

УДК 676.154.3

ПОДГОТОВКА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В НОЖЕВЫХ РАЗМАЛЫВАЮЩИХ МАШИНАХ РАЗЛИЧНОЙ МОДИФИКАЦИИ

© *Н.Г. Чистова^{1,2}, В.Н. Матыгулина^{1*}, Ю.Д. Алашкевич¹*

¹ *Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, пр. Мира, 82, Красноярск, 660049 (Россия), e-mail: caress-lsib@rambler.ru*

² *Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, ул. Новая заря, 2г, Красноярск, 660028 (Россия)*

В работе рассмотрены результаты исследования влияния конструктивных и технологических параметров размалывающих машин различной модификации на качество древесноволокнистой массы.

По результатам обработки многофакторных экспериментов, реализованных по В-плану второго порядка, было получено математическое описание зависимости степени помола древесноволокнистой массы от зазора между размалывающими дисками, износа сегментов, частоты вращения нижнего шнека и концентрации древесноволокнистой массы. Полученные регрессионные модели адекватны процессу и могут быть применены на практике для прогнозирования качественных характеристик древесноволокнистой массы в зависимости от параметров процесса размола.

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно отметить, что наибольшее влияние на степень помола массы оказывают такие факторы, как состояние поверхностей размольных дисков, зазор между ними и концентрация древесного волокна. Оценка графических зависимостей позволяет установить, в каких пределах можно варьировать режимные и конструктивные параметры процесса размола для получения древесного волокна с требуемым качеством помола.

Ключевые слова: древесноволокнистый полуфабрикат, разمول, степень помола, дефибратор, рафинактор, рафинер.

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

Введение

В настоящее время существует огромное разнообразие композиционных материалов, имеющих в своем составе древесноволокнистый полуфабрикат и широко применяемых в строительстве, при изготовлении мебели, в качестве изоляционного материала в различных отраслях промышленности.

Постепенное истощение природных ресурсов приводит к тому, что в качестве сырьевой базы для получения древесноволокнистых полуфабрикатов необходимо в большей мере использовать древесину лиственных пород, а также отходы древесного и недревесного происхождения (отходы лесосек, деревообрабатывающих производств, текстильных производств и сельского хозяйства, кору, полиэтилен и др.). К тому же согласно требованиям международных стандартов возрастают требования к качественным характеристикам плитных материалов с одновременным требованием снижения себестоимости готовой продукции [1, 2].

Чистова Наталья Геральдовна – доктор технических наук, профессор, e-mail: chistova_n_g@mail.ru
Матыгулина Венера Нуруллоевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: caress-lsib@rambler.ru
Алашкевич Юрий Давыдович – доктор технических наук, профессор, академик РАО, e-mail: alashkevichud@sibsau.ru

Используя различные добавки и связующее, можно добиться необходимых физико-механических характеристик получаемых материалов. Большую роль при этом играет качество древесноволокнистого полуфабриката.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Обзор исследований в области размола древесного сырья [1, 3–6] показывает, что геометрические, деформационные и влажностные характеристики получаемых древесноплитных материалов напрямую зависят от качественных характеристик полуфабриката и соотношения различных фракций волокон в общей массе. Древесноволокнистое полотно, отлитое из неразмолотых волокон, получается неудовлетворительным по своему строению, внешнему виду и физико-механическим свойствам. Неразмолотые волокна обладают малой пластичностью, слабо развитой поверхностью и мало гидратированы, вследствие чего такие волокна плохо связываются друг с другом в плите [7–12].

Полученная во время размола волокнистая масса должна обеспечить прочные межволоконные связи у прессуемых плит. Виды межволоконных связей у древесноволокнистых плит аналогичны видам связей между волокнами натуральной древесины. Древесные волокна представляют собой высокомолекулярные соединения – полимеры, межволоконные связи у которых характеризуются разнообразием форм. Энергия этих связей тем больше, чем меньше расстояние между молекулярными цепями волокон древесины. Большему сцеплению между волокнами способствует увеличение поверхности соприкасающихся частиц древесины и повышение их пластичности. Это достигается термовлагообработкой и размолотом древесных частиц.

Процесс размола волокнистого полуфабриката в водной среде осуществляют в дисковых мельницах (дефибратор, рафинатор, рафинер), основные технологические и конструктивные параметры которых непосредственно определяют качественные характеристики волокна [1, 3].

Цель исследования – определение количественной взаимосвязи качественных показателей древесноволокнистых полуфабрикатов с технологическими и конструктивными параметрами размалывающих машин различной модификации.

Материалы и методы исследования

Для реализации экспериментальных исследований был реализован ряд экспериментов в лаборатории и на предприятиях Красноярского края: ЗАО «Новоенисейский ЛХК» и АО «Лесосибирский ЛДК №1».

Исходным сырьем для получения древесноволокнистого полуфабриката является технологическая щепка, выработанная из отходов лесозаготовок и лесопиления, некондиционной древесины смешанного хвойного породного состава, соответствующей ГОСТ 15815-83 «Щепка технологическая. Технические условия». Породный состав для размола на дефибраторе и рафинаторе – $93 \pm 3.4\%$ хвойных, на рафинере – $81 \pm 3.1\%$ лиственных пород. К фракционному составу технологической щепки также применяются дифференцированные требования, оптимальная длина технологической щепки для размола – 2.5 ± 0.5 см.

Исследования проводились в промышленных условиях на промышленном оборудовании: на дефибраторе RT-50, рафинаторе RR-50, рафинере PR-42. В качестве входных параметров размалывающих машин исследовались: износ сегментов, зазор между размалывающими дисками, частота вращения выносного шнека и концентрация древесноволокнистой массы, выходной параметр – степень помола древесноволокнистой массы (ДС и ПВ). Качество древесноволокнистой массы оценивалось в лабораториях вышеуказанных предприятий на приборе «Дефибратор-секунда» шведской фирмы «Defibrator» и приборе «ВНИИДрев».

Составление плана опытов и расчет регрессионных зависимостей настоящих исследований осуществлялся с применением программы Microsoft Excel 2007 и пакета программ STATISTICA-6 [13, 14]. Многофакторный эксперимент был спланирован и реализован по В-плану второго порядка. Входные параметры эксперимента, а также уровни и шаги варьирования исследуемых факторов – представлены в таблице, диапазоны варьирования соответствовали реальным производственным условиям.

Оценка значимости коэффициентов математических моделей проводилась в соответствии с методикой [14, 15], с помощью t-критерия Стьюдента. Проверка моделей с помощью F-критерия Фишера показала их адекватность. Полученные математические модели с натуральными обозначениями факторов адекватны при доверительной вероятности 95–99%, величина достоверности аппроксимации составила $0.9901 \leq R^2 \leq 0.9986$.

Исследуемые входные технологические и конструктивные параметры, уровни и интервалы варьирования

| Параметр | Обозначение | | Интервал варьирования фактора | Уровень варьирования фактора | | |
|--|-------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------|-----------|
| | натуральное | нормализованное | | -1 | 0 | +1 |
| Входные параметры эксперимента (управляемые факторы) для дефибратора, рафинатора/рафинера: | | | | | | |
| Износ сегментов, мм/мм | L/h | X ₁ | 0.34/1.07 | 1.17/1.15 | 1.51/2.22 | 1.85/3.29 |
| Зазор между размалывающими дисками, мм | Z | X ₂ | 0.05/0.15 | 0.05/0.25 | 0.1/0.40 | 0.15/0.55 |
| Частота вращения выносного шнека, мин ⁻¹ | n | X ₃ | 1.7/10 | 12/20 | 13.7/30 | 15.4/40 |
| Концентрация древесноволокнистой массы, % | c | X ₄ | 0.5/- | 2.5/- | 3/- | 3.5/- |

Результаты и обсуждение экспериментальных исследований

Регрессионные зависимости, описывающие влияния основных технологических и конструктивных параметров размалывающих машин на степень помола и показатель фракционного состава древесной массы будут иметь вид:

– дефибратор

$$ДС = 5.2 + 0.3 \cdot (L/h) + 16.6 \cdot z + 0.7 \cdot n - 0.01 \cdot (L/h)^2 - 50 \cdot z^2 - 0.01 \cdot n^2 - 0.6 \cdot ((L/h) \cdot z) - 0.02 \cdot ((L/h) \cdot n) - 0.9 \cdot (z \cdot n); \quad (1)$$

– рафинатор

$$ДС = -99.95 - 0.4 \cdot (L/h) + 80.45 \cdot z + 80.96 \cdot c + 0.01 \cdot (L/h)^2 - 110 \cdot z^2 - 13.3 \cdot c^2 + 0.63 \cdot ((L/h) \cdot z) + 0.3 \cdot ((L/h) \cdot c) - 27 \cdot (z \cdot c); \quad (2)$$

– рафинер

$$ПВ = -17.01 + 89.24 \cdot L/h + 544.04 \cdot z + 6.87 \cdot n - 21.89 \cdot L/h^2 - 536.11 \cdot z^2 - 0.08 \cdot n^2 + 33.5 \cdot L/h \cdot z + 0.25 \cdot L/h \cdot n - 11.58 \cdot z \cdot n. \quad (3)$$

Изменение степени помола древесноволокнистой массы является одним из основных факторов, используемых для достижения требуемых свойств волокнистого полуфабриката. Из уравнений 1–3 следует, что ее качественные характеристики ухудшаются при увеличении частоты вращения внутреннего шнека, расстояния между размольными дисками и степени износа их поверхности.

Графическая интерпретация зависимости качественных характеристик древесноволокнистых полуфабрикатов от каждого из факторов представлена на рисунках 1 а–г. Полученные зависимости справедливы для широкого диапазона управляемых факторов. Поэтому графические зависимости, полученные по этим уравнениям, можно выполнить при фиксировании факторов (L/h, z, n, c) на максимальном или минимальном уровнях, а графические зависимости при фиксировании факторов на среднем (нулевом) уровне будут находиться в рассматриваемом диапазоне, т.е. между максимальной и минимальной кривыми уровня.

Анализ уравнений и графических зависимостей исследуемых факторов от конструктивных и технологических параметров размалывающих машин показал постоянство закономерностей изменения степени помола древесноволокнистой массы от исследуемых факторов для всех трех размалывающих машин. Из рисунка 1а следует, что при износе сегментов до 90% степень помола древесной массы возрастает с увеличением оборотов нижнего шнека, хотя визуально волокно имеет плохо размолотую структуру – большое наличие крупной фракции, «спичек», и не размолотые элементы щепы.

С увеличением рабочего зазора между сегментами при тех же значениях величины износа сегментов и частоты вращения питающего шнека степень помола снижается. Так, при значении зазора между сегментами 0.1 мм, при частоте вращения шнека 12.5 мин⁻¹, величина степени помола после дефибратора составит 11.2 ДС; при той же величине зазора, при частоте вращения n=15.5 мин⁻¹ степень помола будет 12.0 ДС.

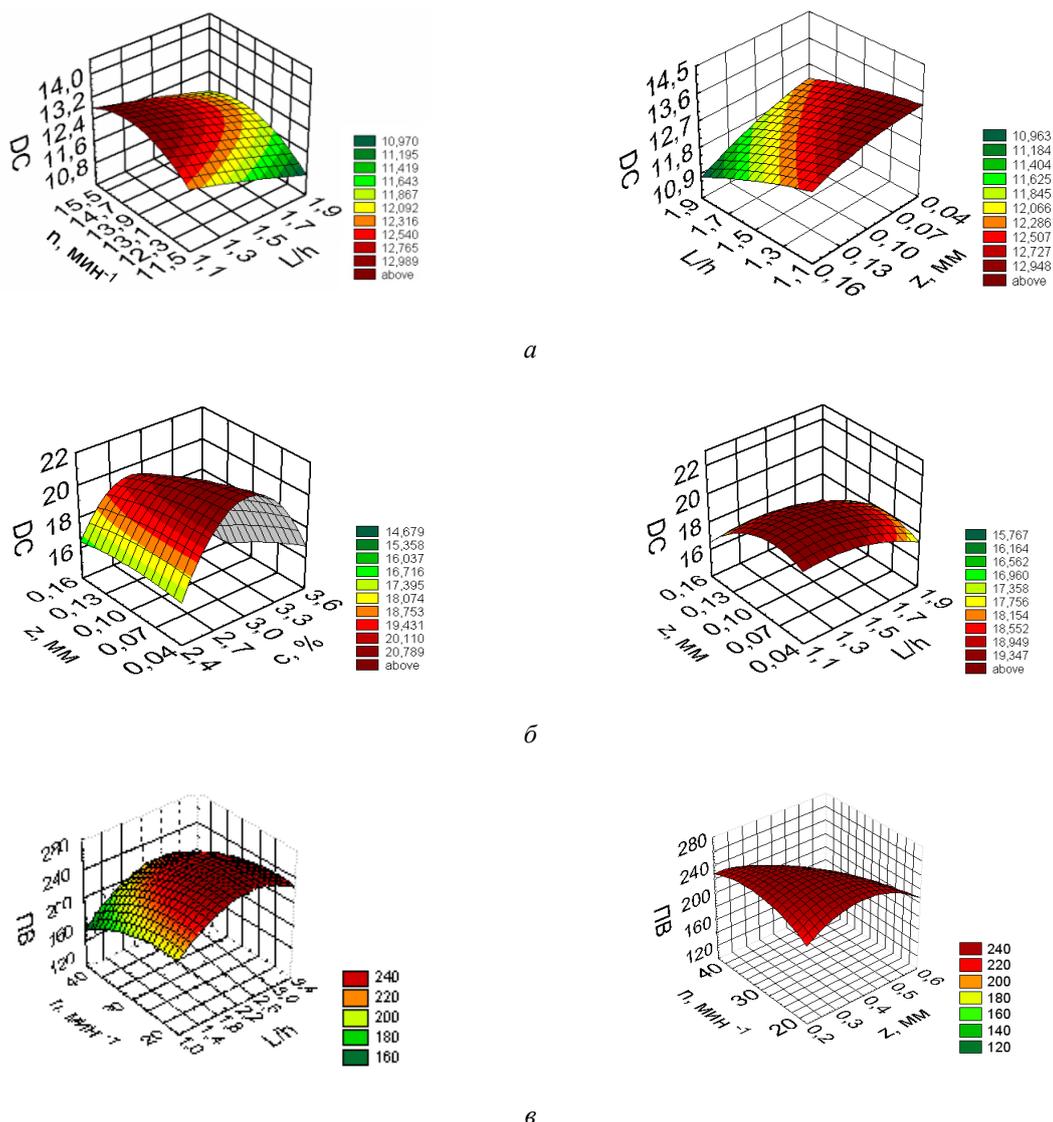


Рис. 1. Изменение степени помола при варьировании конструктивных и технологических параметров размалывающих машин: а – дефибратор, б – рафинатор, в – рафинер

Из анализа уравнения (1) и графической зависимости изменения прироста градуса помола с варьированием значений рабочего зазора между сегментами и частотой вращения подающего шнека в течение износа рабочей поверхности гарнитуры на дефибраторе наибольшие значения качественных показателей размола имеет древесное волокно, полученное при работе сегментов, со степенью износа 50 и более процентов. Это можно объяснить тем, что в начале эксплуатации кромки ножей более острые, сегменты не приработаны, сложно выдержать величину рабочего зазора на постоянном уровне (при всех прочих равных условиях зазор «плавает» при размоле щепы). Как следствие, при малом износе рабочей поверхности гарнитуры щепка в большей степени подвергается режущему воздействию, не успевая при этом разделиться на отдельные волокна и фибриллироваться. С течением времени, когда кромки ножей несколько сглаживаются, помимо рубки волокно истирается и мнется, полученное волокно имеет наиболее ровный фракционный состав [17–22].

Влияние износа ножевой гарнитуры на первой ступени размола оказывает большее влияние на качество массы, чем на второй. Так как износ рабочей поверхности размольной гарнитуры неизбежен, он должен происходить с сохранением их формы.

Исследования показали, что оптимальные условия работы размольных установок для всех трех размалывающих машин наблюдаются при зазоре 0,1 мм. При увеличении зазора (+1)=0,15 степень помола снижалась (ДС). При уменьшении зазора (-1)=0,05 степень помола увеличивалась, но одновременно ухудшался фракционный состав массы [1, 4].

С уменьшением рабочего зазора между сегментами увеличивается режущее, мнущее, раздавливающее действие ножевой гарнитуры, а при увеличении происходит гидратация волокон и уменьшается их укорочение, это приводит к уменьшению производительности машин и ухудшению фракционного состава массы, что отрицательно сказывается далее на технологическом процессе и качестве готовой продукции.

Из результатов исследований видно, что частота вращения нижнего шнека на дефибраторе и рафинере имеет влияние на выход качественной, хорошо размолотой массы. Так, при увеличении скорости вращения нижнего шнека на дефибраторе до 15.4 мин^{-1} степень помола увеличивалась, при этом фракционный состав волокна ухудшался, – наряду с мелкой фракцией в массе присутствуют «спички», «палочки» и крупные пучки волокон – ковер хорошо отдавал воду. Ухудшение качественных показателей размола при увеличении частоты вращения питающего шнека объясняется, прежде всего, тем, что щепка не успевает в достаточной мере пропариваться, идет быстрая разгрузка пропарочной камеры, волокна плохо фибриллированы, а в древесноволокнистой массе обнаруживается большое количество неразмолотых «щепочек». Соответственно, для получения необходимых показателей готовой древесноволокнистой плиты требуется дополнительный расход связующего, что также нежелательно с экономической и экологической точек зрения. При этом увеличивается давление в размольной камере, время размола сокращается (увеличивается скорость прохождения щепы через размольную камеру).

Низкая частота вращения выносного шнека хоть и благоприятно влияет на качество помола древесного волокна, но в то же время снижает производительность размольной установки, поэтому необходимо подбирать оптимальные режимы работы питающего шнека.

В зависимости от длительности пребывания размалываемых волокон в воде, т.е. при увеличении продолжительности размола, увеличивается степень их гидратации. Процесс набухания волокон ослабляет связи между фибриллами и способствует облегчению расщепления волокон, они становятся более гибкими, пластичными. Исследования показали, что увеличение частоты вращения шнека ведет к увеличению расхода энергии.

Так же как и при размоле в дефибраторе, при вторичном размоле на рафинаторе древесноволокнистой массы на степень помола оказывают влияние зазор между дисками, состояние их поверхностей. Кроме того, важны расход, концентрация и степень размола подаваемой на размол древесноволокнистой массы, так как масса поступает самотеком в размольную камеру рафинатора [4].

Анализ уравнений (1–3) показывает, что зазор между дисками и состояние их поверхности, так же как и на дефибраторе, в значительной степени определяют степень помола массы. Важно также не допускать значительных колебаний расхода массы, поступающей в рафинатор, и степени ее помола.

При размоле щепы увеличение рабочего зазора между сегментами приводит к раздавливанию, растяжению, раздвиганию щепок, главным образом, на целые волокна и пучки волокон без существенного их укорачивания. В случае размола волокон (вторая ступень размола) происходит лишь частичное разрушение их структуры путем их фибриллирования и лишь в незначительной степени происходит уменьшение длины.

Результаты исследований показывают, что на рафинаторе при фиксировании зазора на максимальном уровне (0.15 мм) степень помола плавно убывает с увеличением износа сегментов и возрастает с увеличением концентрации массы до значений $c=3.2-3.4\%$, с дальнейшим ростом концентрации массы градус помола имеет тенденцию к снижению. При уменьшении концентрации увеличивается количество перерубленных волокон, и прочность плит, изготовленных из такой древесноволокнистой массы, снижается.

При низкой концентрации рафинатор работает в режиме перекачки массы, т.е. в режиме насоса. Наблюдается повышение степени помола массы при ухудшении фракционного показателя качества древесного волокна, при этом значительно возрастает, увеличивается количество длиноволокнистой фракции в общем объеме массы.

Изучение поверхности волокон различной степени размола и мест их обрыва, а также структуры древесноволокнистого полуфабриката при варьированных факторах размола осуществляли при помощи электронного микроскопа с увеличением 980 крат (рис. 2).

Как видно на фотографии (рис. 2а), в общей массе преобладает древесное волокно (10–12 ДС) крупной и средней фракции в виде «палочек» и «спичек» и незначительную часть составляет мелкое волокно.



Рис. 2. Древесное волокно после размола на размалывающих установках: а – дефибратор (степень помола 11 ± 1.5 ДС), б – рафинатор (степень помола 21 ± 2.5 ДС), в – рафинер (степень помола 17 ± 1.5 ДС)

В процессе размола щепы на дефибраторе и рафинере преобладают силы резания, мятя, трения, в результате имеют место такие повреждения, как поперечный обрыв, расчесывание концов пучков волокон и отдельных волокон, местные удаления отдельных участков первичной и наружного слоя вторичной стенок. Большая часть поверхности волокна ($70 \pm 3\%$) покрыта слоем срединной пластинки, состоящей по большей части из лигнина, и лишь незначительную часть составляют целлюлозы и гемицеллюлозы. Расщепление пучков волокон на отдельные волокна в основном идет в продольном направлении к оси волокна путем образования микротрещин, которые, разрастаясь, приводят к полному отделению волокон от пучка.

Поперечные разрушения представлены в большинстве своем как разломаченные или закругленные концы пучков и отдельных волокон, реже – волокна с ровными срезами (чаще у лиственных пород – «колючее» волокно).

При размоле на рафинаторе укорачивания волокна практически не происходит, волокна и пучки более тонкие, мягкие и жирные на ощупь. Встречаются волокна, у которых видна слоистость внутренних слоев, внутреннее фибриллирование, сплюснутость волокон в виде плоских лент, хорошо видны смоляные ходы. Таким образом, в процессе размола на рафинаторе на исходную древесину оказывают воздействие силы сжатия и трения, а также характер этих сил. Сила сжатия вызывает абсорбцию энергии и приводит к ослаблению связи между волокнами. Под воздействием силы трения происходит выделение из щепы волокон и их частиц. Сила сжатия определяется зазором между ножами, характер ее – конструкцией размалывающей гарнитуры, сила трения – материалом сегментов и степенью их износа.

Степень фибрилляции при размоле на рассматриваемых установках недостаточна для образования прочных межволоконных связей без добавления связующего, волокно «жесткое», «колючее», непластичное на ощупь, Однако на рафинере фракционный состав более ровный, чем после дефибратора, в большей степени присутствует внутреннее фибриллирование, чем поверхностное.

Таким образом, оптимальные значения частоты вращения питающего шнека, зазора между дисками и концентрации древесной массы способствуют при размоле раздавливанию, растиранию, раздергиванию волокон, что способствует сохранению их естественной длины.

Выводы

Анализ уравнений и графические зависимости показывают, что наибольшее влияние на степень помола массы оказывают такие факторы, как состояние поверхностей размольных дисков, зазор между ними и концентрация древесного волокна. Влияние на процесс размола частоты вращения внутреннего шнека наиболее слабо выражено, показывает влияние, в основном, на производительность размольных машин, рас-

ход электроэнергии и продолжительность размола. Оценка графических зависимостей позволяет установить, в каких пределах можно варьировать режимные и конструктивные параметры процесса размола для получения древесного волокна с требуемым качеством помола.

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

Список литературы

1. Чистова Н.Г. Переработка древесных отходов в технологическом процессе получения древесноволокнистых плит: дис. ... докт. техн. наук. Красноярск, 2010. 415 с.
2. 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.
3. Матыгулина В.Н. Подготовка древесноволокнистых полуфабрикатов в производстве древесноволокнистых плит сухим способом: дисс. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2007. 183 с.
4. Чистова, Н.Г., Матыгулина В.Н. Влияние режимов размола на качество подготовки древесного волокна для изготовления ДВП // Вестник КрасГАУ. 2007. №4. С. 139–143.
5. Чистова Н.Г. Производство древесноволокнистых плит сухим способом // Химия растительного сырья. 2009. №2. С. 141–144.
6. Benthien J., Heldner S., Ohlmeyer M. Investigation of the interrelations between defibration conditions, fiber size and medium-density fiberboard (MDF) properties // European Journal of Wood and Wood Products. 2017. Pp. 215–232.
7. 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
8. Benthien J., Bähnisch C., Heldner S., Ohlmeyer M. Effect of fiber size distribution on medium-density fiberboard properties caused by varied steaming time and temperature of defibration process // Wood and fiber science. 2014. Vol. 46(2). Pp. 175–185.
9. Ihnát V., Lübke H., Russ A., Borůvka V. Waste agglomerated wood materials as a secondary raw material for chipboards and fibreboards part i. Preparation and characterization of wood chips in terms of their reuse // Wood research. 2017. Vol. 62(1). Pp. 45–56.
10. Морозов И.М., Чистова Н.Г. Влияние технологических параметров размольной установки на свойства древесной массы и готовой древесноволокнистой плиты // Химия растительного сырья. 2015. №3. С. 185–191. DOI: 10.14258/jcprm.201503543.
11. Чистова Н.Г., Морозов И.М., Якимов В.А., Алашкевич Ю.Д., Зырянов М.А. Получение древесноволокнистых плит сухим способом производства, изготовленных с использованием древесноволокнистых отходов от форматно-обрезных станков // Химия растительного сырья. 2015. №4. С. 119–124. DOI: 10.14258/jcprm.201504852.
12. 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.
13. McDonald D., Tchepel M., Ouellet D., Wild P., Jeffrey D., Provan J. Wood mechanics: from chips to floccs to fibres – part I // J – FOR. 2014. Vol. 4(5). Pp. 23–30.
14. 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.
15. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. М., 1998. 605 с.
16. Пижурин А.А. Основы научных исследований. М., 2005. 305 с.
17. Ласкеев П. Х. Производство древесной массы. М., 1967. 581 с.
18. Патент 2483150 (РФ). Способ получения древесноволокнистых полуфабрикатов и устройство для его осуществления / Н.Г. Чистова, М.А. Зырянов, А.П. Чижов. 2012.
19. Патент на полезную модель 143379 (РФ). Размалывающая гарнитура статора / Н.Г. Чистова, М.А. Зырянов, А.В. Рубинская, М.С. Лятт. 2014.
20. Патент 2556596 (РФ). Сырьевая смесь для получения теплоизоляционного материала / Н.Г. Чистова, А.В. Ермолина, В.Н. Ермолин, П.В. Миронов. 2015.
21. Патент на полезную модель 156722 (РФ). Размольная гарнитура / Н.Г. Чистова, И.М. Морозов, А.В. Рубинская, Н.В. Аксёнов, Е.А. Казаков. 2015.
22. Патент на полезную модель 160973 (РФ). Размольная гарнитура дисковой мельницы / Н.Г. Чистова, А.Ю. Вититнев, Ю.Д. Алашкевич, М.А. Зырянов, А.К. Кожевников. 2015.

Поступила в редакцию 5 июля 2020 г.

Принята к публикации 13 ноября 2020 г.

Для цитирования: Чистова Н.Г., Матыгулина В.Н., Алашкевич Ю.Д. Подготовка древесноволокнистых полуфабрикатов в ножевых размалывающих машинах различной модификации // Химия растительного сырья. 2020. №4. С. 459–466. DOI: 10.14258/jcprm.2020048189.

Chistova N.G.^{1,2}, Matygullina V.N.^{1*}, Alashkevich Yu.D.¹ PREPARATION OF WOOD FIBER SEMI-FINISHED PRODUCTS IN KNIFE MACHINES OF VARIOUS MODIFICATION

¹ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31, Krasnoyarskii Rabochi, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation, e-mail: caress-lsib@rambler.ru

² Krasnoyarsk Institute of Railway Transport – a branch of the Irkutsk State University of Railways, Novaya zarya, 2g, Krasnoyarsk, 660028 (Russia)

In this paper, we consider the results of a study of the influence of the design and technological parameters of grinding machines of various modifications on the quality of wood pulp.

According to the results of processing multifactor experiments implemented according to the second-order B-plan, a mathematical description was obtained of the dependence of the degree of grinding of pulp on the gap between the grinding disks, wear of the segments, the rotational speed of the lower screw and the concentration of pulp. The obtained regression models are adequate to the process and can be applied in practice for predicting the qualitative characteristics of wood pulp depending on the parameters of the grinding process.

Analyzing the obtained experimental data, it can be noted that such factors as the state of the surfaces of grinding disks, the gap between them and the concentration of wood fiber have the greatest influence on the degree of grinding of the mass. Evaluation of graphical dependencies allows you to determine the extent to which you can vary the operating and design parameters of the grinding process to obtain wood fiber with the required grinding quality.

Keywords: wood fiber prefabricated product, grinding, degree of grinding, defibrator, refinator, refiner.

References

1. Chistova N.G. *Pererabotka drevesnykh otkhodov v tekhnologicheskom protsesse polucheniya drevesnovoloknistykh plit: dissertatsiya doktora tekhnicheskikh nauk*. [Processing of wood waste in the technological process of obtaining fiberboard: dissertation of a doctor of technical sciences]. Krasnoyarsk, 2010, 415 p. (in Russ.).
2. Zhang D., Zhang A., Xue L. *Wood Sci Technol.*, 2015, vol. 49, pp. 661–679, DOI: 10.1007/s00226-015-0728-6.
3. Matygullina V.N. *Podgotovka drevesnovoloknistykh polufabrikatov v proizvodstve drevesnovoloknistykh plit sukhim sposobom: dissertatsiya kandidat tekhnicheskikh nauk*. [Preparation of semi-finished wood-fiber products in the production of wood-fiber boards by dry method: Ph.D. thesis]. Krasnoyarsk, 2007, 183 p. (in Russ.).
4. Chistova, N.G., Matygullina V.N. *Vestnik KrasGAU*, 2007, no. 4, pp. 139–143. (in Russ.).
5. Chistova N.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 200, no. 2, pp. 141–144. (in Russ.).
6. Benthien J., Heldner S., Ohlmeyer M. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2017, pp. 215–232.
7. Shi S.Q. *Wood Sci Technol.*, 2007, vol. 41, pp. 645–658, DOI:10.1007/s00226-006-0123-4
8. Benthien J., Bähmisch C., Heldner S., Ohlmeyer M. *Wood and fiber science*, 2014, vol. 46(2), pp. 175–185.
9. Ihnát V., Lübke H., Russ A., Borůvka V. *Wood research*. 2017, vol. 62(1), pp. 45–56.
10. Morozov I.M., Chistova N.G. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 3, pp. 185–191. DOI: 10.14258/jcprm.201503543.
11. Chistova N.G., Morozov I.M., Yakimov V.A., Alashkevich YU.D., Zyryanov M.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 4, pp. 119–124. DOI: 10.14258/jcprm.201504852.
12. Ferritsius O., Ferritsius R., Rundlof M. *Nord. Pulp Pap. Res. J.*, 2018, vol. 33(3), pp. 468–481.
13. McDonald D., Tchepel M., Ouellet D., Wild P., Jeffrey D., Provan J. *J – FOR.*, 2014, vol. 4(5), pp 23-30.
14. Riegler M., Spangl B., Weigl M., Wimmer R., Muller U. *Wood Sci Technol.*, 2013, vol. 47, pp. 1243–1259.
15. 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.).
16. Pizhurin A.A. *Osnovy nauchnykh issledovaniy*. [Fundamentals of Scientific Research]. Moscow, 2005, 305 p. (in Russ.).
17. Laskeyev P.KH. *Proizvodstvo drevesnoy massy*. [Wood pulp production]. Moscow, 1967, 581 p. (in Russ.).
18. Patent 2483150 (RU). 2012.
19. Patent 143379U1 (RU). 2014.
20. Patent 2556596 (RU). 2015.
21. Patent 156722U1 (RU). 2015.
22. Patent 160973U1 (RU). 2015.

Received July 5, 2020

Accepted November 13, 2020

For citing: Chistova N.G., Matygullina V.N., Alashkevich Yu.D. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 4, pp. 459–466. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020048189.

* Corresponding author.