

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТХОДОВ ОКОРКИ УСТАНОВКОЙ С НОЖЕВЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

Аспирант **Д.В. Бастриков**¹

Соискатель, кандидат технических наук **Ю.Н. Власов**²

Аспирант **С.В. Кучер**²

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

2 – ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Тематика предлагаемого исследования направлена на изучение процесса измельчения отходов окорки. Основные задачи экспериментальных исследований - установить общие закономерности, связывающие энергоёмкость измельчения отходов окорки со степенью измельчения и оценить энергоёмкость операции измельчения отходов окорки при подготовке к утилизации. В статье приводятся результаты экспериментов по дроблению отходов окорки ели и сосны, выполненного с использованием промышленного измельчителя Erdwisch M600/1-400. Для каждой из двух пород исследовано по 9 групп экспериментального материала при различной влажности и степени измельчения. Показано, что удельная энергоёмкость измельчения отходов окорки ели и сосны связана с относительной влажностью отходов окорки и степенью их измельчения нелинейной зависимостью, повторяющей структуру закона измельчения Кирпичева-Кика, получены соответствующие математические модели. Установлено, что отношение теплоты сгорания сухого вещества, содержащегося в продукте измельчения коры («энергетическая стоимость»), и энергии, затраченной на ее измельчение («энергетическая себестоимость»), зависит от относительной влажности коры, причем у зависимости есть точка минимума. Оптимальная по этому соотношению влажность отходов окорки ели, подлежащих измельчению, составляет 25 %, сосны – 27 %. Установлено, что удельная энергоёмкость измельчения отходов окорки ели и сосны при оптимальной влажности пропорциональна натуральному логарифму степени измельчения. При оптимальной влажности для измельчения отходов окорки ели в 5-15 раз потребуется затратить энергию, составляющую 5-10 % теплоты сгорания. При оптимальной влажности для измельчения отходов окорки сосны в 5-15 раз потребуется затратить энергию, составляющую 7-14 % теплоты сгорания.

Ключевые слова: измельчение, энергоёмкость, отходы окорки, ножевой рабочий орган.

INVESTIGATION OF THE ENERGY CONSUMPTION OF BARKING WASTE GRINDING BY INSTALLATION WITH A KNIFE WORKING BODY

PhD-student **D.V. Bastrikov**¹

Applicant **Yu.N. Vlasov**²

PhD-student **S.V. Kucher**²

1 – FSBEI HE “Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov”, Voronezh,
Russian Federation

2 – FSBEI HE “St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov”, St. Petersburg, Russian
Federation

Abstract

The subject of the proposed study is aimed at studying the process of grinding barking waste. The main tasks of experimental research are to establish general patterns linking the energy intensity of grinding of debarking waste with the degree of grinding and to estimate the energy intensity of the grinding operation of barking waste in preparation for utilization. The article presents the results of experiments on crushing waste from spruce and pine, performed

with the Erdwich M600 / 1-400 industrial choppers. For each of the two species, 9 groups of experimental material have been examined at different humidity and degree of grinding. It is shown that the specific energy intensity of grinding waste from spruce and pine barking is associated with the relative humidity of the barking waste and the degree of their grinding by a nonlinear dependence repeating the structure of the Kirpichev-Kick grinding law; corresponding mathematical models are got. It has been established that the ratio of heat combustion of the dry matter contained in the bark crushing product ("energy cost") and the energy expended for its crushing ("energy prime cost") depends on the relative humidity of the bark, and the dependence has a minimum point. The optimum moisture content of the waste products from the spruce, subject to grinding, is 25%, pine - 27%. It is established that the specific energy intensity of grinding waste from debarking spruce and pine with the optimum humidity is proportional to the natural logarithm of the degree of grinding. With optimum humidity for grinding waste, debarking spruces in 5-15 times requires energy consumption of 5-10% of the calorific value. At optimum humidity for pine waste grinding in 5-15 times, energy making 7-14% of a heat of combustion is required.

Keywords: grinding, energy intensity, barking waste, knife working body

Операция измельчения является одной из важнейших и наиболее энергоемких операций в цикле подготовки отходов окорки к утилизации, например, к производству биотоплива [12]. В научной литературе практически отсутствуют математические модели, адекватно описывающие измельчение отходов окорки на современном оборудовании с ножевым рабочим органом (наиболее распространённым на практике). Практическое отсутствие научного описания процесса приводит к неэффективным, необоснованным решениям по организации технологического процесса подготовки отходов окорки к утилизации, ведёт к увеличению энергозатрат на подготовку сырья. Как следствие, снижается общая эффективность функционирования перерабатывающих предприятий [6].

Ввиду изложенного, полагаем выбранную тематику исследования актуальной как для теории, так и для практики лесозаготовительного производства.

Задачи экспериментальных исследований, результаты которых изложены в предлагаемой статье, были следующие:

1. Установить общие закономерности, связывающие энергоёмкость измельчения отходов окорки со степенью измельчения.
2. Оценить энергоёмкость операции измельчения отходов окорки при подготовке к утилизации.

Основные управляемые факторы в опытах и интервалы их варьирования представлены в табл. 1.

План составлен с учетом результатов, полученных нами ранее в [3], [4].

Таблица 1

Управляемые факторы и интервалы их варьирования в опытах по изучению энергоёмкости измельчения отходов окорки

Фактор	Значение			Интервал
	нижн. уровень	осн. уровень	верхн. уровень	
$W, \%$	10	40	70	30
i	6	10	14	4

(в таблице обозначено: W – влажность отходов окорки, i – степень измельчения отходов окорки)

Опыты проводились с отходами окорки двух пород древесины – ели и сосны.

Число наблюдений в опытах варьировалось в пределах 10 – 30, что было обусловлено различным доступным количеством экспериментального материала.

Первый этап подготовки экспериментального материала заключался в создании нужной относительной влажности отходов. Использовали три группы влажности: отходы непосредственно после окорки ($W \approx 70 \%$), подсушенные на воздухе ($W \approx 40 \%$) и высушенные в сушильной камере ($W \approx 10 \%$).

Затем для экспериментального материала определенной группы влажности, проводилась предварительная сепарация на установке АЛГМ-3 с набором различных по диаметру сит. Отбирали

отходы таким образом, чтобы средняя крупность кусков до измельчения D составляла 70, 50 и 30 мм.

Таким образом, получали 9 групп экспериментального материала, чтобы обеспечить возможность эксперимента с факторами и интервалами их варьирования, соответствующими таблице 1.

Далее, непосредственно для эксперимента, отбирали навески массой ориентировочно 10 кг, масса экспериментальных проб контролировалась на товарных весах.

Отобранные пробы отдельно измельчали в экспериментальной установке (общее фото на рис. 1, рабочий орган измельчителя представлен на рис. 2). Для проведения экспериментов использован промышленный измельчитель Erdwisch M600/1-400.



Рис. 1. Экспериментальная установка (промышленный измельчитель)



Рис. 2. Рабочий орган экспериментальной установки (измельчителя)

Во время работы измельчителя фиксировались данные о потребляемой силе тока (датчики представлены на рис. 3).



Рис. 3. Измерительная аппаратура (датчики измельчителя)

После измельчения средняя крупность обработанной пробы (фото на рис. 4) определялась при помощи лабораторного сепаратора, для этого отбирали 3 навески экспериментального материала массой ориентировочно 0,1 кг.



Рис. 4. Проведение эксперимента

Для точного определения влажности также отбирали по 3 навески измельченного экспериментального материала, влажность определяли весовым методом по методике (ГОСТ).

Работу, совершенную во время измельчения материала, рассчитывали по графикам потребляемой силы тока при известном напряжении в сети (380 В), удельные энергозатраты – как частное частное работы измельчения и массы пробы материала.

Степень измельчения i , в свою очередь, представляет собой частное средней крупности кусков до измельчения D и после измельчения d .

Результаты экспериментов по измельчению отходов окорки ели и сосны (средние значения) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты экспериментов по измельчению отходов окорки

Порода древесины	$W, \%$	i	$Q_{изм},$ МДж/кг	S^2	n
Ель	9,82	13,97	1,868	0,2290	11
	40,17	13,83	1,013	0,2773	15
	70,13	13,99	0,909	0,3728	23
	9,98	10,13	1,659	0,2651	12
	40,74	9,91	0,895	0,3077	14
	71,07	9,79	0,833	0,1963	21
	10,10	5,89	1,135	0,1052	11
	39,60	6,07	0,768	0,1292	15
Сосна	70,55	5,97	0,700	0,1765	23
	10,12	14,13	2,693	0,3537	9
	40,71	14,19	1,441	0,2863	16
	69,73	14,12	1,244	0,2749	24
	9,97	9,71	2,348	0,3336	12
	40,88	10,03	1,277	0,6075	13
	68,98	9,93	1,128	0,3176	24
	9,99	6,01	1,617	0,1259	8
	39,56	5,95	1,059	0,1142	11
	68,79	5,91	0,945	0,1396	25

Воспроизводимость опытов проверяли по критерию Барглета, значение статистики в опытах по измельчению отходов окорки ели составило $T = 1,1282$, сосны - $T = 1,7983$. Сравнив T -статистики с критическим значением F -распределения (1,9391) при уровне значимости 0,05 можем заключить, что оснований отвергать гипотезу об однородности дисперсий в опытах не выявлено с вероятностью 95 %. В связи с этим считаем опыты воспроизводимыми.

Аппроксимируем данные табл. 2, полученные в ходе опытов по измельчению отходов окорки ели, при помощи метода наименьших квадратов. Математическая модель, связывающая относительную влажность W [%] отходов окорки и степень их

измельчения i с удельной энергоемкостью измельчения $Q_{ИЗМ}$ [МДж/кг], примет вид формулы, повторяющей структуру закона измельчения Кирпичева-Кика:

$$Q_{ИЗМ} = 1,43 W^{-0,33} \ln i \quad (1)$$

Коэффициент детерминации математической модели (1) $R^2 = 0,9696$, что позволяет настаивать на удовлетворительной точности аппроксимации.

Математическая модель, связывающая относительную влажность W [%] отходов окорки сосны и степень их измельчения i с удельной энергоемкостью измельчения $Q_{ИЗМ}$ [МДж/кг], как и в случае с дроблением отходов ели, примет вид формулы, повторяющей структуру закона измельчения Кирпичева-Кика [1], [2]:

$$Q_{ИЗМ} = 2,24 W^{-0,36} \ln i \quad (2)$$

Коэффициент детерминации математической модели (2) $R^2 = 0,9736$, что позволяет настаивать на удовлетворительной точности аппроксимации.

Результаты расчета показателей, необходимых для оценки адекватности математических моделей, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Оценка адекватности математических моделей

Показатель	Значение	
	Ель	Сосна
S_y^2	0,2288	0,283698
$S_{\text{адекв}}^2$	0,05772	0,10952
$F_{\text{расч}}$	0,2523	0,3860
$F_{\text{крит}}$	2,5140	2,5140

По данным табл. 3 можем заключить, что модели адекватны экспериментальным данным: расчетное значение критерия Фишера $F_{\text{расч}} = 0,2523$ для модели (1) и $F_{\text{расч}} = 0,3860$ для модели (2) меньше критического значения F -распределения $F_{\text{крит}} = 2,5140$ при уровне значимости 0,05.

Можем заключить, что энергоемкость процесса измельчения отходов окорки ели и сосны описывается закономерностями (1) и (2), соответствующими закону измельчения Кирпичева-Кика.

Математические модели (1) и (2) имеют важное практическое применение. Формулы пока-

зывают, что с уменьшением влажности отходов окорки удельная энергоемкость измельчения по массе увеличивается. Однако измельчаемый материал содержит не только органическое вещество коры и древесины, но и воду. Очевидно, что с точки зрения энергетических свойств продукта измельчения «ценность» единицы массы дробленых отходов окорки зависит от влажности.

Вычислим отношение теплоты сгорания сухого органического вещества, содержащегося в отходах окорки $Q_{СВХ}$, к затратам энергии на их измельчение в зависимости от влажности и степени измельчения. «Энергетическую стоимость» дробленой коры установим по формуле:

$$Q_{СВХ} = \frac{100 - W}{100} \cdot Q_{СК} \quad (3)$$

где $Q_{СК}$ – теплота сгорания 1 кг абсолютно сухой коры (в расчетах принята равной 18,75 МДж/кг [9], [10], [11]).

Исследуем взаимосвязь «энергетической стоимости», и энергии, затраченной на его получение (т.е. на измельчение) («энергетическая себестоимость» по терминологии [5], [7], [8]).

С учетом полученных математических моделей (1), (2) и формулы (3), запишем отношение:

$$\frac{Q_{ИЗМ}}{Q_{СВХ}} = \frac{a_0 W^{a_1} \ln i}{\frac{100 - W}{100} Q_{СК}} \quad (4)$$

где a_0 и a_1 – коэффициенты в математических моделях (1), (2) ($a_0 = 1,43$, $a_1 = -0,33$ для ели и $a_0 = 2,24$, $a_1 = -0,36$ для сосны).

Продифференцируем отношение (4), тогда

$$\frac{d \frac{Q_{ИЗМ}}{Q_{СВХ}}}{dW} = \frac{100 a_0 W^{a_1} a_1 \ln i}{(100 - W) W Q_{СК}} + \frac{100 a_0 W^{a_1} \ln i}{(100 - W)^2 Q_{СК}} \quad (5)$$

Решим уравнение (5) относительно влажности:

$$\frac{100 a_0 W^{a_1} a_1 \ln i}{(100 - W) W Q_{СК}} + \frac{100 a_0 W^{a_1} \ln i}{(100 - W)^2 Q_{СК}} = 0 \quad (6)$$

Очевидный корень уравнения (6)

$$W = \frac{100 a_1}{1 - a_1} \quad (7)$$

С учетом значений коэффициента a_1 в моделях (1) и (2), по формуле (7) получим оптималь-

ную влажность отходов окорки ели, подлежащих измельчению $W_{опт} = 25\%$, сосны – $W_{опт} = 27\%$.

Тогда при найденных значениях оптимальной влажности получим уравнения, описывающие удельную энергоёмкость [МДж/кг] измельчения отходов окорки ели и сосны:

$$Q_{изм} = 0,5 \ln i \quad (8)$$

$$Q_{изм} = 0,6785 \ln i \quad (9)$$

Уравнения (8), (9) проиллюстрированы графиками на рис. 5.

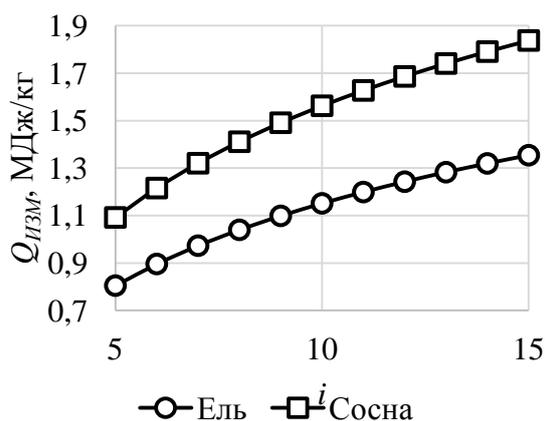


Рис. 5. Удельная энергоёмкость измельчения отходов окорки ели при оптимальной влажности ($W = 25\%$) и сосны ($W = 27\%$)

Отношение затрат энергии на измельчение отходов окорки ели и сосны с оптимальной влажностью к теплоте сгорания сухого вещества, содержащегося в них, проиллюстрировано графиками на рис. 6.

По графикам можем заключить, что на измельчение отходов окорки ели в 5-15 раз потребуется затратить энергию, составляющую 5-10 % теплоты сгорания, а на измельчение отходов окорки сосны в 5-15 раз потребуется затратить энергию, составляющую 7-14 % теплоты сгорания.

Резюмируем основные результаты экспериментов по измельчению отходов окорки:

1. Удельная энергоёмкость измельчения отходов окорки ели и сосны связана с относительной влажностью отходов окорки и степенью их измель-

чения нелинейной зависимостью, повторяющей структуру закона измельчения Кирпичева-Кика. Математические модели представлены формулами (1), (2).

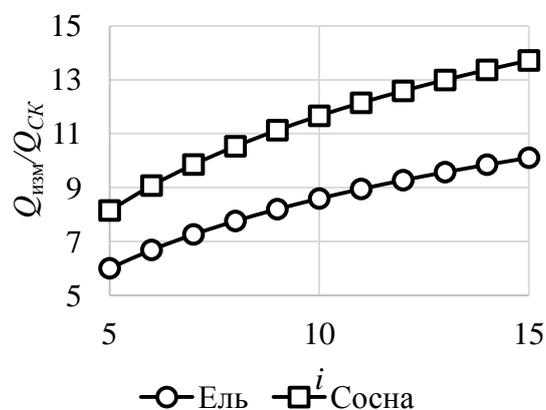


Рис. 6. Отношение затрат энергии на измельчение отходов окорки при оптимальной влажности к теплоте сгорания

2. Отношение теплоты сгорания сухого вещества, содержащегося в продукте измельчения коры («энергетическая стоимость»), и энергии, затраченной на ее измельчение («энергетическая себестоимость»), зависит от относительной влажности коры, причем у зависимости есть точка минимума. Оптимальная по этому соотношению влажность отходов окорки ели, подлежащих измельчению, составляет 25 %, сосны – 27 %.

Удельная энергоёмкость измельчения отходов окорки ели и сосны при оптимальной влажности пропорциональна натуральному логарифму степени измельчения. При оптимальной влажности для измельчения отходов окорки ели в 5-15 раз потребуется затратить энергию, составляющую 5-10 % теплоты сгорания. При оптимальной влажности для измельчения отходов окорки сосны в 5-15 раз потребуется затратить энергию, составляющую 7-14 % теплоты сгорания.

Библиографический список

1. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых // М.: Недра, 1980. 416 С.
2. Бастриков Д.В., Власов Ю.Н., Кучер С.В., Куницкая Д.Е. Экспериментальные исследования энергоёмкости дробления отходов окорки ели // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. № 217. С. 81-90.
3. Бастриков Д.В., Власов Ю.Н., Чибирев О.В. Результаты предварительных экспериментов по дроблению коры сосны // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2016. Т. 4. № 1 (21). С. 63-66.
4. Бастриков Д.В., Кацадзе В.А. Модель изменения фракционного состава коры в ходе измельчения // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 2-2 (13-2). С. 170-173.
5. Григорьев И.В., Хитров Е.Г., Никифорова А.И., Григорьева О.И., Куницкая О.А. Определение энергоёмкости продуктов лесопользования в рамках методики оценки экологической эффективности лесопользования // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19. № 5. С. 1499-1502.
6. Куницкая О.А., Хитров Е.Г., Ильюшенко Д.А. Уплотнение древесных материалов под действием ударной нагрузки // Научное обозрение. 2012. № 4. С. 121-127.
7. Grigorev I., Khitrov E., Kalistratov A., Bozhbov V., Ivanov V. New approach for forest production stocktaking based on energy cost // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 14. 2014. 407-414 pp.
8. Grigorev I., Nikiforova A., Khitrov E., Ivanov V., Gasparian G. Softwood harvesting and processing problem in Russian Federation // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 14. 2014. 443-446 pp.
9. Jenkins, B., Baxter, L., Miles, T. & Miles, J. (1998). Combustion properties of biomass. Fuel Process Technol, 54, 17-46.
10. Jenkins B.M., Properties of biomass, Biomass Energy Fundamentals, EPRI TR-102107, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, 1993.
11. Jenkins B.M., Physical properties of biomass, in: O. Kitani, C.W. Hall Eds. , Biomass Handbook, Chap. 5.2, Gordon & Breach, New York, NY, 1989.
12. Sikkema, K., Steiner, M., Junginger, M., Hiegl, W., Hansen, M. & Faaij, A. (2013). The European wood pellet markets: current status and prospects for 2020. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 5, 250–278

References

1. Andreev S.E., Perov V.A., Zverevich V.V. *Droblenie, izmel'chenie i grohochenie poleznyh iskopaemyh* [Crushing, grinding and screening of minerals] // М.: Nedra, 1980. 416 p.
2. Batrikov D.V., Vlasov Ju.N., Kucher S.V., Kunickaja D.E. *Jeksperimental'nye issledovanija jenergoemkosti droblenija othodov okorki eli* [Experimental studies of the energy consumption of waste from spruce debarking shredding] // Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotehnicheskoj akademii [Proceedings of Saint-Petersburg Forestry Academy]. 2016. #217. S. 81-90 pp.
3. Batrikov D.V., Vlasov Ju.N., Chibirev O.V. *Rezul'taty predvaritel'nyh jeksperimentov po drobleniju kory sosny* [Results of preliminary experiments on pine bark shredding] // *Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice]. 2016. Vol. 4. No. 1 (21). Pp. 63-66.
4. Batrikov D.V., Kacazde V.A. *Model' izmenenija frakcionnogo sostava kory v hode izmel'chenija* [Model of the change in the fractional composition of bark during shredding] // *Aktual'nye napravlenija nauchnyh*

- issledovanij XXI veka: teorija i praktika* [Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice]. 2015. Vol. 3. No. 2-2 (13-2). Pp. 170-173.
5. Grigor'ev I.V., Hitrov E.G., Nikiforova A.I., Grigor'eva O.I., Kunickaya O.A. *Opreделение ehnergoemkosti produktov lesopol'zovaniya v ramkah metodiki ocenki ehkologicheskoy ehffektivnosti lesopol'zovaniya* [Evaluation of energy consumption of forestry products in the framework of the methodology for assessing the ecological efficiency of forest management] // *Vestnik Tambovskogo universiteta* [Herald of Tambov State University]. 2014. #5. 1499-1502 pp.
 6. Kunickaya O.A., Hitrov E.G., P'yushenko D.A. *Uplotnenie drevesnyh materialov pod dejstviem udarnoj nagruzki* [Briquetting of wood materials under the impact of dynamic loading] // *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review]. 2012. #4. 121-127 pp.
 7. Grigorev I., Khitrov E., Kalistratov A., Bozhbov V., Ivanov V. New approach for forest production stocktaking based on energy cost // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 14. 2014. 407-414 pp.
 8. Grigorev I., Nikiforova A., Khitrov E., Ivanov V., Gasparian G. Softwood harvesting and processing problem in Russian Federation // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 14. 2014. 443-446 pp.
 9. Jenkins, B., Baxter, L., Miles, T. & Miles, J. (1998). Combustion properties of biomass. *Fuel Process Technol.* 54, 17-46.
 10. Jenkins B.M., Properties of biomass, *Biomass Energy Fundamentals*, EPRI TR-102107, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, 1993.
 11. Jenkins B.M., Physical properties of biomass, in: O. Kitani, C.W. Hall Eds. , *Biomass Handbook*, Chap. Ž . 5.2, Gordon & Breach, New York, NY, 1989.
 12. Sikkema, K., Steiner, M., Junginger, M., Hiegl, W., Hansen, M. & Faaij, A. (2013). The European wood pellet markets: current status and prospects for 2020. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 5, 250–278

Сведения об авторах

Бастриков Дмитрий Владимирович - аспирант кафедры технологии лесозаготовительных производств ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: bastrikov@gmail.com

Власов Юрий Николаевич - соискатель кафедры технологии лесозаготовительных производств ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», кандидат технических наук, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: gn.vlasov07@yandex.ru

Кучер Сергей Валерьевич - аспирант кафедры математических методов в управлении ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: suroga.kucher@gmail.com

Information about authors

Bastrikov Dmitriy Vladimirovich - Post-graduate student of Department of logging technology of Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov», St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: bastrikov@gmail.com

Vlasov Yuriy Nikolaevich - Applicant of the Department of logging technology of Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov», PhD in Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: gn.vlasov07@yandex.ru

Kucher Sergey Valerievich – Post-graduate student of Department of mathematical methods in management of Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Saint-Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov», St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: suroga.kucher@gmail.com

DOI: 10.12737/article_5ab0dfc1e37185.35527284

УДК 674.81

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ПЛАСТИКОВ БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРОВ ТИПА ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТОВ

доктор технических наук, профессор **В. Г. Буриндин**¹
доктор технических наук, профессор **Л. И. Бельчинская**²
кандидат технических наук, доцент **А. В. Савиновских**¹
кандидат технических наук, доцент **А. В. Артёмов**¹
аспирант **Кривоногов П.С.**¹

1 – ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
г. Екатеринбург, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж, Российская Федерация

Исследована возможность получения древесного и растительного пластика без связующего (ДП-БС) в присутствии катализатора марганецсодержащего ванадомолибдофосфат натрия. Применение данного катализатора позволяет уменьшить температуру горячего прессования в закрытых пресс-формах с 180⁰С до 160⁰С. На физико-механические свойства ДП-БС влияет фракционный состав исходного пресс-сырья. Более высокие значения свойств пластика достигаются при использовании фракции размером 0,7 мм, что связано с повышенной удельной поверхностью частиц по сравнению с частицами 1,3 мм. Результаты исследований показали, что у образцов, полученных при применении катализатора, наблюдается увеличение прочностных показателей (прочности при изгибе, модуля упругости при изгибе, твердости) при снижении температуры прессования, но при этом наблюдается снижение показателей водостойкости. Это объясняется увеличением содержания функциональных групп при применении катализатора. Процесс получения пластика можно разбить на две последовательные стадии: первая – гидротермическая деструкция лигнин-углеводного комплекса (исходная влажность пресс-сырья составляет 12 %, температура горячего прессования в закрытых пресс-формах 160...180⁰С) и частичная химическая активация лигнина в результате применения пероксида водорода и катализатора; вторая стадия - формирование пластика с образованием сетчатой структуры за счет образовавшихся функциональных групп. Установлено, что значения физико-механических свойств ДП-БС выше, чем у пластика, полученного на основе растительного сырья (РП-БС). Это можно объяснить тем, что у лигнина хвойных пород преобладает гваяцилпропановая структура, а у растительного сырья – гидроксифенилпропановая структура.

Ключевые слова: древесные и растительные пластики, древесные и растительные отходы, лигнин, катализатор, полиоксометаллаты.