

УДК 676.1.054.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

© *А.Ю. Вититнев**, Ю.Д. Алашкевич, Н.Г. Чистова, Р.А. Марченко, В.Н. Матыгулина

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, 660037 (Россия), e-mail: sanekvititnev@yandex.ru

В работе представлены результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств древесноволокнистых плит мокрого способа производства при регулировании конструктивных и технологических параметров процесса размола. Это позволило установить влияние рабочего зазора между размалывающими дисками и концентрации древесноволокнистой массы с учетом изменения качества древесного волокна после дефибратора при использовании разработанной гарнитуры фибриллирующего воздействия на физико-механические свойства плит. В результате реализации эксперимента получены регрессионные модели, адекватно описывающие исследуемый процесс размола и позволяющие прогнозировать значения физико-механических показателей готовой продукции в зависимости от установленных параметров процесса.

Проведен сравнительный анализ размерно-качественных характеристик волокнистого полуфабриката и его фракционного состава при использовании размольной гарнитуры фибриллирующего воздействия и традиционной конструкции, используемой в промышленности. Установлена преимущественная эффективность процесса размола при фибриллирующем воздействии гарнитуры в сравнении с традиционной гарнитурой. В результате происходит значительное улучшение качественных показателей волокнистого полуфабриката и его состава ввиду образования и преобладания в общей массе длинных и тонких, соответственно, гибких фибриллированных волокон, обладающих высокими плитообразующими свойствами, что позволяет повысить прочностные свойства продукции (на 20–25%), не применяя при этом связующих смол.

Ключевые слова: физико-механические свойства, процесс размола, конструкция гарнитуры, фибриллирование, древесноволокнистые плиты.

Исследование проводилось в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Глубокой переработки растительного сырья» проекта «Технология и оборудование химической переработки биомассы растительного сырья» (FEFE-2020-0016).

Введение

Несмотря на огромное разнообразие листовых композиционных материалов, используемых в строительстве, производстве мебели и многих других отраслях промышленности, древесноволокнистые плиты (ДВП) не теряют своей актуальности [1]. Зарекомендовавшие себя за многие годы эксплуатационные свойства ДВП в сочетании с доступной ценой – залог дальнейшего сохранения спроса на этот материал. Большой

Вититнев Александр Юрьевич – кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: sanekvititnev@yandex.ru

Алашкевич Юрий Давыдович – доктор технических наук, профессор, академик РАО, e-mail: alashkevichud@sibsau.ru

Чистова Наталья Геральдовна – доктор технических наук, профессор, e-mail: chistova_n_g@mail.ru

Марченко Роман Александрович – и.о. заведующего кафедрой машин и аппаратов промышленных технологий, кандидат технических наук, e-mail: r.a.marchenko@mail.ru

Матыгулина Венера Нурулловна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: caress-lsib@rambler.ru

процент от общего объема производства древесноволокнистых плит используют для наружного применения, поэтому возрастают требования к физико-механическим свойствам с точки зрения их эксплуатации под воздействием атмосферной влаги и переменной температуры окружающей среды [2]. Считается, что прочность – важнейшее физико-механическое свойство плитной продукции, по которому оценивается ее группа качества [3–6]. Плотность древесноволокнистой плиты

* Автор, с которым следует вести переписку.

– это показатель, определяющий вид плиты, характеризующий материалоемкость продукции и технико-экономический уровень производства, но не потребительские свойства плит [7, 8]. Тем не менее плотность взаимосвязана со всеми физико-механическими свойствами плит, являясь значимым показателем ДВП. Кроме прочностных и деформационных свойств неотъемлемым показателем качества таких плит является их водостойкость, которая характеризуется водопоглощением плиты за 24 ч [9, 10].

Многочисленные исследования [4, 7, 8, 11] показывают, что физико-механические свойства ДВП зависят от качественных характеристик полуфабриката и соотношения различных фракций в общей массе, приобретаемых в процессе его размола. Процесс размола волокнистого полуфабриката осуществляют в дисковых мельницах (дефибратор, рафинатор), где эффективность и качественные показатели наряду с основными конструктивными и технологическими параметрами определяет рисунок рабочей поверхности размольной гарнитуры [4, 12–15]. Известно, что в процессе размола происходит разрушение древесных волокон, как поперек (укорачивание) за счет касательных составляющих усилия, так и их расщепление в продольном направлении (фибриллирование) при нормальных усилиях [16–18]. Авторы в своих работах [4, 12, 19, 20] отмечают, что наиболее эффективным и предпочтительным является разрушение древесных волокон вдоль оси, что позволяет сохранить их длину, повысить гибкость и эластичность. Улучшение качественных характеристик волокон, а также повышение доли волокон с высокими плитообразующими свойствами в общей массе обеспечивает хорошее межволоконное взаимодействие и структурообразование в ковре, повышая прочностные свойства готовой продукции [7, 8]. В настоящее время при производстве ДВП применяют упрочняющие добавки в виде связующих смол, что позволяет компенсировать низкие характеристики полуфабриката и обеспечить прочностные свойства готовой продукции, согласно стандарту, однако это негативно сказывается на экологичности плит, их востребованности.

На основании многочисленных теоретических и экспериментальных исследований разработана конструкция размольной гарнитуры фибриллирующего типа [4], обеспечивающая регулирование усилий, возникающих при пересечении ножей ротора с ножами статора и преобладание доли нормальных усилий, нежели касательных, что позволяет повысить эффективность процесса размола волокнистого полуфабриката, улучшив его качественные показатели и фракционный состав, соответственно, и физико-механические свойства плит.

Цель настоящего исследования – исследование физико-механических свойств ДВП при регулировании основных конструктивных и технологических параметров процесса размола.

Материалы и методы исследования

В качестве исходного сырья использовали древесное волокно после дефибратора, получаемое из технологической щепы, выработанной из древесных отходов лесопильного производства и низкокачественной древесины со склада сырья, смешанного хвойного породного состава, соответствующей стандартам ГОСТ 15815-83 «Щепа технологическая. Технические условия».

Основные исследования процесса размола волокнистого полуфабриката реализовывались на полупромышленной дисковой мельнице МД на базе лаборатории кафедры МАПТ СибГУ им. Решетнева при использовании разработанной конструкции гарнитуры фибриллирующего воздействия [4] для второй ступени размола в производстве древесноволокнистых плит мокрым способом.

При реализации эксперимента осуществлялся отбор проб для последующего определения размерно-качественных характеристик полуфабриката (степень помола (ДС), средняя длина (L_a) и диаметр волокон (d_a), их соотношение (L_a/d_a), фракционный состав (крупная фракция – V_k , средняя фракция – V_c , мелкая фракция – V_m) в соответствии с известными методиками [4, 7, 8, 11]. Последующие проклейка массы (согласно нормам, за исключением упрочняющих смол), отлив ковра и горячее прессование плит из полученного полуфабриката осуществлялись на заводе ДВП Лесосибирского ЛДК №1 при всех прочих равных условиях производства.

Оценку физико-механических свойств готовых образцов древесноволокнистых плит выполняли стандартными методами, разработанными для «контроля качества продукции и проведения производственного процесса». Физико-механические свойства готовой плиты (предел прочности при статическом изгибе, плотность, водопоглощение за 24 ч) определялись по ГОСТ 10633-2018 [10]. Классификацию образцов плит по физико-механическим свойствам выполняли, руководствуясь требованиями стандарта ГОСТ 4596-2018 [3].

В настоящей работе для решения поставленных задач были использованы методы математического планирования с целью получения статистически-математических моделей, описывающих влияние рабочего зазора между размалывающими дисками и концентрации древесной массы в процессе размола при использовании разработанной конструкции гарнитуры, с учетом изменения степени помола древесного волокна в дефибраторе на физико-механические свойства плиты. Спланированы и реализованы экспериментальные исследования, для чего, согласно известным методикам [21], был выбран трехфакторный эксперимент по В-плану второго порядка.

Статистическая обработка результатов экспериментов осуществлялась в соответствии с теорией математической статистики, согласно известным методикам [22], с применением программы Microsoft Excel 2007 и пакета программ STATISTICA-6 с использованием метода Квази-Ньютона, что подтверждает надежность полученных результатов исследований.

В таблицах 1, 2 представлены исследуемые параметры эксперимента, уровни и интервалы варьирования входных факторов.

Результаты эксперимента позволяют выбрать оптимальные режимы размола для обеспечения необходимых физико-механических свойств продукции в производстве ДВП мокрым способом. Полученные математические модели с натуральными обозначениями факторов зависимостей физико-механических свойств плиты от технологических и конструктивных параметров процесса размола при использовании новой конструкции гарнитуры адекватны при доверительной вероятности 95–99%. Величина достоверности аппроксимации составила $0.9902 \leq R^2 \leq 0.9987$. Оценка значимости коэффициентов проводилась в соответствии с методикой [21, 22] с помощью t-критерия Стьюдента. Проверка моделей с помощью F-критерия Фишера показала их адекватность.

Результаты и обсуждение экспериментальных исследований

По результатам обработки экспериментальных данных были получены регрессионные уравнения, по нашему мнению, позволяющие оценить влияние конструктивных и технологических параметров процесса размола на физико-механические свойства ДВП, а также прогнозировать значения их качественных показателей.

Результаты исследований представлены следующими регрессионными зависимостями:

- прочность плиты при статическом изгибе

$$\sigma_{изг} = -269.3 + 154.35 \cdot z + 41.895 \cdot K_{\delta}(DC_{\delta}) + 47.065 \cdot c - 937.5 \cdot z^2 - 1.664 \cdot K_{\delta}(DC_{\delta})^2 - 4.575 \cdot c^2 + 2.5 \cdot z \cdot K_{\delta}(DC_{\delta}) - 10.5 \cdot z \cdot c - 1.517 \cdot K_{\delta}(DC_{\delta}) \cdot c$$

- плотность

$$P = 660.08 + 390.55 \cdot z + 26.89 \cdot K_{\delta}(DC_{\delta}) + 88.05 \cdot c - 507.5 \cdot z^2 - 0.99 \cdot K_{\delta}(DC_{\delta})^2 - 11.68 \cdot c^2 - 28.17 \cdot z \cdot K_{\delta}(DC_{\delta}) - 38.5 \cdot z \cdot c - 1.38 \cdot K_{\delta}(DC_{\delta}) \cdot c$$

- водопоглощение за 24 ч

$$A = 93.61 - 27.05 \cdot z - 9.97 \cdot K_{\delta}(DC_{\delta}) - 10.79 \cdot c + 447.5 \cdot z^2 + 0.48 \cdot K_{\delta}(DC_{\delta})^2 + 2.68 \cdot c^2 - 1.83 \cdot z \cdot K_{\delta}(DC_{\delta}) - 4.5 \cdot z \cdot c - 0.45 \cdot K_{\delta}(DC_{\delta}) \cdot c$$

На рисунке представлены зависимости в виде поверхностей отклика, построенные по полученным моделям при реализации многофакторного эксперимента, которые наглядно показывают влияние исследуемых входных параметров процесса размола и их взаимодействий на физико-механические свойства ДВП.

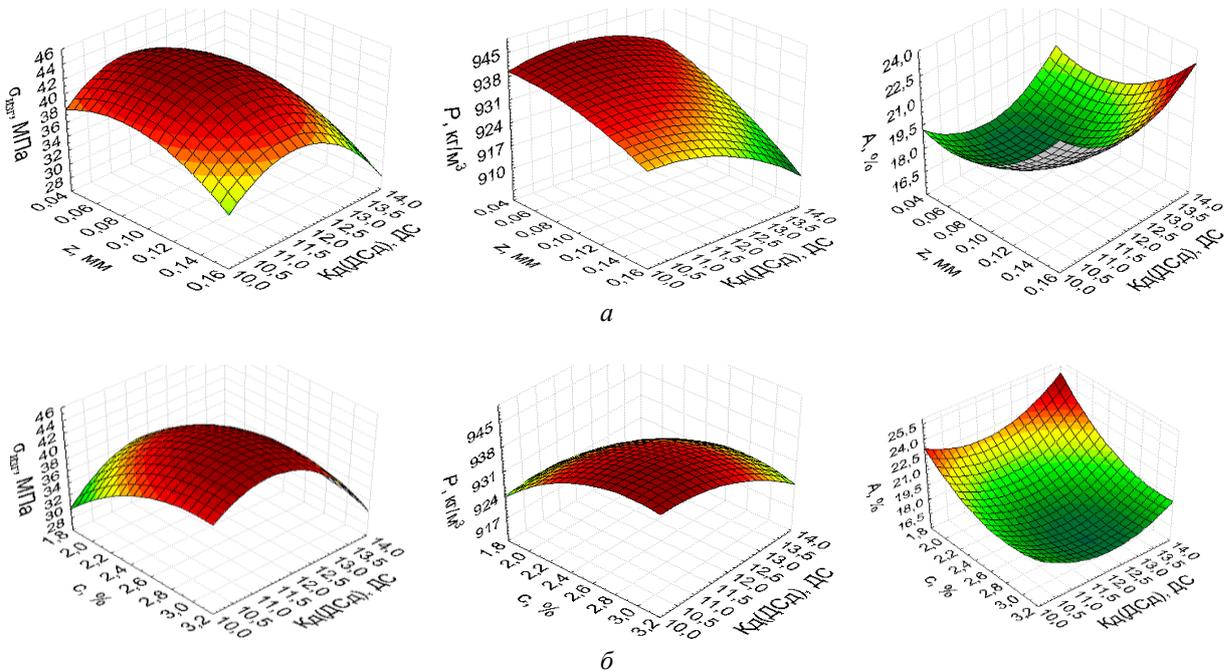
На рисунке *a* можем наблюдать, что при увеличении рабочего зазора с 0.08 до 0.1 мм улучшаются физико-механические свойства древесноволокнистых плит, в частности, увеличивается предел их прочности при статическом изгибе, происходит некоторое снижение плотности, водостойкость плиты улучшается. С дальнейшим увеличением (*z*) наблюдается ухудшение свойств плит. При увеличении концентрации древесной массы (*c*) (рис. *б*) наблюдается повышение значений показателей прочности и плотности, значения водопоглощения плиты уменьшаются, что свидетельствует об улучшении ее водостойкости. Качественный характер изменения физико-механических свойств при влиянии (*z*) и (*c*) аналогичен при различной степени помола после дефибратора Кд(ДСд), различаются лишь количественные значения показателей.

Таблица 1. Входные и выходные параметры эксперимента

Параметр	Обозначение	
	натуральное	нормализованное
Входные параметры (управляемые факторы):		
Величина рабочего зазора, мм	z	X1
Концентрация древесноволокнистой массы, %	с	X2
Степень помола (дефибратор), ДС	Кд (ДСд)	X3
Выходные параметры (контролируемые факторы):		
Предел прочности ДВП при статическом изгибе, МПа	$\sigma_{изг}$	Y1
Плотность древесноволокнистой плиты, кг/м ³	P	Y2
Водопоглощение за 24 ч, %	A	Y3

Таблица 2. Уровни и интервалы варьирования исследуемых параметров эксперимента

Фактор	Обозначение		Интервал варьирования фактора	Уровень варьирования фактора		
	натуральное	нормализованное		-1	0	+1
Величина рабочего зазора, мм	z	X1	0.05	0.05	0.1	0.15
Концентрация древесноволокнистой массы, %	с	X2	0.5	2	2.5	3
Степень помола (дефибратор), ДС	Кд (ДСд)	X3	1.5	10.5	12	13.5



Зависимость физико-механических свойств ДВП от изменения конструктивных и технологических параметров процесса размола: а – при изменении рабочего зазора (z) и степени помола после дефибратора (Кд (ДСд)); б – при изменении концентрации древесной массы (с) и степени помола после дефибратора (Кд (ДСд)); $\sigma_{изг}$ – предел прочности при статическом изгибе, P – плотность, A – водопоглощение за 24 ч

Улучшение физико-механических свойств плиты связано с повышением качества полуфабриката и сбалансированностью его фракционного состава. Увеличение удельного давления в зазоре между ротором и статором в определенных пределах и концентрации массы способствует снижению прямого воздействия ножевой гарнитуры и интенсивному истиранию грубых волокон и пучков волокон друг о друга, сохранению исходной длины волокон при интенсивном их расщеплении в продольном направлении [4]. Разрушение древесных волокон вдоль своей оси обеспечивает увеличение показателя отношения их длины к диаметру и, следовательно, в целом удельной поверхности полуфабриката. Наряду с этим происходит преимущественное образование и преобладание фракции длинных и тонких, соответственно, гибких эластичных фибриллированных волокон. Увеличение количества таких волокон в общей массе полуфабриката обуславливает

способность к прочному межволоконному взаимодействию, переплетению при формовании ковра и в результате плотному их контакту при изготовлении плиты, ограничивая проникновение влаги. Некоторое снижение плотности плиты при повышении ее прочности связано со снижением доли мелких волокон, играющих роль наполнителя.

Анализируя графические зависимости на рисунках *a* и *b*, стоит отметить, что при использовании новой конструкции гарнитуры практически во всем исследуемом диапазоне значений входных параметров физико-механические свойства ДВП соответствуют требованиям ГОСТ 4596-2018. Однако, как указывалось ранее, при размоле древесного волокна до степени помола после дефибратора в пределах (K_d (ДСд)) $\approx 10.5\text{--}12$ ДС, рабочем зазоре (z) $\approx 0.08\text{--}0.1$ мм и концентрации массы (c) $\approx 2.5\text{--}3\%$ обеспечивают наилучшие значения качественных показателей древесноволокнистого полуфабриката и физико-механических свойств плиты (табл. 3). В таблице 3 представлены физико-механические свойства ДВП и обеспечивающие их размерно-качественные характеристики полуфабриката, полученные в процессе размола при использовании гарнитуры фибриллирующего воздействия в сравнении с традиционной гарнитурой при всех прочих равных условиях.

Как следует из таблицы 3, использование разработанной гарнитуры фибриллирующего воздействия при оптимальных режимах размола обеспечивает при производстве ДВП улучшение физико-механических свойств: $\sigma_{\text{изг}} \approx 44\text{--}45$ МПа, $P \approx 925\text{--}930$ кг/м³, $A \approx 17\text{--}19\%$, что соответствует стандарту ГОСТ 4598-2018 Группа А I сорта, в отличие от традиционной гарнитуры: $\sigma_{\text{изг}} \approx 35\text{--}36$ МПа, $P \approx 860\text{--}865$ кг/м³, $A \approx 21\text{--}22\%$, соответствует требованиям ГОСТ 4598-2018 Группа Б II сорта.

Улучшение физико-механических свойств готовой продукции связано со сбалансированным соотношением фракций волокон в общей массе древесноволокнистого полуфабриката. Предлагаемая конструкция гарнитуры в сравнении с традиционной используемой гарнитурой в размалывающих машинах (табл. 2) обеспечивает более качественную подготовку древесных волокон, например, снижение (d_a) с 0.12–0.13 мм до 0.05–0.06 мм при сохранении их длин, что способствует увеличению показателя (в два раза) отношения длины к диаметру волокон (L_a/d_a) до (80–93), и в результате преимущественному образованию и преобладанию в общей массе полуфабриката тонких и длинных фибриллированных волокон средней фракции (V_c) до 47–50%, при снижении крупной фракции (V_k) до 21–23% и мелкой фракции (V_m) до 28–31%.

Таблица 3. Размерно-качественные характеристики древесноволокнистого полуфабриката и физико-механические свойства готовой продукции при использовании различных видов гарнитур

Конструкция гарнитуры	Размерно-качественные показатели волокнистого полуфабриката							Физико-механические свойства ДВП		
	ДС	$V_k, \%$	$V_c, \%$	$V_m, \%$	$L_a, \text{мм}$	$d_a, \text{мм}$	L_a/d_a	$\sigma_{\text{изг}}, \text{МПа}$	$P, \text{кг/м}^3$	$A, \%$
Разработанная	20	21–23	47–50	28–31	4–4.3	0.05–0.06	80–93	44–45	925–930	16–18
Традиционная	20	28–30	26–27	44–45	5.1–5.3	0.12–0.13	40–48	35–36	860–865	21–23

Выводы

В результате проведенных экспериментальных исследований получены статистически-математические зависимости, адекватно описывающие влияние конструктивных и технологических параметров процесса размола на физико-механические свойства древесноволокнистых плит при использовании размольной гарнитуры фибриллирующего воздействия, позволяющие прогнозировать их значения. При исследовании входных параметров процесса размола установлено, что использование гарнитуры фибриллирующего воздействия при регулировании степени помола после дефибратора в пределах 10–12 ДС, рабочего зазора 0.08–0.1 мм и концентрации древесноволокнистой массы 3% обеспечивает наилучшие значения показателей физико-механических свойств ДВП.

Гарнитура фибриллирующего воздействия в сравнении с традиционной конструкцией гарнитуры обеспечивает эффективное расщепление волокон вдоль их оси за счет увеличения доли нормальных усилий, в связи с чем в общей массе полуфабриката увеличивается и преобладает доля волокон средней фракции (до 46–50%), характеризующимися высокими плитообразующими свойствами, при снижении мелкой фракции (до 28–31%). В целом значительно улучшается фракционный состав волокнистого полуфабриката и качественные показатели составляющих его волокон, вдвое увеличивается их отношение длины к диаметру (до 80–93), соответственно, гибкость и пластичность волокон, их межволоконное взаимодействие обеспечивае

увеличение прочностных свойств плиты (на 20–25%) без использования связующих смол, согласно стандарту ГОСТ 4596-2018.

Выражаем благодарность Красноярскому региональному центру коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО РАН за поддержку в проведении исследований.

Список литературы

1. Zhang D., Zhang A., Xue L. A review of preparation of binderless fiberboards and its self-bonding mechanism // Wood Sci Technol. 2015. Vol. 49. Pp. 661–679. DOI: 10.1007/s00226-015-0728-6.
2. Camlibel O., Akgul M. Mechanical and physical properties of medium density fibreboard with calcite additive // Wood Research. 2020. Vol. 65 (2). Pp. 231–244.
3. ГОСТ 4598-2018. Плиты древесноволокнистые мокрого способа производства. Технические условия. М., 2018. 15 с.
4. Вититнев А. Ю. Совершенствование процесса размола волокнистых полуфабрикатов в производстве древесноволокнистых плит: дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2019. 152 с.
5. Tikhonova E., Irle M., Lecourt M. Revisiting hardboard properties from the fiber sorting point of view // Holzforschung. 2015. Vol. 69 (5). Pp. 627–632. DOI:10.1515/hf-2014-0049.
6. Schubert M., Luković M., Christen H. Prediction of mechanical properties of wood fiber insulation boards as a function of machine and process parameters by random forest // Wood Sci Technol. 2020. Vol. 54. Pp. 703–713. DOI:10.1007/s00226-020-01184-3.
7. Зырянов М.А., Чистова Н.Г. Производство древесноволокнистых плит при одноступенчатом размолу щепы // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2013. №6. С. 115–119.
8. Чистова Н.Г. Переработка древесных отходов в технологическом процессе получения древесноволокнистых плит: дис. ... докт. техн. наук. Красноярск, 2010. 415 с.
9. Shi S.Q. Diffusion model based on Fick's second law for the moisture absorption process in wood fiber-based composites: is it suitable or not? // Wood Sci Technol. 2007. Vol. 41. Pp. 645–658. DOI:10.1007/s00226-006-0123-4.
10. ГОСТ 10633-2018. Плиты древесно-стружечные и древесно-волокнистые. Общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний. М., 2018. 14 с.
11. Ласкеев П.Х. Производство древесной массы. М.: Лесная промышленность, 1967. 581 с.
12. Алашкевич Ю. Д., Ковалев В. И., Кожухов В. А. Исследование рисунков гарнитуры ножевых размалывающих машин с ударным эффектом // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2014. №2. С. 94–100.
13. Riegler M., Spangl B., Weigl M., Wimmer R., Muller U. Simulation of a real-time process adaptation in the manufacture of high-density fibreboards using multivariate regression analysis and feedforward control // Wood Sci Technol. 2013. Vol. 47. Pp. 1243–1259.
14. Набиева А.А. Оценка влияния и совершенствования технологических параметров ножевых размалывающих машин: дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2004. 156 с.
15. Vkharev S. Research of a fibrous layer at refining in the refiners // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 316. 012080
16. Bordin R., Roux J.-C., Bloch J.-F. New technique for measuring clearance in low-consistency refiners // Appita Journal. 2008. Vol. 61. Pp. 71–77.
17. Ferritsius O., Ferritsius R., Rundlof M. Average fibre length as a measure of the amount of long fibres in mechanical pulps – ranking of pulps may shift // Nord. Pulp Pap. Res. J. 2018. Vol. 33(3). Pp. 468–481.
18. Li B., Li H.M., Zha Q.Q., Bandekar R., Alsaggaf A., Ni Y.H. Review: effects of wood quality and refining process on TMP pulp and paper quality // BioResources. 2011. Vol. 6(3). Pp. 3569–3584.
19. Smith S. Die rationelle Theorie das Ganzeughollandar. Teil I. Berlin: Otto Ernst Verlag, 1922. 105 p.
20. McDonald D., Tchepel M., Ouellet D., Wild P., Jeffrey D., Provan J. Wood mechanics: from chips to flocs to fibres – part I // J – FOR. 2014. Vol. 4(5). Pp. 23–30.
21. Пижурин А.А. Основы научных исследований. М., 2005. 305 с.
22. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. М., 1998. 605 с.

Поступила в редакцию 1 июля 2020 г.

Принята к публикации 12 ноября 2020 г.

Для цитирования: Вититнев А.Ю., Алашкевич Ю.Д., Чистова Н.Г., Марченко Р.А., Матыгулина В.Н. Исследование физико-механических свойств древесноволокнистых материалов // Химия растительного сырья. 2020. №4. С. 451–457. DOI: 10.14258/jcrpm.2020048150.

Vititnev A.Yu.*, Alashkevich Yu.D., Chistova N.G., Marchenko R.A., Matyugulina V.N. RESEARCH OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD-FIBER MATERIALS

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037 (Russia), e-mail: sanekvititnev@yandex.ru

This paper presents the results of experimental studies of the physical and mechanical properties of wood-fiber boards of the wet production method when regulating the design and technological parameters of the grinding process. This allowed us to determine the influence of the working clearance between the grinding discs and the concentration of fibre mass with the subject to of quality change wood fiber after defibrator using the developed construction of the disc fibrillation action on the physico-mechanical properties of boards. As a result of the experiment, regression models were obtained that adequately describe the studied grinding process and allow predicting the values of physical and mechanical properties of the finished product depending on the established parameters process.

A comparative analysis of the size and quality characteristics of the fiber semi-finished product and its fractional composition when using a developed construction the disc of refiner fibrillation action and a traditional design used in industry is carried out. The preferential efficiency of the grinding process under the fibrillating effect the disc of refiner in comparison with the traditional construction disc of refiner is established. As a result, there is a significant improvement in the quality indicators of the fiber semi-finished product and its composition due to the formation and predominance in the total mass of long and thin, respectively, flexible fibrillated fibers with high tile-forming properties, which allows to increase the strength properties of the product (by 20–25%), without using binding resins.

Keywords: physico-mechanical properties, grinding process, construction disc of refiner, fibrillation, wood-fiber boards.

References

1. Zhang D., Zhang A., Xue L. *Wood Sci Technol.*, 2015, vol. 49, pp. 661–679. DOI: 10.1007/s00226-015-0728-6.
2. Camlibel O., Akgul M. *Wood Research*, 2020, vol. 65 (2), pp. 231–244.
3. *GOST 4598-2018. Plity drevesnovoloknistyye mokrogo sposoba proizvodstva. Tekhnicheskiye usloviya.* [GOST 4598-2018. Wet fiberboards. Technical conditions]. Moscow, 2018, 15 p. (in Russ.).
4. Vititnev A.Yu. *Sovershenstvovanie processa razmola voloknistykh polufabrikatov v proizvodstve drevesnovoloknistykh plit: dis. ... kand. tekhn. nauk.* [Improving the process of grinding fiber semi-finished products in the production of wood-fiber boards: dissertation of the candidate of technical sciences]. Krasnoyarsk, 2019, 152 p. (in Russ.).
5. Tikhonova E., Irle M., Lecourt M. *Holzforschung*, 2015, vol. 69 (5), pp. 627–632. DOI: 10.1515/hf-2014-0049.
6. Schubert M., Luković M., Christen H. *Wood Sci Technol.*, 2020, vol. 54, pp. 703–713. DOI: 10.1007/s00226-020-01184-3
7. Zyryanov M.A., Chistova N.G. *Izvestiya VUZov. Lesnoy zhurnal*, 2013, no. 6. Pp. 115–119. (in Russ).
8. Chistova N. G. *Pererabotka drevesnykh othodov v tekhnologicheskoy processe polucheniya drevesnovoloknistykh plit: dis. ... dokt. tekhn. nauk.* [Processing of wood waste in the technological process of obtaining wood-fiber boards: dissertation of doctor of technical sciences]. Krasnoyarsk, 2010, 415 p. (in Russ).
9. Shi S.Q. *Wood Sci Technol.*, 2007, vol. 41, pp. 645–658. DOI: 10.1007/s00226-006-0123-4.
10. *GOST 10633-2018. Plity drevesno-struzhechnyye i drevesno-voloknistyye. Obshchiye pravila podgotovki i provedeniya fiziko-mekhanicheskikh ispytaniy.* [GOST 10633-2018. Chipboards and fibreboards. General rules for the preparation and conduct of physical and mechanical tests]. Moscow, 2018, 14 p. (in Russ.).
11. Laskeyev P.Kh. *Proizvodstvo drevesnoy massy.* [Wood pulp production]. Moscow, 1967, 581 p. (in Russ.).
12. Alashkevich Yu.D., Kovalev V.I., Kozhuhov V.A. *Izvestiya VUZov. Lesnoy zhurnal*, 2014, no. 2. Pp. 94–100. (in Russ).
13. Riegler M., Spangl B., Weigl M., Wimmer R., Muller U. *Wood Sci Technol.*, 2013, vol. 47, pp. 1243–1259.
14. Nabyeva A.A. *Otsenka vliyaniya i sovershenstvovaniya tekhnologicheskikh parametrov nozhevykh razmalyvayushchikh mashin: dis. ... kand. tekhn. nauk.* [Assessment of the influence and improvement of technological parameters of knife grinding machines: dis. ... Cand. tech. sciences]. Krasnoyarsk, 2004, 156 p. (in Russ.).
15. Vikharev S. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2019, vol. 316, 012080.
16. Bordin R., Roux J.-C., Bloch J.-F. *Appita Journal*, 2008, vol. 61, pp. 71–77.
17. Ferritsius O., Ferritsius R., Rundlof M. *Nord. Pulp Pap. Res. J.*, 2018, vol. 33(3), pp. 468–481.
18. Li B., Li H.M., Zha Q.Q., Bandekar R., Alsaggaf A., Ni Y.H. *BioResources*, 2011, vol. 6(3), pp. 3569–3584.
19. Smith S. *Die rationelle Theorie das Ganzzeughollandar. Teil I.* Berlin: Otto Ernst Verlag, 1922, 105 p.
20. McDonald D., Tchepel M., Ouellet D., Wild P., Jeffrey D., Provan J. *J – FOR*, 2014, vol. 4(5), pp. 23–30.
21. Pizhurin A.A. *Osnovy nauchnykh issledovaniy.* [Fundamentals of Scientific Research]. Moscow, 2005, 305 p. (in Russ.).
22. Borovikov V.P., Borovikov I.P. *STATISTICA. Statisticheskii analiz i obrabotka dannykh v srede Windows.* [STATISTICA. Statistical analysis and data processing in Windows environment]. Moscow, 1998, 605 p. (in Russ.).

Received July 1, 2020

Accepted November 12, 2020

For citing: Vititnev A.Yu., Alashkevich Yu.D., Chistova N.G., Marchenko R.A., Matyugulina V.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 4, pp. 451–457. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020048150.

* Corresponding author.

