 p.

8. Pedieu, R. Properties of mixed particle boards based on white birch (*Betula papyrifera*) inner bark particles and reinforced with wood fibres [Text] / R. Pedieu, B. Riedl, A. Pichette // European Journal of Wood and Wood Products. – 2009. – Vol. 67. – P. 95-101.

9. Ragland, K. W. Properties of Wood for Combustion Analysis [Text] / K. W. Ragland, D. J. Aerts, A. J. Baker // Bioresource Technology. – 1991. – Vol. 37. – Pp. 161-168.

10. Skogsberg, K. Wood chips as thermal insulation of snow [Text] / K. Skogsberg, A. Lundberg // Cold Regions Science and Technology. – 2005. – Vol. 43. – Pp. 207-218.

11. Sopp, L. Fatömeg-számítási táblázatok [Wood volume tables] [Text] / L. Sopp, L. Kolozs – Budapest : Állami Erdészeti Szolgálat, 2000. – Pp. 24-27.

12. The utilization of tree bark [Text] / Z. Pásztor, I. R. Mohácsiné, G. A. Gorbacheva, Z. Börcsök // BioResources. – 2016. – 11(3). – pp. 7859-7888.

References

1. Melekhov V.I., Tyurikova T.V., Ponomareva N.G. *Energeticheskij potentsial drevesnoj kory v programme resursosberezheniya* [Energy potential of bark in resource saving program]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika*. [Current research areas of the XXI century: theory and practice]. Voronezh, 2015. no 9-3 (20-3), pp. 106-110. DOI: 10.12737 / 16877. (In Russian).

2. Pazstory Z., Borchok Z., Gorbacheva G.A. *Balans CO2 razlichnykh vidov stenovykh konstruksiy* [Balance of CO2 of Different Types of Wall Structures]. *Stroitel'nye materialy*. [Building Materials]. Moscow, 2015. no 12, pp. 76-77. (In Russian).

3. Povrezhdenie mikrostruktury stvola sosny posle lesnogo pozhara 2010 goda na territorii Voronezhskogo uchebno-opytного leshoza [Damage to pine trunk microstructure after the forest fire in the year 2010 at the territory of Voronezh experimental training forestry] / N.E. Kosichenko, S.N. Snegirjova, A.D. Platonov, V.V. Chebotarjov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University (Scientific Journal of KubSAU)] [Elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №04(078). pp. 594 – 604. – IDA [article ID]: 0781204050. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/50.pdf> (In Russian).

4. Ushanova V.M. (2012). *Kompleksnaya pererabotka drevesnoj zeleni i kory pikhty sibirskoy s polucheniem produktov, obladayushchikh biologicheskoy aktivnost'yu: dis. ... dokt. tekhn. nauk*. [Complex processing of Siberian fir needles and bark for obtaining products having biological activity: Diss... for the degree of Doctor of Technical Sciences]. Krasnoyarsk (In Russian). Krasnoyarsk: Sibirskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskij universitet, 2012, p. 379. (In Russian).

5. Hoong Y.B., Paridah M.T., Loh Y.F., Jalaluddin H., Chuah L.A. A new source of natural adhesive: Acacia mangium bark extracts co-polymerized with phenol-formaldehyde(PF) for bonding Mempisang (Annonaceae spp.) veneers. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 2011, Vol. 31, p. 164–167.

6. Colorado Master Gardeners Program, Mulching with Wood/Bark Chips. Grass Clippings, and Rock, Colorado State University Extension. 2009.
7. Harkin J.M., Rowe J.W. Bark and its possible uses. Research note FPL, 1971, 091, 56 p.
8. Pedieu R., Riedl B., Pichette A. Properties of mixed particle boards based on white birch (*Betula papyrifera*) inner bark particles and reinforced with wood fibres. Eur. J. Wood Prod., 2009, Vol. 67, pp. 95–101.
9. Ragland K.W., Aerts D.J., Baker A.J. Properties of Wood for Combustion Analysis. Bioresource Technology, 1991, Vol. 37, pp. 161–168.
10. Skogsberg, K., Lundberg A. Wood chips as thermal insulation of snow. Cold Regions Science and Technology, 2005, Vol. 43, pp. 207–218.
11. Sopp L., Kolozs L. Fatömeg-számítási táblázatok [Wood volume tables]. Budapest: Állami Erdészeti Szolgálat, 2000. – pp. 24–27.
12. Pásztor Z., Mohácsiné I. R., Gorbacheva G.A., Börcsök Z. The utilization of tree bark. BioResources, 2016, 11(3), pp. 7859-7888.

Сведения об авторах

Пастори Золтан – директор Инновационного центра, Западно-Венгерский университет, г. Шопрон, Венгрия; e-mail: pasztory.zoltan@nyme.hu.

Мохачине Ильдико Ронец – аспирант Инновационного центра, Западно-Венгерский университет, г. Шопрон, Венгрия; e-mail: ildiko.ronyecz@gmail.com.

Горбачева Галина Александровна – доцент кафедры лесоведения и технологии деревообработки, Мытищинский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский университет), г. Мытищи, Российская Федерация; e-mail: gorbacheva-g@yandex.ru.

Санаев Виктор Георгиевич – заведующий кафедрой лесоведения и технологии деревообработки, профессор, Мытищинский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский университет), г. Мытищи, Российская Федерация; e-mail: rector@mgul.ac.ru

Information about authors

Pasztory Zoltán – Director of Innovation Center, University of West Hungary, Sopron, Hungary; e-mail: pasztory.zoltan@nyme.hu.

Mohácsiné Ildikó Ronyecz – PhD Student of Innovation Center, University of West Hungary, Sopron, Hungary; e-mail: ildiko.ronyecz@gmail.com.

Gorbacheva Galina Aleksandrovna – Associate Professor of Department of Wood Science and Technology, Mytisch Branch, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», Mytisch, Russian Federation; e-mail: gorbacheva-g@yandex.ru.

Sanaev Victor Georgievich – Head of Department of Wood Science and Technology, Mytisch Branch, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», Mytisch, Russian Federation; e-mail: rector@mgul.ac.ru