

## References

1. Barański, J., Klement, I., Vikovská, T., Konopka, A. 2017. „High temperature drying process of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) with different zones of sapwood and red false heartwood”, *BioResources*, 12(1), 1861-1870.
2. Majka, J., Olek, W.: „Effects of european beech (*Fagus sylvatica*L.) wood steaming on sorption properties and klin-drying intensity”2007. *Folia Forestalia Apolonica*38, 55-65.
3. Németh, R., Ott, Á., Takáts, P., Bak, M. 2013. „The effect of moisture content and drying temperature on the colour of two poplars and robinia wood”. *Bio Resources* 8(2) 2074-2083.
4. Taghiyari, H.R., Talaei, A., Karimi, A.: 2011. „A correlation between the gas and liquid permeabilites of beech wood heat-treated in hot water and steam mediums”. *Maderas: Ciencia y Tecnologia* 13(3), 329-336.
5. Tolvaj, L., Molnár, S., Takáts, P., Németh, R. 2006. „A bükk (*Fagus silvatica* L.) faanyagfehér- ésszínésztesztjeszínénekváltozása a gőzölési idő és a hőmérséklet függvényében”. *Faipar* 54(2), 3-4.
6. Tolvaj, L., Németh, R., Varga, D., Molnár, S. 2009. „Colour homogenisation of beech wood by steam treatment” *Drewno*2009, 52, 181.

УДК 674-419.32

**С. А. Котиков,**

аспирант 1 года, ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», г. Кострома, РФ,  
[galich1917@yandex.ru](mailto:galich1917@yandex.ru)

**А. А. Титунин,**

д. т. н., зав. кафедрой ЛДП, ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», г. Кострома, РФ,  
[a\\_titunin@ksu.edu.ru](mailto:a_titunin@ksu.edu.ru)

**А. А. Федотов,**

к. т. н., доцент кафедры ЛДП, ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», г. Кострома, РФ,  
[aafedotoff@yandex.ru](mailto:aafedotoff@yandex.ru)

### ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДИФИКАЦИИ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФАНЕРЫ

*Проведен анализ наиболее эффективных российских и зарубежных способов модификации фенолоформальдегидного связующего как на стадии синтеза смолы, так и при введении модификаторов в готовую смолу. Выявлен наиболее удобный и экономичный способ модификации – введение в готовую смолу. Предложен вариант модификации с наиболее возможным снижением энергоемкости производства.*

**Ключевые слова:** фенолоформальдегидное связующее, модификация, прочность, водостойкость, себестоимость.

**S. A. Kotikov,**

1st year graduate student, Kostroma State University, Kostroma, Russian Federation,  
[galich1917@yandex.ru](mailto:galich1917@yandex.ru)

**A. A. Titunin,**

Doctor of Technical Sciences, Head of Woodworking Department, Kostroma State University, Kostroma,  
[a\\_titunin@ksu.edu.ru](mailto:a_titunin@ksu.edu.ru)

**A. A. Fedotov,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kostroma State University, Kostroma, Russian Federation,  
[aafedotoff@yandex.ru](mailto:aafedotoff@yandex.ru)

### JUSTIFICATION DIRECTION MODIFICATION OF PHENOL-FORMALDEHYDE RESINS IN PRODUCTION OF PLYWOOD

*The analysis of the most effective Russian and foreign methods of modifying the phenol-formaldehyde binder both at the stage of resin synthesis and when introducing modifiers into the finished resin is carried out. The most convenient and economical method of modification – introduction into the finished resin-is revealed. A variant of the modification with the most possible reduction in the energy intensity of production is proposed.*

**Keywords:** phenol-formaldehyde binder, modification, strength, water resistance, cost price.

Объемы производства и потребления водостойкой фанеры ФСФ продолжают увеличиваться, растущие требования потребителей ставят новые задачи, поэтому перед производителями фанеры стоит непростая задача совершенствования свойств готовой продукции при возможном снижении себестоимости. Традиционный подход к решению данной задачи – модификация фенолоформальдегидной смолы на стадии синтеза (путем частичной замены фенола), либо готовой смолы различными модификаторами.

По первому пути идут российские и зарубежные ученые. В работе Забелкина С. А. и др. [1] предложено использование пиролизной жидкости, полученной методом быстрого абляционного пиролиза древесины сосны, в качестве заменителя (до 50 %) фенола при синтезе фенолоформальдегидных смол. При этом можно получить смолу с хорошими качественными характеристиками и пониженной токсичностью, а также более низкой стоимостью. Также в нескольких работах зарубежных ученых [2–4] предлагается замена части фенола на лигнин или производные лактозы. При этом при частичной замене фенола на лигнин адгезионная прочность фенолоформальдегидной смолы не снижается.

Второй путь в своих исследованиях реализуют как ученые профильных вузов страны, так и зарубежные ученые. Данному вопросу посвящено немало работ ученых Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С. М. Кирова. В работе Соколовой Е. Г. [5] используются клеевые составы на основе фенолоформальдегидной смолы, модифицированной меламинакарбаминоформальдегидной смолой (МКФС), с введением комбинированного отвердителя (раствор двуххромовокислого натрия, карбамида вводе) КО-2. Такое решение позволяет ускорить процесс отверждения клея, снизить ее токсичность и увеличить прочность клеевого соединения за счет образования полной пространственной структуры полимера, а также уменьшить энергозатраты на склеивание фанеры. В работе Русакова Д. С. и др. [6, 7] оценивается влияние добавки модификаторов – побочных продуктов целлюлозно-бумажного производства (пектол, лигносульфонаты, шлам холодного отжима, черные сланцы). Установлено, что их введение позволяет улучшить свойства клея, повысить прочность фанеры и одновременно снизить содержание свободного формальдегида, снизить себестоимость готовой продукции и утилизировать отходы целлюлозно-бумажной промышленности. В работе Русакова Д. С. и др. [8] оценено влияние добавки в смолу угольной пыли электрофильтров алюминиевого производства. Установлено, что данная добавка повышает прочность фанеры на 20–50 %, снижает содержание свободного формальдегида в готовой продукции на 5–15 %. Возможность модификации смол алюминий содержащими соединениями рассмотрена в работе [9]. Выявлена возможность повышения прочностных характеристик фанеры. В патенте [10] и работе [11] предлагается модификация смолы экстрактом коры хвойных пород деревьев и параформом, что позволит повысить физико-механические свойства и снизить токсичность фанеры. Использование в качестве модификаторов алкилрезорцинов и пероксида водорода уменьшает время прессования фанеры на 25 % и повышает ее прочностные характеристики [12].

В известных зарубежных работах [9, 13] ставится уклон на снижение температуры прессования, однако при этом такие постоянные факторы как расход связующего (140–160 г/м<sup>2</sup>) и время прессования (6 мин) весьма велики. В нашей работе предполагается сделать попытку на снижение данных режимов до 100 г/м<sup>2</sup> и 5 мин соответственно (при сохранении физико-механических свойств).

#### Список литературы

1. Забелкин С. А., Грачев А. Н., Башкиров В. Н., Черезова В. Н. Модификация фенолоформальдегидных смол жидкими продуктами пиролиза древесины // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 10. С. 97–100.
2. Hussin M. H. Zhang H. H., Aziz N. A., Samad N. A., Faris A. H., Mohamad Ibrahim M. N., Iqbal A., Abdul Latip A. F., Mohamad Haafiz M.K. Preparation of environmental friendly phenol-formaldehyde wood adhesive modified with kenaf lignin // Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences. 2017. Vol. 6. P. 409–418.
3. Qiao W, Li S., Guo G., Han S., Ren S., Ma Y. Synthesis and characterization of phenol-formaldehyde resin using enzymatic hydrolysis lignin // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2015. Vol. 21. P. 1417–1422.
4. Viswanathan T., Toland A. Whey modified phenol-Formaldehyde resins as plywood adhesives // Carbohydrate Polymers. 1991. Vol. 15, No. 1. P. 41–49.
5. Соколова Е. Г. Модификация фенолоформальдегидной смолы меламинакарбаминоформальдегидной смолой для склеивания фанеры // Системы Методы Технологии. 2018. № 2(38). С. 111–115.
6. Русаков Д. С., Чубинский А. Н., Русакова Л. Н., Варанкина Г. С. Исследование свойств модифицированных фенолоформальдегидных клеев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 222. С. 155–174.
7. Rusakov D. S., Varankina G. S., Chubinskii A. N. Modification of Phenol- and Carbamide-Formaldehyde Resins by Cellulose By-products // Polymer Science. Series D. 2018. Vol. 11, No. 1. P. 33–38.
8. Русаков Д. С., Варанкина Г. С., Чубинский А. Н. Модификация фенолоформальдегидных смол отходами производства алюминия и целлюлозы // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019/ № 2. С. 130–140.

9. Bekhta P., Bits G. Modification of phenol-formaldehyde resins by aluminium containing compounds // Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine: collection of scientific works. 2008. Vol. 6. P. 155–158.
10. Пат. МПК В27D 1/04. Фанера. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный технологический университет». Заявл. 05.07.2010. Опубл. 27.01.2012, Бюл. № 3.
11. Криворотова А. И., Ушанова В. М. Улучшение экологических свойств и качественных характеристик фанерной продукции, с использованием клеевмодифицированных экстрактами коры хвойных // Хвойные бореальной зоны. 2014. XXXII. № 1-2. С. 52–55.
12. Mirski R., Łęcka J., Dziurka D. The effect of modification of phenolic resin with alkylresorcinols and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on properties of plywood // Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria. 2009. Vol. 8, No. 4. PP. 67–74.
13. Bekhta P., Salim H., Potapova O., Sedliacik J. Shear Strength of Exterior Plywood Panels Pressed at Low Temperature // Materials. 2009. Vol. 2. P. 876–882.

УДК 630\*812

**А. А. Котов,**

д.т.н., профессор кафедры ЛТ1, ФГБОУ ВО «Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана», г. Мытищи, РФ, [kotov@mgul.ac.ru](mailto:kotov@mgul.ac.ru)

**А. Ф. Алябьев,**

д. т. н., профессор кафедры ЛТ7, ФГБОУ ВО «Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана», г. Мытищи, РФ, [alyabiev@mgul.ac.ru](mailto:alyabiev@mgul.ac.ru)

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЖЕСТКОСТИ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ БЕРЕЗЫ

*При проектировании рабочих органов лесохозяйственных машин, таких как катки-осветлители, кусторезы и др., необходимо учитывать физико-механические свойства нежелательной древесной растительности. На практике часто не учитывается влияние на упругие свойства растений механической связи с почвой. В статье предложена методика определения вклада корневой системы и почвы в суммарную жесткость растения при статическом изгибе и установлены зависимости для определения полного отклонения произвольной точки стволика за счет деформации корней и прогиба стволика. Исследованиями установлено, что коэффициент жесткости корневой системы изменяется пропорционально квадрату диаметра стволика у корневой шейки.*

**Ключевые слова:** берёза, корневая система, стволик, прогиб, модуль упругости, коэффициент жёсткости.

**A. A. Kotov,**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Forest Crops, Breeding and Dendrology, BMSTU (Mytishchi branch), Mytishchi, Moscow reg., Russia, [kotov@mgul.ac.ru](mailto:kotov@mgul.ac.ru)

**A. F. Alyabiev,**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Technological means and equipment of the forest complex, BMSTU (Mytishchi branch), Mytishchi, Moscow reg., Russia, [alyabiev@mgul.ac.ru](mailto:alyabiev@mgul.ac.ru)

### RESEARCH OF THE RIGIDITY COEFFICIENT THE ROOT SYSTEM OF BIRCH

*When designing the working bodies of forestry machines, such as rollers-clarifiers, brush cutters, etc., it is necessary to take into account the physical and mechanical properties of undesirable woody vegetation. In practice, the effect of mechanical connection with the soil on the elastic properties of plants is often not taken into account. The article proposes a method for determining the contribution of the root system and soil to the total stiffness of a plant under static bending and establishes dependences for determining the total deflection of an arbitrary point of the stem due to deformation of the roots and deflection of the stem. Studies have established that the coefficient of stiffness of the root system changes in proportion to the square of the stem diameter at the root collar.*

**Keywords:** birch tree, root system, stem, deflection, elastic modulus, modulus of elasticity, rigidity coefficient.

Как показывает практика, к механическим свойствам древесных растений, учитываемым при конструировании лесохозяйственных машин, предназначенных для борьбы с нежелательной древесной растительностью, необходимо относить не только жесткость ствола, но и коэффициент жесткости корневой системы [1]. Целью статьи является исследование жесткости корней березы, которая является одной из наиболее распространенных нежелательных пород на возобновившихся вырубках центрального региона. До отмирания главного (стержневого) корня дерево растет медленно, затем корневая система начинает быстро развиваться за счет боковых корней, которые проникают в почву под углом 30–60 градусов. При этом ускоряется и рост дерева в целом [2]. Исследования проводились в Московской, Владимирской и Ярославской областях.