DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.4/14
УДК 674.048:630.84

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

кандидат биологических наук, доцент **С.Н. Снегирева**
доктор технических наук, доцент **А.Д. Платонов**
кандидат технических наук **Д.А. Паринов**
кандидат технических наук **И.Н. Медведев**
кандидат технических наук, доцент **А.В. Киселева**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

Для производства шпал в России используется древесина. Шпалы из натуральной древесины имеют недостаток – малый срок эксплуатации. Повысить срок эксплуатации деревянных шпал можно, если для их изготовления использовать прессованную (модифицированную) древесину. Прессование древесины – одно из наиболее перспективных направлений улучшения ее физико-механических свойств. Прессованная древесина, в свою очередь, имеет недостаток – способность существенно изменять размеры и форму при изменении влажности, а также невысокая биологическая стойкость. Решением данной проблемы является пропитка древесины раствором антисептика. Долговечность изделий из прессованной древесины во многом зависит от качества её пропитки и количества поглощенного раствора поверхностным слоем древесины. Из известных способов пропитки для получения модифицированной древесины для производства железнодорожных шпал является пропитка древесины в горяче-холодных ваннах. В работе исследована эффективность пропитки древесины методом горяче-холодных ванн с учетом различных условий воздействия холодного раствора. Первый вариант – быстрая замена горячего раствора холодным. Второй – пропитка древесины при естественном остывании горячего раствора. Установлено, что глубина пропитки древесины при постепенном остывании древесины в горячем растворе меньше, чем глубина пропитки при остывании в холодном растворе в 2,5 раза меньше, как в продольном, так и в поперечном направлении шпалы. Количество раствора, поглощенного древесиной при пропитке методом горяче-холодных ванн при постепенном остывании горячего пропиточного раствора на 16 % меньше, чем при остывании в холодном пропиточном растворе. Для изготовления шпал из модифицированной древесины, совмещенным способом наиболее эффективным является метод горяче-холодных ванн, с остыванием древесины в холодном растворе.

Ключевые слова: пропитка, метод горяче-холодных ванн, количество поглощенного раствора, береза, модифицированная древесина, остывание в гидрофобном растворе, глубина пропитки

IMPROVING THE QUALITY OF IMPREGNATION OF BIRCH WOOD IN THE PRODUCTION OF SLEEPERS

PhD (Biology), Associate Professor **S.N. Snegireva**
DSc (Engineering), Associate Professor **A.D. Platonov**
PhD (Engineering) **D.A. Parinov**
PhD (Engineering) **I.N. Medvedev**
PhD (Engineering), Associate Professor **A.V. Kiseleva**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov",
Voronezh, Russian Federation

Abstract

Wood is widely used for the production of sleepers in Russia. Sleepers made of natural wood have the disadvantage – short service life. It is possible to increase the service life of wooden sleepers using pressed (modified) wood for their manufacture. Wood pressing is one of the most promising areas for improving its physical and mechanical properties. Pressed wood, in its turn, has a drawback – the ability to significantly change size and shape when humidity changes, as well as low biological resistance**.** The solution to this problem is to impregnate wood with an antiseptic solution with a stabilizer. The durability of pressed wood products largely depends on the quality of its impregnation and the amount of absorbed solution by the surface layer. The most simple and effective method (among the known for impregnation in the manufacture of railway sleepers) is impregnation of wood in hot-cold baths. In the work, the efficiency of wood impregnation by the method of hot-cold baths has been studied taking into account various conditions of exposure to a cold solution. The first option is to quickly replace a hot solution with a cold one. The second is the impregnation of wood during the natural cooling of hot solution. It was found that the depth of wood impregnation during gradual cooling of wood in a hot solution is 2.5 times less than the depth of impregnation during cooling in a cold solution, both in the longitudinal and transverse directions. The amount of solution absorbed by wood when impregnated by the hot-cold bath method with the gradual cooling of hot impregnating solution is 16% less than when cooling in a cold impregnating solution. Hot-cold bath method with cooling in a cold solution can be recommended for the manufacture of sleepers from modified wood.

Keywords: impregnation, hot-cold bath method, amount of absorbed solution, birch, modified wood, cooling, depth of impregnation

Введение

Элементом верхнего строения железно-дорожного пути являются шпалы, которые изготавливают в основном из древесины. Деревянные шпалы из натуральной древесины имеют ряд недостатков. Основной недостаток деревянных шпал является малый срок эксплуатации. Повысить срок эксплуатации деревянных шпал можно, если для их изготовления использовать прессованную (модифицированную) древесину. Прессование древесины – одно из наиболее перспективных направлений улучшения ее физико-механических свойств [1, 2].

Долговечность и качество изделий из прессованной древесины определяется её биостойкостью и формоустойчивостью. Одним из недостатков прессованной древесины является ее способность существенно изменять размеры и форму при изменении влажности. Повысить формоустойчивость и стабилизировать размеры, а также биостойкость возможно, если древесину перед прессованием пропитать раствором антисептика со стабилизатором [3-5]. Шпало-продукция пропитывается каменноугольным маслом (креозотом) либо антисептиком «ЖТК» и др. глубиной до 5-8 мм и более, что гарантирует надежную консервацию древесины.

Изготовление шпал из прессованной (модифицированной) древесины включает совмещенные технологические операции сушки-пропитки-прессования. Для пиломатериалов большого сечения (брусья) наиболее эффективным способом сушки является сушка в среде гидрофобной жидкости, при температуре, превышающей 100 °С [5-8]. Одним из простых и эффективных способов пропитки является метод горяче-холодных ванн [9]. Получение модифицированной (прессованной) древесины методом одноосного прессования [1, 6, 10].

Для реализации данной технологии необходимо обосновать глубину и количество поглощенного раствора древесиной. В связи с чем, целью исследований является определение глубины и количества поглощенного раствора при пропитке древесины березы методом горяче-холодных ванн с учетом, способа охлаждения – естественного остывания в пропиточной ванне или интенсивного охлаждения, путем замены горячего раствора на холодный.

Методика проведения исследований.

Экспериментальные исследования по определению эффективности методов пропитки древесины методом горяче-холодных ванн и при естественном остывании выполнены на древесине березы бородавчатой (*B. Pendula* Roth) произрастающей в Липецкой области. Отбор деревьев для исследования был произведен согласно требований ГОСТ 16483.6-80 «Древесина. Метод отбора модельных деревьев и кряжей для определения физико-механических свойств древесины насаждений». Исходя из требований ГОСТа, модельные деревья исследуемых пород выбирали из числа деревьев, которые по величине диаметра (26 см и более) удовлетворяют требованиям, предъявляемым к лесоматериалам, идущим на изготовление шпал. Выбранные модельные деревья для проведения исследования были разрезаны на кряжи длиной 2 м. Из каждого ствола для исследований были взяты по два кряжа из средней части. Из кряжей были выпилены брусья сечением 190×150 и длиной 1,75 м.

Затем брусья были высушены в маслянистой жидкости (ЖТК) при температуре 130 °С до конечной влажности 21-22 %. После сушки брусья были пропитаны двумя способами. Количество раствора поглощенного прессованной древесиной было определено после её пропитки методом горяче-холодных ванн и при естественном остывании в ванне горячей пропиточной маслянистой жидкости. Первый способ горяче-холодных ванн. Из ванны в течение пяти минут замещали горячую маслянистую жидкость (ЖТК) (t=130 °С) на холодную (t = 50 °С). Продолжительность выдержки брусьев в холодном растворе составила 1,5 часа. Второй способ пропитка при естественном остывании маслянистой жидкости (ЖТК) до температуры 50 °С.

После пропитки производили раскрой брусьев согласно схеме, представленной на рис. 1. Каждый брус был раскроен на заготовки толщиной 20 мм в количестве шести штук – по три штуки со стороны верхней и нижней пластей. Затем из каждой пластины были вырезаны образцы размером 20×20×40 мм из пропитанной и непропитанной части, согласно схемы, представленной на рис. 2.

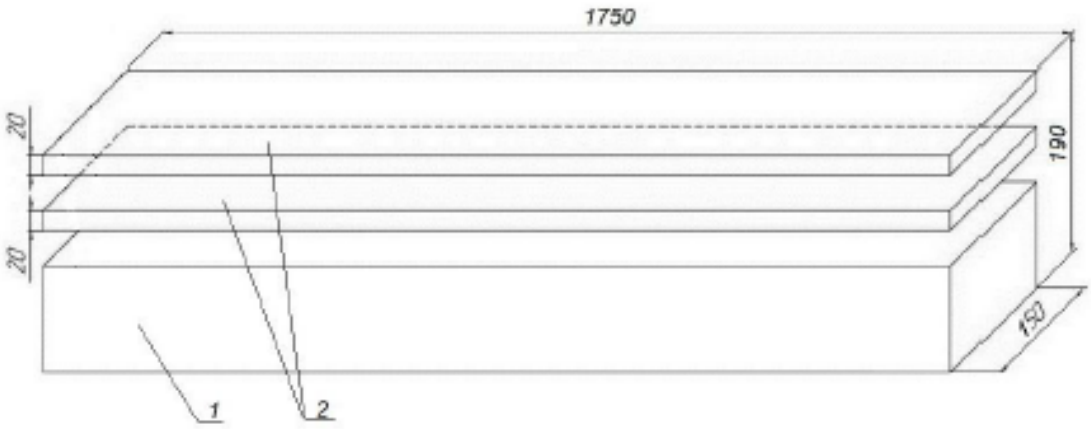
После этого измеряли линейные размеры образцов, взвешивали на весах с точностью до 0,01 г и определяли их плотность согласно ГОСТ 16483.1-84 «Древесина. Метод определения плотности» при влажности в момент испытания. По величине плотности пропитанной и непропитанной древесины было определено количество раствора, поглощенного древесиной при пропитке.

Результаты исследований

Большое влияние на срок эксплуатации деревянных шпал оказывает глубина пропитки и количество поглощенного пропиточного раствора. В табл. 1 представлены результаты экспериментальных исследований изменения плотности натуральной древесины березы и пропитанной различными методами.

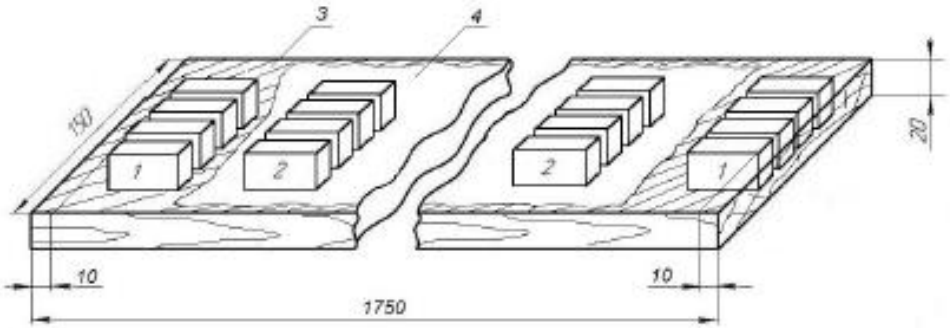
Экспериментально установлено, что глубина пропитки древесины методом горяче-холодных ванн и остывании в холодном растворе составила в продольном направлении в среднем 130-150 мм, а в поперечном направлении в 8-20 мм (рис. 3 и 4). Глубина пропитки древесины при постепенном

остывании в горячем растворе составила в продольном направлении около 50-60 мм, в поперечном – 3-5 мм (рис. 4 и 5). При постепенном остывании древесины в горячем растворе глубина пропитки в 2,5 раза меньше, чем при остывании в холодном растворе.



1 – брус; 2 – заготовка (пластина)

Рис. 1. Схема раскроя бруса на заготовки (пластины)



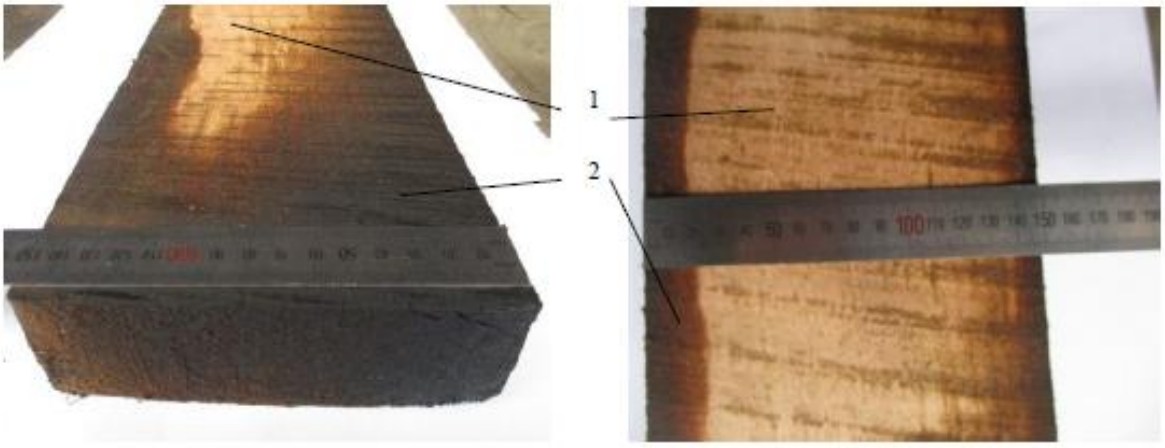
1 – образцы из пропитанной части бруса; 2 – образцы из непропитанной части бруса; 3 – пропитанная древесина; 4 – непропитанная древесина

Рис. 2. Схема выпиловки образцов из заготовки (пластины)

Таблица 1

Влажность и плотность прессованной древесины березы

Вид древесины	Метод горяче-холодных ванн		Метод горяче-холодных ванн при естественном остывании горячего раствора	
	Плотность ρ, кг/м^3	Влажность W, %	Плотность ρ, кг/м^3	Влажность W, %
Пропитанная древесина	776	-	750	-
Непропитанная древесина	690	21,5	677,5	21



а б

а – глубина пропитка с торцовой части; б – глубина пропитка в поперечном направлении; 1 – непропитанная древесина; 2 – пропитанная древесина

Рис. 3. Общий вид среза образца древесины, пропитанного методом горяче-холодных ванн и остывании в холодном растворе

1 – непропитанная древесина; 2 – пропитанная древесина

Рис. 4. Общий вид среза образца древесины, пропитанного методом горяче-холодных ванн и постепенном остывании пропиточного раствора

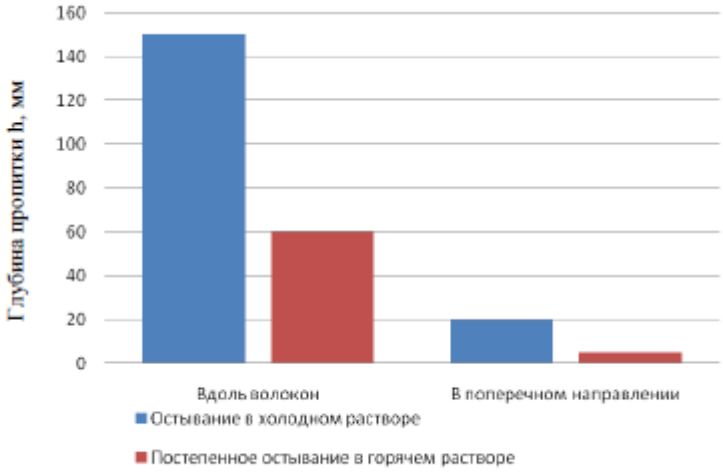


Рис. 5. Глубина пропитки древесины березы методом горяче-холодных ванн

Количество поглощенного раствора при пропитке древесины методом горяче-холодных ванн с остыванием в холодном растворе составило 86 кг на 1 м^3, а при постепенном остывании пропиточного раствора – около 72,5 кг на 1 м^3.

Экспериментально установлено, что продолжительность пропитки методом горяче-холодных ванн при остывании древесины в холодном растворе составляет 2-2,5 часа, при медленном остывании в горячем растворе 8-8,5 часа.

При разработке высокотехнологичной малооперационной технологии производства модифицированной древесины был принят метод горяче-холодных ванн, с остыванием в холодном растворе, поскольку он обеспечивает большее поглощение пропиточного раствора и наибольшую глубину проникновения его в древесину, как в продольном, так и в поперечном направлении при меньшей продолжительности процесса.

Выводы

Срок эксплуатации железнодорожных шпал зависит от глубины пропитки и количества поглощенного пропиточного раствора. Глубина пропитки древесины методом горяче-холодных ванн при остывании в холодном растворе составляет в продольном направлении 130-150 мм, а в поперечном 8-20 мм, что в 2,5 раза выше, чем глубина пропитки при постепенном остывании горячего раствора, как в продольном, так и в поперечном направлении.

Количество поглощенного раствора при пропитке древесины методом горяче-холодных ванн с остыванием в холодном растворе составило 86 кг на 1 м^3, а при постепенном остывании пропиточного раствора – около 72,5 кг на 1 м^3.

Экспериментально установлено, что продолжительность пропитки методом горяче-холодных ванн при остывании древесины в холодном растворе составляет 2-2,5 часа, а при медленном остывании в горячем растворе 8-8,5 часа.

Для изготовления модифицированной древесины совмещенным методом сушки-пропитки-прессования, наиболее эффективной является пропитка методом горяче-холодных ванн, с остыванием в холодном растворе, обеспечивающая большее поглощение пропиточного раствора и наибольшую глубину проникновения его в древесину, как в продольном, так и в поперечном направлении при минимальной продолжительности процесса.

Работа выполнена в рамках проекта госзадания № 11.3960.2017/4.6.

Библиографический список

1. Хухрянский, П. Н. Прессование древесины / П. Н. Хухрянский // 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Лесная промышленность, 1964 – 361 с. – *Библиогр.: с. 360.*

2. Navi P., Heger F. (2004) Combined densification and thermo-hydro-mechanical processing of wood. MRS Bull 29: 332-336.

3. Sheikh Ali Ahmed, Morén T., Sehlstedt-Persson M., Blom Å. (2017) Effect of oil impregnation on water repellency, dimensional stability and mold susceptibility of thermally modified European aspen and downy birch wood Sheikh. *Journal of Wood Science*. 63: 74-82.

4. Nikolic M., Lawther J.M., Sanadi A.R. J Coat Technol Res (2015) 12: 445. https://doi.org/10.1007/s11998-015-9659-2.

5. Hrčka R, Babiak M, Németh R (2008). High temperature effect on diffusion coefficient. *Wood Res Slovak* 53:37–46.

6. Теоретические и прикладные аспекты получения шпал из древесины мягких лиственных пород : моногр. / В. А. Шамаев, И. Н. Медведев, Д. А. Паринов [и др.]. – Воронеж, 2019. – 159 с. – *Библиогр.: с. 147-157.* – ISBN 978-5-7994-0877-0.

7. Соколов, П. В. Сушка древесины / П. В. Соколов. – 3-е изд. – Москва : Лесная промышленность, 1968. – 363 с.

8 . Youke Zhao, Xin Zhao, Ikuho Iida, Juan Guo (2019) Studies on pre-treatment by compression for wood impregnation II: the impregnation of wood compressed at different moisture content conditions. *Journal of Wood Science*. Vol. 65(28). Doi.org/10.1186/s10086-019-1808-2.

9. Михеевская, М. А. Изменение поглощающей способности древесины березы и осины в зависимости от положения в стволе / М. А. Михеевская, А. Д. Платонов, А. М. Волганкин // Forest Engineering / Материалы очной научно-практической конференции с международным участием под ред. И.И. Слепцова. – Якутск, 30-31 мая 2018 г. – Якутск : ЯГСХА, 2018. – 1 электрон. опт. диск. – С. 150–153 (297 с.). *Библиогр.: С. 153.* – ISBN 978-5-7513-2527-5.

10. Ugolev, B. N. General laws of wood deformation and rheological properties of hardwood / B. N. Ugolev // Wood Science and Technology. – 1976. – Vol. 10(3). – P. 169–181.

References

1. Khukhryanskiy P. N. *Pressovanie drevesiny* [Wood pressing]. 2-e izdanie ispravlennoe i dop. *M.*: *Lesnaya promyshlennost'*. 1964. p. 361. (In Russian).

2. Navi P, Heger F (2004) Combined densification and thermo-hydro-mechanical processing of wood. *MRS Bull* 29:332-336.

3. Sheikh Ali Ahmed, Tom Morén, Margot Sehlstedt-Persson, Åsa Blom (2017) Effect of oil impregnation on water repellency, dimensional stability and mold susceptibility of thermally modified European aspen and downy birch wood. *Journal of Wood Science* 63: 74-82.

4. Nikolic M., Lawther J.M., Sanadi, A.R. (2015) *J Coat Technol Res* 12: 445. https://doi.org/10.1007/s11998-015-9659-2.

5. Hrčka R, Babiak M, Németh R (2008) High temperature effect on diffusion coefficient. *Wood Res Slovak* 53:37–46.

6. Shamaev V.A., Medvedev I.N., Parinov D.A., Platonov A.D., Miheevskaya M.A., Kuryanova T.K., Morkovina S.S., Panyavina E.A., Belchinskaya L.I., Dornyak O.R. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty polucheniya shpal iz drevesiny myagkih listvennyh porod* [Theoretical and applied aspects of producing sleepers from soft hardwood]. *Voronezh. 2019. 159 p.* (In Russian).

7. Sokolov P. V. *Sushka drevesiny* [Wood drying]: *3rd ed., revised. Moscow: Lesnaya promyshlennost'*. 1968. 363 p. (In Russian).

8. Youke Zhao, Xin Zhao, Ikuho Iida and Juan Guo (2019) Studies on pre-treatment by compression for wood impregnation II: the impregnation of wood compressed at different moisture content conditions. *Journal of Wood Science.* Vol. 65(28). Doi.org/10.1186/s10086-019-1808-2.

9. Mikheevskaya M.A., Platonov A.D., Volgankin A.M. *Izmenenie pogloshhayushhej sposobnosti drevesiny berezy i osiny v zavisimosti ot polozheniya v stvole* [Change in the absorption capacity of birch and aspen wood depending on the position in the trunk] ; Forest Engineering / *Materialy ochnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii s Mezhdunarodnym uchastiem pod red. I.I. Sleptsova* – YAkutsk, 30-31 maya 2018 g.: YAGSKHA, 2018. 1 ehlektron. opt. disk.-p. 150-153 (297 p.). (In Russian).

10. Ugolev B. N. (1976) General laws of wood deformation and rheological properties of hardwood. *Wood Science and Technology*. Vol. 10(3). pp. 169-181.

Сведения об авторах

Снегирева Светлана Николаевна – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vgltawood@yandex.ru.

Платонов Алексей Дмитриевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: aleksey66@yandex.ru.

Паринов Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, преподаватель кафедры древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: dmitryparinov@mail.ru.

Медведев Илья Николаевич – кандидат технических наук, младший научный сотрудник научно-образовательного центра «Устойчивое развитие лесного комплекса» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: drevstal@mail.ru.

Киселева Александра Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: avk50@yandex.ru.

Information about authors

Snegireva Svetlana Nikolaevna – PhD (Biology), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Wood Science, FSBEI HE "Voronezh State Forestry Engineering University named after G. F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: vgltawood@yandex.ru.

Platonov Aleksei Dmitrievich – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Chair of Wood Science, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: aleksey66@yandex.ru.

Parinov Dmitriy Aleksandrovich – PhD (Engineering), Assistant at the Chair of Wood Science, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: dmitryparinov@mail.ru.

Medvedev Ilya Nikolaevich – PhD (Engineering), Junior Researcher, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: drevstal@mail.ru.

Kiseleva Aleksandra Vladimirovna – PhD (Engineering), Associate Professor of the Chair of Wood Science, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: vgltawood@yandex.ru.