

УДК 674.817

DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-151-158

**ВОДОСТОЙКОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ,
ПОЛУЧАЕМЫХ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ****В.Н. Ермолин, д-р техн. наук, проф.;** *ResearcherID:* [X-9597-2019](https://orcid.org/0000-0002-2113-4142),*ORCID:* <https://orcid.org/0000-0002-2113-4142>**М.А. Баяндин, канд. техн. наук, доц.;** *ResearcherID:* [S-1990-2019](https://orcid.org/0000-0002-6228-2715),*ORCID:* <https://orcid.org/0000-0002-6228-2715>**С.Н. Казицин, канд. техн. наук;** *ResearcherID:* [W-8224-2019](https://orcid.org/0000-0003-4220-5488),*ORCID:* <https://orcid.org/0000-0003-4220-5488>**А.В. Намятов, ассистент;** *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0002-5568-8725>**В.А. Острякова, ст. лаборант;** *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0002-1666-0324>

Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», д. 31, г. Красноярск, Россия, 660031; e-mail: vnermolin@yandex.ru, mihaibayandin@yandex.ru, sergeikaz060890@yandex.ru, namyatov2010@yandex.ru

Исследована водостойкость плит средней плотности, полученных из гидродинамически обработанных древесных опилок без применения связующих веществ. В качестве критериев водостойкости принято использовать разбухание плит по толщине после вымачивания в воде в течение 24 ч и остаточную прочность при статическом изгибе. Изучено влияние следующих режимных факторов горячего прессования на водостойкость плит: температуры плит пресса, удельной продолжительности прессования, влажности пресс-массы. Установлено, что при увеличении температуры плит пресса и удельной продолжительности прессования разбухание плит по толщине снижается. Наименьшее значение этого показателя отмечено при влажности пресс-массы 210 %. Для сравнения исследовано влияние кипячения в воде в течение одного 1 ч на свойства плит из механоактивированных древесных частиц, а также древесно-стружечных плит (ДСтП), древесно-волоконистых плит высокой (HDF) и средней (MDF) плотности сухого способа производства. Плиты ДСтП и MDF полностью разрушились, плиты HDF сохранили свою форму, но при этом потеряли прочность при статическом изгибе, которая составила 89,7 % от первоначальной. У плит из механоактивированных древесных частиц потеря прочности при статическом изгибе – 18,2 % от первоначальной (до кипячения – 22,4 МПа, после него – 17,4 МПа). Циклические испытания по ГОСТ Р 56309–2014 методом «вымачивание–замораживание–высушивание» позволили установить, что влажностные деформации плит из механоактивированных древесных частиц имеют обратимый характер. В результате проведения 3 циклов испытаний снижение прочности плит при статическом изгибе составило 29,2 %. При этом геометрические размеры существенно не изменились, остаточное разбухание плит по толщине 0,62 %. Таким образом, предварительная гидродинамическая обработка отходов деревообработки (опилок) позволяет получить экологически чистые плиты с постоянной водостойкостью, которые могут найти широкое применение в жестких температурно-влажностных условиях эксплуатации.

Для цитирования: Ермолин В.Н., Баяндин М.А., Казицин С.Н., Намятов А.В., Острякова В.А. Водостойкость древесных плит, получаемых без использования связующих веществ // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 3. С. 151–158. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-151-158

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, правительства Красноярского края, краевого фонда науки в рамках научного проекта «Иссле-

дование процессов структурообразования материалов из кавитационно-активированной древесины».

Ключевые слова: механоактивация, водостойкость, разбухание, древесные плиты без связующих веществ, гидродинамическая обработка, аутогезия.

Введение

Древесные плиты находят широкое применение во многих отраслях промышленности, но есть сферы, где их использование ограничено. Это относится к случаям, когда плиты эксплуатируются в жестких температурно-влажностных условиях гигроскопического или капельного увлажнения, при низких и высоких температурах. В результате чего, они разбухают, коробятся, теряют прочность [11, 19, 20]. Общим комплексным показателем, характеризующим способность плит сопротивляться этим факторам, является водостойкость, которую принято подразделять на временную и постоянную [3, 6]. Повышение водостойкости позволит значительно расширить область применения древесных плит (животноводческие помещения, наружная отделка, опалубка, тара для овощей и фруктов и др.). Поэтому решение данного вопроса имеет большое научное и практическое значение.

Известно, что формирование большинства древесных плит (древесно-стружечных – ДСтП; ориентированно-стружечных – ОСП; древесно-волоконистых средней плотности сухого способа производства – MDF) обусловлено точечным склеиванием древесных частиц с помощью адгезива в процессе горячего прессования [8, 13]. Как правило, мероприятия, направленные на снижение разбухания и сохранение остаточной прочности при температурно-влажностных воздействиях, имеют временный эффект (временная водостойкость) [11, 12]. Введение гидрофобизаторов при изготовлении плит позволяет уменьшить скорость проникновения воды в древесные частицы и, соответственно, увеличить продолжительность процесса разбухания плит [10, 15]. Аналогичный эффект наблюдается при повышении расхода связующего. Использование фенолоформальдегидных и полидифенилметандиизоцианатных смол обеспечивает более высокую прочность точечных контактов, что дает положительный эффект при кратковременном воздействии влаги [6, 7]. Однако при высоких амплитудах колебаний температуры и прямом контакте с водой прочность плит снижается. При этом существенно увеличиваются размеры плит, что обусловлено давлением набухания клеточной стенки древесины, которое, по мнению Б.С. Чудинова [5], составляет не менее 100 МПа. В результате возникает напряжение на границе «адгезив–древесина», которое приводит к частичному или полному разрушению клеевых контактов, возрастанию разбухания и снижению прочности плит. Поэтому поиск путей повышения водостойкости плит в этом направлении неперспективен. Бóльший интерес представляет обеспечение постоянной водостойкости за счет изменения физических принципов формирования структуры плит.

Структурообразование материала при производстве древесноволокнистых плит во многом определяется межволоконным (аутогезионным) взаимодействием, в меньшей степени – связующим [12, 20]. Водостойкость таких плит обусловлена количеством связей между реакционноспособными группами, ко-

торые образуются за счет фибриллирования частиц на стадии размола [1, 4]. Этот процесс заключается в ослаблении и разрушении связей между отдельными фибриллами клеточной стенки под влиянием механических воздействий и проникновения воды в межфибриллярные пространства [16, 18]. При удалении воды в ходе пьезотермического воздействия полярные гидроксилы связывают макромолекулы волокна между собой, что является причиной образования структуры волокнистого материала [1, 14]. Для повышения водостойкости таких плит производят дополнительную термообработку, что приводит к появлению большего количества связей между реакционными группами компонентов древесины. При этом происходит изменение капиллярной структуры плит. Так, в работе [17] отмечается сокращение объема капилляров размером менее 10 нм. Это уменьшает возможность проникновения молекул воды и их сорбции компонентами древесинного вещества, что снижает разбухание плит. Можно предположить, что придание плитам постоянной водостойкости может быть обеспечено за счет увеличения аутогезинного взаимодействия между древесными частицами.

Данные, полученные нами ранее [2], указывают на возможность изготовления плит без использования связующих веществ. При этом установлено, что обработка опилок гидродинамическим способом (механоактивация) и их последующее горячее прессование позволяют получать плиты с минимальным разбуханием без операции дополнительного термического воздействия и добавления гидрофобизаторов. В целях определения параметров водостойкости древесных плит нами проведены специальные исследования.

Объекты и методы исследования

Как показал анализ работ [1, 4], для получения древесной массы с высокой степенью фибриллирования и минимальным укорочением волокон необходимо безножевой размол в водной среде. Для этого использовался аппарат роторно-пульсационного типа оригинальной конструкции. Процесс осуществлялся по методике, подробно изложенной в работе [9]. Обработанные в гидродинамическом диспергаторе опилки с помолом 65о ШР обезвоживались в 2 этапа. На первом этапе суспензия в количестве, необходимом для изготовления образцов по установленной методике, помещалась в ящик, дном которого служила сетка с размером ячеек 0,25 мм. Под действием силы тяжести вода удалялась через сетку и влажность массы снижалась на 40...60 % от первоначальной. Второй этап обезвоживания и формирование ковра происходили на сетке с размером ячеек 1 мм за счет отжима в гидравлическом прессе. После формирования ковер подвергался горячему прессованию, которое осуществлялось на металлических поддонах с дистанционными планками. Все экспериментальные запрессовки плит с размерами 300×300×8 мм и плотностью 880 кг/м³ проводились на лабораторном гидравлическом прессе марки LabPro 1000 (фирма «FontunePresses»).

Для установления возможности изменения водостойкости плит за счет режимных параметров прессования проведены специальные исследования. В качестве варьируемых факторов приняты: температура плит пресса (T) – от 170 до 230 °С; удельная продолжительность прессования (t) – от 2 до 4 мин/мм; влажность ковра перед прессованием (W) – от 110 до 250 %.

После прессования готовые плиты выдерживались при нормальных условиях не менее 24 ч, обрезались по формату и раскраивались на образцы для испытаний размером 100×100×8 мм. В качестве показателя водостойкости древесных плит принято разбухание по толщине (ΔS , %) после вымачивания в течение 24 ч. Проведены циклические испытания («вымачивание»–«замораживание»–«высушивание») с определением остаточной прочности и разбухания по следующей методике. Образцы выдерживались в воде с pH 7±1 при температуре (20±1) °С в течение (72±1) ч. После этого образцы вынимались из ванны и несколько минут сушились с помощью фильтровальной бумаги. После этого производилось их замораживание при температуре –18 °С в течение 24 ч и сушка в сушильном шкафу при температуре (70±2) °С в течение 70 ч. Эти процедуры выполнялись последовательно 3 раза. Кроме того, определялись разбухание и остаточная прочность образцов после кипячения в воде длительностью 1 ч.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе исследований получены зависимости разбухания плит от режимных параметров пьезотермического воздействия (рис. 1).

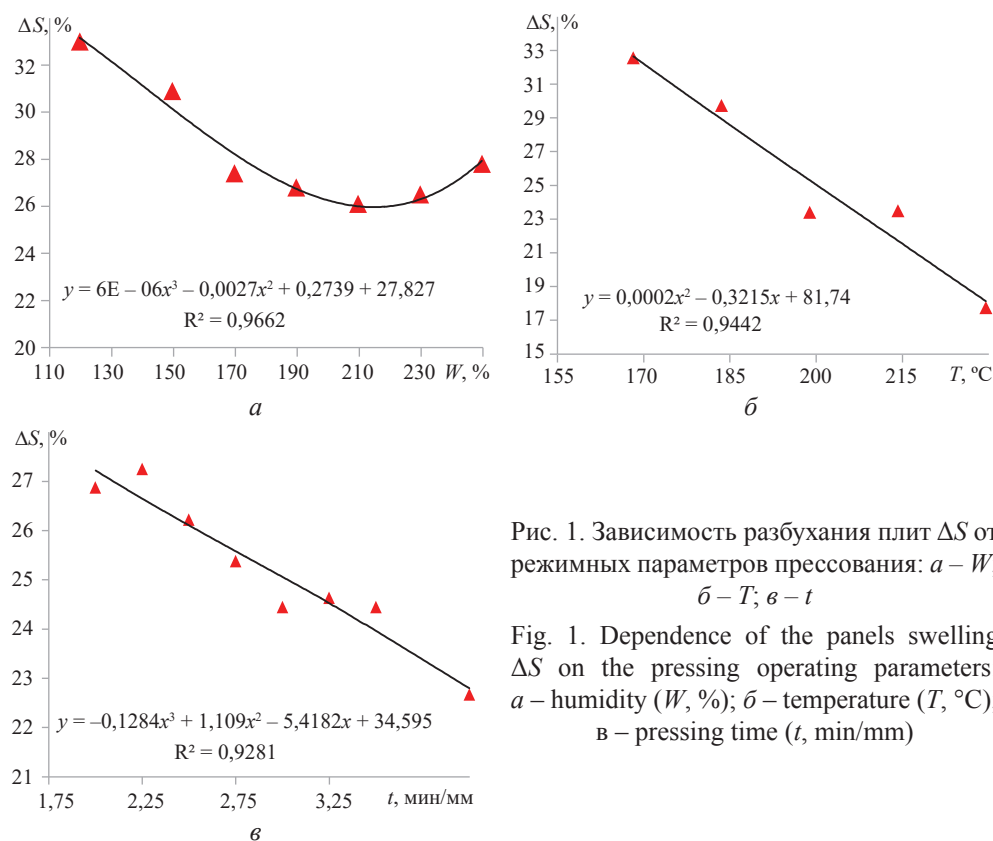


Рис. 1. Зависимость разбухания плит ΔS от режимных параметров прессования: а – W ; б – T ; в – t

Fig. 1. Dependence of the panels swelling ΔS on the pressing operating parameters: а – humidity (W , %); б – temperature (T , °C); в – pressing time (t , min/mm)

Полученные результаты показывают, что величина разбухания плит по толщине существенно зависит от параметров режима прессования. При увеличении влажности пресс-массы выявлено снижение разбухания плит. Минимальное значение этого показателя получено при влажности пресс-массы 210 %. Дальнейшее повышение влажности приводит к росту разбухания плит

(рис. 1, а). При увеличении температуры плит пресса от 170 до 230 °С разбухание снижается (рис. 1, б), достигая минимального значения при максимальной температуре. Повышение продолжительности прессования приводит к снижению разбухания (рис. 1, в).

После определения показателя разбухания и последующего высушивания при температуре 105 °С до влажности 4...6 % у всех образцов устанавливалась остаточная прочность при статическом изгибе. Показано, что плиты сохраняют 95...100 % первоначальной прочности, но у некоторых образцов она увеличивалась более чем на 20 % от первоначальной. Возможно, это обусловлено тем, что при вымачивании и последующей сушке произошла релаксация напряжений, возникших в процессе прессования плит.

Результаты исследования плит, полученных из механоактивированных древесных частиц без связующего методом кипячения в течение 1 ч, представлены в таблице. Для сравнения использовались широко распространенные плитные материалы, произведенные в промышленных условиях: ДСтП, MDF на основе карбамидных смол, сверхтвердые древесноволокнистые плиты мокрого способа производства (HDF).

Показатели свойств плитных материалов после кипячения

Образец	Плотность, кг/м ³	Разбухание по толщине, %	Водопоглощение, %	Потеря прочности при статическом изгибе, %
Плита без связующего	879,8	57,0	114,60	18,2
ДСтП	689,9	93,7	180,60	Разрушение
MDF	760,7	375,0	541,00	Разрушение
HDF	1014,9	60,0	92,27	89,7

Полученные данные указывают на то, что плитные материалы, производимые с использованием связующих на основе карбамидных смол, не выдерживают кипячения в течение 1 ч. Плиты HDF сохраняют целостность, но при этом практически полностью (на 89,7 %) теряют прочность. У плит из механоактивированных древесных частиц отмечена малая потеря прочности при статическом изгибе – 18,2 % от первоначальной (до кипячения – 22,4 МПа, после 17,4 – МПа).

В целях определения влияния переменных температурно-влажностных условий на водостойкость плит из механоактивированных древесных частиц проведены циклические испытания (рис. 2).

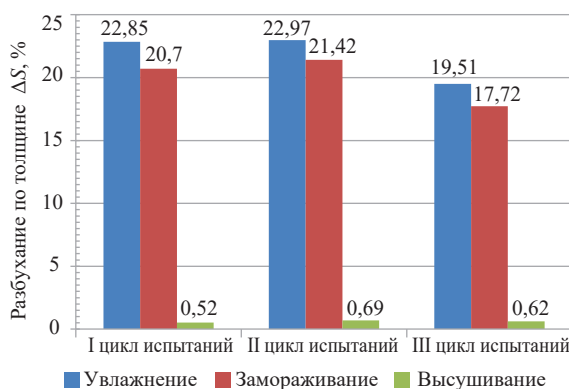


Рис. 2. Разбухание плит из механоактивированных древесных частиц при циклических испытаниях

Fig. 2. Swelling of panels made of mechanically activated wood particles during cycle testing

Полученные результаты указывают на то, что после 3 циклов испытаний размеры образцов практически возвращаются к первоначальным (разбухание плит составляет всего 0,62 %). При этом максимальное значение показателя отмечается на этапах увлажнения (22,97 %), что свидетельствует об обратимости деформации плит из механоактивированных древесных частиц при переменных температурно-влажностных воздействиях.

Исследование прочности на статический изгиб образцов плит, подвергнутых циклическим испытаниям, показало, что данный показатель снижается на 29,2 % и составляет 16,1 МПа.

Выводы

1. Установлено, что перспективным направлением получения плит средней плотности с постоянной водостойкостью является предварительная гидродинамическая обработка мягких отходов деревообработки (опилок), в результате которой создаются условия для формирования структуры плит за счет аутогезионного взаимодействия между древесными частицами. Образовавшиеся связи, имеющие большую энергию взаимодействия, не позволяют плитам разрушаться при увлажнении и замораживании. Сформированная в процессе прессования структура плит способна к большим влажностным деформациям, которые имеют обратимый характер. При этом не происходит существенного изменения их механических свойств.

2. Водостойкость плит можно регулировать технологическими факторами горячего прессования: температурой плит пресса, удельной продолжительностью прессования и влажностью пресс-массы.

3. Гидродинамическая механоактивация позволяет получать из мягких отходов деревообработки (опилок) экологически чистые плиты с постоянной водостойкостью, которые могут найти широкое применение в жестких температурно-влажностных условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Алашкевич Ю.Д. Основы теории гидродинамической обработки волокнистых материалов в размольных машинах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 1986. 45 с. [Alashkevich Yu.D. *Fundamentals of the Theory of Hydrodynamic Treatment of Fibrous Materials in Grinding Machines*: Dr. Eng. Sci. Diss. Abs. Krasnoyarsk, 1986. 45 p.].

2. Баяндин М.А., Ермолин В.Н., Казитцин С.Н., Елисеев С.Г. Влияние мелкодисперсных фракций на формирование свойств древесных плит без связующего // Хвойные бореальной зоны. 2015. Т. 33, № 3-4. С. 182–185. [Bayandin M.A., Ermolin V.N., Kazitsin S.N., Eliseyev S.G. The Influence of Fine Powder Fractions on the Properties Formation of the Wood-Based Panels without a Binder. *Khvoynyye boreal'noy zony* [Conifers of the boreal area], 2015, vol. 33, no. 3-4, pp. 182–185].

3. Леонович А.А. Физико-химические основы образования древесных плит. СПб.: Химиздат, 2003. 192 с. [Leonovich A.A. *Physics and Chemistry of the Wood-Based Panels Formation*. Saint Petersburg, Khimizdat Publ., 2003. 192 p.].

4. Смолин А.С., Бисальски М., Шабель С., Шабиев Р.О. Влияние размол и фракционирования на электроповерхностные свойства целлюлозных гидросуспензий // Химия растительного сырья. 2011. № 3. С. 183–192. [Smolin A.S., Bisal'ski M., Shabel' S., Shabiev P.O. The Influence of Grinding and Fractionation on Electrosuperficial Properties of

Cellulosic Hydrosuspensions. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja* [Chemistry of plant raw material], 2011, no. 3, pp. 183–192].

5. Чудинов Б.С. Вода в древесине. Новосибирск: Наука, 1984. 267 с. [Chudinov B.S. *Water in Wood*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1984. 267 p.]

6. Эльберт А.А. Водостойкость древесностружечных плит. М.: Лесн. пром-сть, 1973. 96 с. [Elbert A.A. *Water Resistance of Chipboards*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1973. 96 p.]

7. Chapman K.M. Wood-Based Panels: Particleboard, Fibreboards and Oriented Strand Board. *Primary Wood Processing*. Dordrecht, Springer, 2006, pp. 427–475. DOI: [10.1007/1-4020-4393-7_12](https://doi.org/10.1007/1-4020-4393-7_12)

8. Donaldson L.A., Lomax T.D. Adhesive/Fibre Interaction in Medium Density Fibreboard. *Wood Science and Technology*, 1989, vol. 23, iss. 4, pp. 371–380. DOI: [10.1007/BF00353254](https://doi.org/10.1007/BF00353254)

9. Ermolin V.N., Bayandin M.A., Kazitsin S.N. Mechanical Activation of Wood for Adhesive-Free Board Production. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2016, vol. 155, art. 012038. DOI: [10.1088/1757-899X/155/1/012038](https://doi.org/10.1088/1757-899X/155/1/012038)

10. Grigsby W.J., Thumm A. Resin and Wax Distribution and Mobility during Medium Density Fibreboard Manufacture. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2012, vol. 70, pp. 337–348. DOI: [10.1007/s00107-011-0560-0](https://doi.org/10.1007/s00107-011-0560-0)

11. Hosseinpourpia R., Adamopoulos S., Mai C., Hemmilä V. Effect of Bio-Based Additives on Physico-Mechanical Properties of Medium Density Fibreboards. *Proceedings of the 28th International Conference on Wood Science and Technology 2017: Implementation of Wood Science in Woodworking Sector, Zagreb, Croatia, 7–8 December, 2017*. Zagreb, University of Zagreb, 2017, pp. 153–157.

12. Hosseinpourpia R., Adamopoulos S., Mai C., Taghiyari H.R. Properties of Medium-Density Fibreboards Bonded with Dextrin-Based Wood Adhesive. *Wood Research*, 2019, vol. 64(2), pp. 185–194.

13. Hubbe M.A., Pizzi A., Zhang H., Halis R. Critical Links Governing Performance of Self-Binding and Natural Binders for Hot-Pressed Reconstituted Lignocellulosic Board without Added Formaldehyde: A Review. *BioResources*, 2018, vol. 13, no. 1, pp. 2049–2115. DOI: [10.15376/biores.13.1.Hubbe](https://doi.org/10.15376/biores.13.1.Hubbe)

14. Li J., Yang X., Xiu H., Dong H., Song T., Ma F., Ji Y. Structure and Performance Control of Plant Fiber Based Foam Material by Fibrillation via Refining Treatment. *Industrial Crops and Products*, 2019, vol. 128, pp. 186–193. DOI: [10.1016/j.indcrop.2018.10.085](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.085)

15. Li W., Van den Bulcke J., Dhaene J., Zhan X., Mei C., Acker J.V. Investigating the Interaction between Internal Structural Changes and Water Sorption of MDF and OSB Using X-Ray Computed Tomography. *Wood Science and Technology*, 2018, vol. 52, iss. 3, pp. 701–716. DOI: [10.1007/s00226-018-0992-3](https://doi.org/10.1007/s00226-018-0992-3)

16. Mahrtdt E., van Herwijnen H.W.G., Kantner W., Moser J., Giesswein J., Mitter R., Müller U., Gindl-Altmutter W. Adhesive Distribution Related to Mechanical Performance of High Density Wood Fibre Board. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 2017, vol. 78, pp. 23–27. DOI: [10.1016/j.ijadhadh.2017.06.013](https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2017.06.013)

17. Rowland S.P. *Water in Polymers*. Washington, DC, American Chemical Society, 1980. 597 p. DOI: [10.1021/bk-1980-0127](https://doi.org/10.1021/bk-1980-0127)

18. Salvadó J., Velásquez J.A., Ferrando F. Binderless Fiberboard from Steam Exploded *Miscanthus Sinensis*: Optimization of Pressing and Pretreatment Conditions. *Wood Science and Technology*, 2003, vol. 37, pp. 279–286. DOI: [10.1007/s00226-003-0186-4](https://doi.org/10.1007/s00226-003-0186-4)

19. Suchsland O., Woodson G.E. *Fiberboard – Manufacturing Practices in the United States*. Agriculture Handbook No. 640. USA, USDA Forest Service, 1991. 263 p.

20. Tuntsev D.V., Prosvirnikov D.B., Kozlov R.R. Physical and Chemical Properties of Activated Lignocellulose and Its Areas of Application. *Solid State Phenomena*, 2018, vol. 284, pp. 779–784. DOI: [10.4028/www.scientific.net/SSP.284.779](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.284.779)

WATER RESISTANCE OF WOOD-BASED PANELS MADE WITHOUT BINDERS

V.N. Ermolin, Doctor of Engineering, Prof.; ResearcherID: [X-9597-2019](https://orcid.org/0000-0002-2113-4142),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2113-4142>

M.A. Bayandin, Candidate of Engineering, Assoc. Prof.; ResearcherID: [S-1990-2019](https://orcid.org/0000-0002-6228-2715),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6228-2715>

S.N. Kazitsin, Candidate of Engineering; ResearcherID: [W-8224-2019](https://orcid.org/0000-0003-4220-5488),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4220-5488>

A.V. Namyatov, Teaching Assistant; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5568-8725>

V.A. Ostryakova, Senior Laboratory Assistant; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1666-0324>

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, prosp. im. gazety
“Krasnoyarskiy rabochiy”, 31, Krasnoyarsk 660037, Russian Federation;

e-mail: vnermolin@yandex.ru, mihailbayandin@yandex.ru, sergeikaz060890@yandex.ru,
namyatov2010@yandex.ru

Water resistance of medium density panels made of hydrodynamically treated sawdust without binders was studied. It is customary to use panel swelling through-thickness after soaking in water for 24 hours and residual strength under static bending as criteria for water resistance. The effect of the following operation conditions of hot pressing on water resistance of panels was studied: temperature of press boards, specific pressing time and molding compound humidity. It is found that an increase in the temperature of press boards and specific pressing time results in a decrease in panel swelling through-thickness. The smallest value of this parameter was recorded at the press pulp humidity of 210 %. In comparison, the effect of boiling in water within 1 hour on the properties of the panels made of mechanically activated wood particles, as well as particle boards, high density fiberboards (HDF) and medium density fiberboards (MDF) of dry process was studied. It was found that the particle boards and medium density fiberboards were completely broken. High density fiberboards retained their shape, but the static bending strength was 89.7 % of the initial one. The panels made of mechanically activated wood particles had the static bending strength loss of 18.2 % of the initial one (before boiling – 22.4 MPa, after boiling – 17.4 MPa). The cyclic tests conducted according to the state standard GOST R 56309–2014 and by the “soaking–freezing–drying” method allowed us to find that the moisture deformations of the panels made of mechanically activated wood particles are reversible. As a result of 3 test cycles, a decrease in the static bending strength of the boards was 29.2 %. At the same time, their dimensions had no considerable changes. The value of residual swelling through-thickness was 0.62 %. The obtained results show that the preliminary hydrodynamic treatment of wood wastes (sawdust) allows making eco-friendly boards that have permanent water resistance. They can become widely used, especially under severe temperature and moisture conditions of operation.

For citation: Ermolin V.N., Bayandin M.A., Kazitsin S.N., Namyatov A.V., Ostryakova V.A. Water Resistance of Wood-Based Panels Made without Binders. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 3, pp. 151–158. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-151-158

Funding: The research was carried out with the financial support from the Russian Foundation for Basic Research, the Government of the Krasnoyarsk Krai and the Krasnoyarsk Regional Fund of support scientific and technical activities within the framework of the research project “The Study of the Structuring Processes of the Materials Made of Cavitation-Activated Wood”.

Keywords: mechanical activation, water resistance, swelling, wood-based panels without binders, hydrodynamic treatment, autohesion.

Поступила 20.02.19 / Received on February 20, 2019