
Повышение эффективности процесса получения древесноволокнистого полуфабриката в гидродинамической среде

М.А. Зырянов, Е.В. Нечепуренко, Л.Н. Журавлева

*Лесосибирский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнёва*

Аннотация: в работе представлен анализ процессов образования и переработки отходов растительного происхождения. Дана оценка существующим способам переработки отходов деревоперерабатывающих производств и обоснована их неэффективность. Предложен новый вид энергосберегающей размольной гарнитуры дисковых мельниц. На основании анализа результатов экспериментальных исследований обоснована эффективность использования предлагаемой размалывающей гарнитуры при получении древесноволокнистого полуфабриката.

Ключевые слова: абразивная гарнитура, размол, эффективность, древесноволокнистый полуфабрикат, удельная поверхность волокна, древесная масса, дефибратор, рафинатор, рафинер, ножевой размол.

Как показали исследования процессов образования отходов деревоперерабатывающих предприятий, на каждой стадии обработки древесного сырья образуются различные виды древесных отходов. Отходы деревообработки не используются в полной мере – чаще всего они просто сжигаются в котельных, что в современных условиях экономически нецелесообразно [1,2].

Одним из направлений использования древесных отходов в виде низкокачественной древесины и отходов деревообработки является переработка их в технологическую щепу. Из круглых ствольных бревен и тонкомера получается наиболее качественная щепа с наименьшим количеством коры не требующих дополнительных технологических операций при ее производстве на рубительных машинах. Другие отходы (горбыль, рейка, сучья и др.) требуют сортировки, измельчения, промывки и т.д. [3].

Анализ литературных источников показал, что переработка образованных на деревообрабатывающих предприятиях отходов имеет ряд положительных сторон: сокращение вредных выбросов, возможность расширения производства, увеличение рабочих мест, а так же получение дополнительной прибыли, и увеличение рентабельности производства, что является главной целью работы деревоперерабатывающих предприятий.

Одним из перспективных направлений использования щепы полученной из отходов деревообработки является производство древесноволокнистых плит.

Анализ литературных источников показал, что получение древесноволокнистого полуфабриката на современном этапе производства ДВП мокрым и сухим способом является достаточно энергоемким процессом. В производстве ДВП мокрым способом широкое применение нашла выработка древесной массы из термически обработанной щепы в две ступени: первая ступень размола осуществляется на дефибраторах, затем масса, имеющая степень помола 11-14 ДС поступает на вторую ступень размола в рафинаторы, где размалывается 20-22 ДС. В производстве ДВП сухим способом размол производят в одну ступень в рафинерах, после чего степень помола составляет 12-14 ДС. В виду того что получаемый древесноволокнистый полуфабрикат в технологии производства ДВП сухим способом имеет в своем составе большое количество неразмолотых пучков волокон не способных к связеобразованию, то для создания связи в теле плиты используют фенолоформальдегидные смолы. Как показывает практика, на заводах производства ДВП мокрым способом, связующее не используется, это обусловлено тем, что древесноволокнистая масса полученная в две ступени размола технологической щепы состоит из фибриллированного волокна [4-7].

Анализ силовых факторов в процессе размола на дисковых машинах и дефибрерах показал, что в дефибраторах разделение щепы на пучки волокон и отдельные волокна происходит под действием напряжения сжатия-резания и

смятия. Тогда как в процессе дефибрирования преобладают напряжения сжатия и царапания, что в свою очередь обеспечивает высокую степень фибрирования древесного волокна, но при этом ведет к его укорачиванию. В результате, в дисковых размалывающих машинах можно получить волокна с большей длиной, но менее фибрированные чем в дефибрерах. Следует учитывать, что к основным достоинствам дефибрерной древесной массы относятся: низкая себестоимость и минимальное загрязнение воздушного и водного бассейнов. К недостаткам можно отнести: высокие требования к качеству древесного сырья и связанная с этим ограниченность сырьевой базы, сравнительно низкий уровень механизации и автоматизации производства, сравнительно низкие прочностные свойства полуфабриката.

Анализ показал, что на современных предприятиях по производству ДВП, в основном, используется морально устаревшее оборудование, амортизация которого достигает 100 %, то оптимизацией процесса размола достигается лишь незначительное снижение себестоимости готовой продукции. В результате, необходимы исследования в области создания новых способов размола и типов размольного оборудования, обеспечивающих экономию электроэнергетических и трудовых затрат на получение древесноволокнистого полуфабриката. На наш взгляд, одним из перспективных направлений исследований является разработка новой конструкции гарнитуры для дисковых машин, сочетающей достоинства дефибреров, дефибраторов, рафинаторов и рафинеров. Использование такой гарнитуры на практике позволит в значительной степени сократить энергетические и трудовые затраты на производство древесноволокнистых полуфабрикатов, тем самым снизить себестоимость готовой продукции [8].

На основании проведенного анализа теоретических и экспериментальных исследований была спроектирована и изготовлена абразивная размалывающая

гарнитура. Абразивная гарнитура выполнена из керамики с абразивными зернами. В качестве абразива используется карбид кремния.

Схема строения абразивно-керамической гарнитуры представлена на рисунке 1



1 – керамическая связка; 2 – абразивное зерно

Рис.1. - Структура абразивной гарнитуры

Эффективность работы абразивно-керамической гарнитуры при размоле обусловлена наличием большого числа режущих микрокромки, образованных выступающими зернами абразивного материала. Абразивные зерна представляют собой многогранники правильной формы [9].

В результате полученный древесноволокнистый полуфабрикат имеет высокие значения степени помола массы, фракционного показателя качества и сильно фибрированную поверхность волокна.

С целью обоснования эффективности использования абразивной гарнитуры при получении древесноволокнистого полуфабриката был спланирован и реализован многофакторный эксперимент.

В качестве входных параметров исследуемого эксперимента были выбраны: диаметр абразивного зерна (D), частота вращения ротора (n), время размолы (t). В качестве выходных параметров исследуемого процесса были

выбраны: удельная поверхность волокна (S) и отношение длины волокна к диаметру (l/d).

В качестве сырья для размола древесноволокнистого полуфабриката использовали щепу, отвечающую требованиям ГОСТ 15815-83 «Щепа технологическая. Технические условия».

Выбор основных характеристик моделей согласно программе экспериментальных исследований представлен в виде функциональной зависимости

$$l/d, S = f(D, n, t), \quad (1)$$

Согласно плану эксперимента, отбиралось необходимое количество пропаренной щепы для размола в установке, при всех прочих равных условиях.

При реализации эксперимента значение диаметра абразивного зерна варьировалось от 250 до 500 мкм., число оборотов ротора варьировалось от 1000 до 3000 об/мин и время размола от 1 до 3 с. Размол осуществлялся на размольной установке RR-230. Качественную оценку полученного древесноволокнистого полуфабриката производили при помощи микроскопа стереоскопического МБС-10 при увеличении до 100 крат.

Регрессионный и математический анализ, оценка влияния каждого входного фактора исследований на выходные показатели производились при помощи программ STATISTIKA-6 и Microsoft Excel 2007.

На основании математическо-статистического анализа экспериментальных данных получено математическое описание исследуемого процесса в виде уравнений:

$$S = 19,58 - 21,59 \cdot t + 9,86 \cdot n \cdot t \quad (2)$$

$$l/d = 1,63 + 1,86 \cdot D^2 - 1,42 \cdot n^2 \quad (3)$$

Расчет коэффициентов регрессии осуществляется по стандартной методике, их значимость оценивалось при помощи критерий Стьюдента.

Проверка адекватности математических моделей исследуемому процессу проводилось по критерию Фишера [9].

С целью удобства анализа влияния конструктивных и технологических параметров на морфологические характеристики древесноволокнистого полуфабриката по уравнению (2) и (3), были построены графические зависимости в виде поверхностного отклика.

Графические зависимости предоставлены на рисунке 1 и рисунке 2

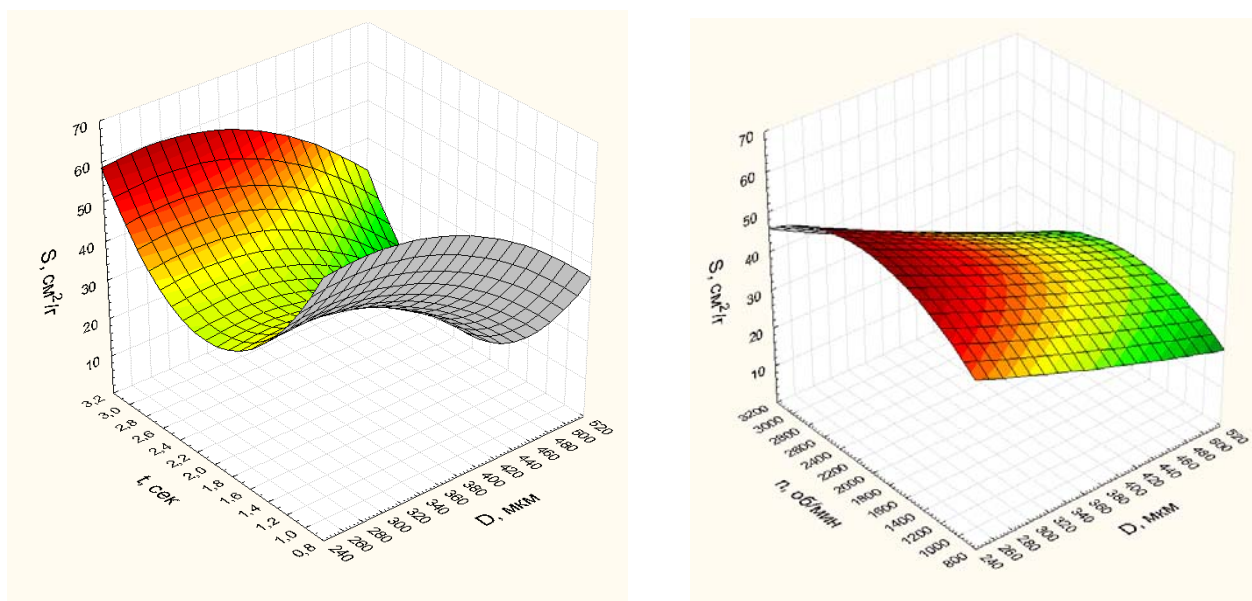


Рис. 2. – Зависимость значений диаметра абразивного зерна, времени размола и числа оборотов ротора от удельной поверхности волокна

Как видно из графической зависимости, представленной на рисунке 2, при увеличении числа оборотов ротора, значения удельной поверхности волокна имеет тенденцию к увеличению. При достижении числа оборотов ротора 2000-2100 об/мин наблюдается уменьшение показателя удельной поверхности волокна. При числе оборотов ротора 2000 об/мин достигается максимальное значения удельной поверхности волокна 40-45 см²/г.

При увеличении времени размола до 2 секунд происходит уменьшение значения показателя удельной поверхности волокна. С дальнейшим

увеличением времени размола до 3 секунд, значение показателя удельной поверхности увеличивается до $58 \text{ см}^2/\text{г}$.

При увеличении размера абразивного зерна наблюдается тенденция к уменьшению значения удельной поверхности волокна до $25 \text{ см}^2/\text{г}$.

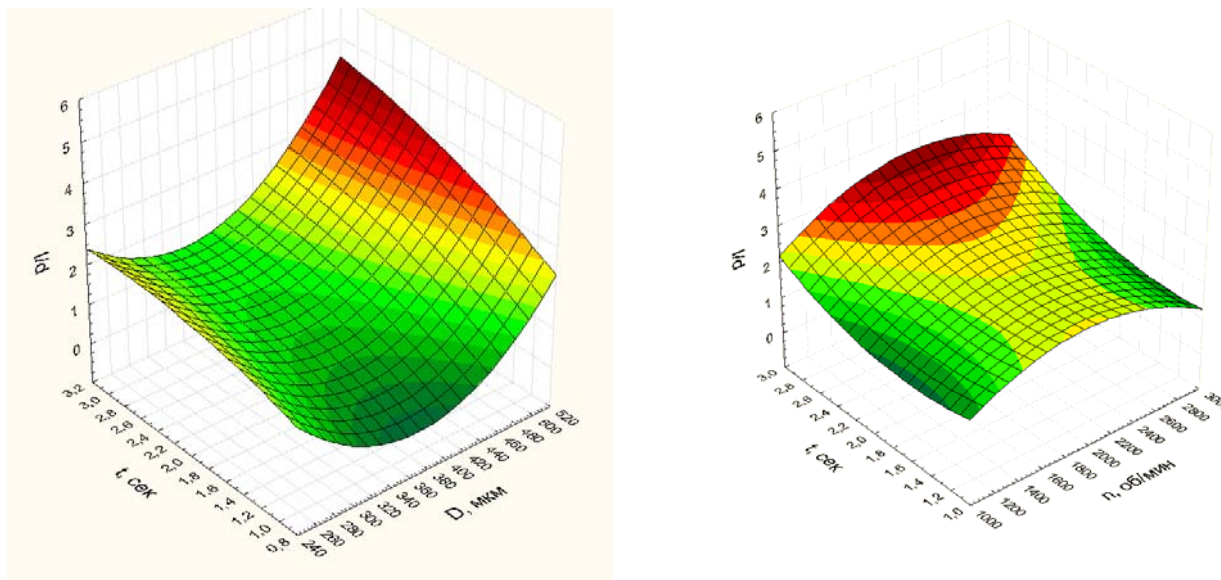


Рис.3. – Зависимость значений диаметра абразивного зерна, времени размола и число оборотов ротора от отношения длины волокна к диаметру

Графическая зависимость, представленная на рисунке 3, наглядно демонстрирует, как изменяется показатель отношения длины волокна к диаметру при варьировании технологическими и конструктивными параметрами абразивной гарнитуры. При увеличении времени размола, значение отношения длины волокна к диаметру увеличивается до максимума и составляет 2,33.

При увеличении числа оборотов ротора от 1800 до 2000 об/мин, значение показателя отношения длинны волокна к диаметру имеет тенденцию к увеличению. При числе оборотов ротора 2000 об/мин достигается значение отношения длины волокна к диаметру 2,95.

С увеличением диаметра абразивного зерна на размольной гарнитуры от 360 до 390 мкм, значения отношения длины волокна к диаметру уменьшается



до 1,17. С дальнейшим увеличением значения времени размола и диаметра абразивного зерна, отношения длины волокна к диаметру увеличивается до 4,8.

Анализ результатов экспериментальных исследований показал, что древесноволокнистый полуфабрикат имеет наилучшие качественные показатели при значениях числа оборотов ротора 2000-2100 об/мин, времени размола 1,9-2,1 с и размеров абразивного зерна 360-390 мкм.

Анализ качественных показателей древесноволокнистого полуфабриката полученных при заданных значениях конструктивных и технологических параметров показал, что степень помола составляет 20,1-21,4 ДС, фракционный показатель качества помола 34-35 г.

В результате древесноволокнистый полуфабрикат полученный в одну ступень размола с использованием абразивной гарнитуры по своим качественным показателям соответствует древесноволокнистой массе полученной в две ступени размола. Использование в производстве древесноволокнистых плит разработанной гарнитуры позволит в значительной степени снизить себестоимость готовой продукции за счет сокращения энергетических, трудовых и материальных затрат на процесс изготовления древесной массы.

Литература

1. Мохирев А.П., Безруких Ю.А., Медведев С.О., Переработка древесных отходов предприятий лесопромышленного комплекса, как фактор устойчивого природопользования // Инженерный вестник Дона, 2015, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3011.

2. Медведев, С.О. Соболев С.В., Степень Р.А. Возможности рационального использования древесных отходов в Лесосибирском



лесопромышленном комплексе: монография. – Красноярск: СибГТУ, 2010. – 85 с.

3. Зырянов М.А., Аксенов Н.В. Повышение эффективности использования отходов деревоперерабатывающей промышленности в производстве плитной продукции // Инженерный вестник Дона, 2017, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3990.

4. Чистова Н.Г. Размол древесноволокнистой массы на промышленных установках при производстве ДВП: Диссертация // СибГТУ – Красноярск, 2000 – 194 с.

5. A. Pizzi Advanced Wood Adhesives Technology. / Pizzi A. – Basel: Marcel Dekker Inc., 1994. -289 p.

6. Der Einfluss des Feinstoffs auf die Faserstoff- und Papiereigenschaften / Alber W., Erhard K., Reinhardt B. // Wochenbl. Papierfabr. : Fachzeitschrift für die Papier-, Pappen – und Zellstoff-Industrie. 2000. №19. ss. 1308-1312.

7. Зырянов М.А., Дресвянкин И.А., Рубинская А.В. Экспериментальное – теоретическое обоснование физико-химических превращений древесной биомассы в технологии производства древесноволокнистых плит // Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3841

8. Зырянов М.А. Получение полуфабрикатов в одну ступень размола для производства древесноволокнистых плит мокрым способом: Диссертация // СибГТУ – Красноярск, 2012 - 171 с.

9. Гончаров В.Н. Теоретические основы размола волокнистых материалов в ножевых машинах: Диссертация // Ленинградский ордена Трудового Красного Знамени технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности – Ленинград, 1990. – 375 с.

10. Пижурин А. А. Моделирование и оптимизация процессов деревообработки. Москва: МГУЛ, 2004. – 375 с.



11. Матыгулина, В. Н. Подготовка древесноволокнистых полуфабрикатов в производстве древесноволокнистых плит сухим способом: дис. канд. техн. наук: 05.21.03: защищена 20.09.2007 // Красноярск, 2007. – 156 с.

References

1. Mohirev A.P., Bezrukih YU. A., Medvedev S.O. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/3011
 2. Medvedev S.O., Sobolev S.V., Stepen R.A. Vozmozhnosti racionalnogo ispolzovaniya drevesnyh othodov v Lesosibirskom lesopromyshlennom komplekse [Opportunities for the rational use of wood waste in the Lesosibirsk Timber Industry Complex]: monografiya. Krasnoyarsk: SibGTU, 2010. 85 p.
 3. Zyryanov M.A., Aksenov N.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3990.
 4. Chistova N.G. Razmol drevesnovoloknistoj massy na promyshlennyh ustanovkakh pri proizvodstve DVP [Grinding of wood-fiber pulp at industrial plants in the production of fiberboard]: Dissertaciya. SibGTU. Krasnoyarsk, 2000. 194 p.
 5. A. Pizzi Advanced Wood Adhesives Technology. Pizzi A. Basel: Marcel Dekker Inc., 1994. 289 p.
 6. Der Einfluss des Feinstoffs auf die Faserstoff- und Papiereigenschaften Alber W., Erhard K., Reinhardt B. Wochenbl. Papierfabr.: Fachzeitschrift fur die Papier, Pappen und Zellstoff-Industrie. 2000. №19. ss. 1308-1312
 7. Zyryanov, M. A., Dresvyankin I. A., Rubinsky A. V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3841.
 8. Zyryanov M.A. Poluchenie polufabrikatov v odnu stupen razmola dlya proizvodstva drevesnovoloknistyh плит mokrym sposobom [Obtaining semifinished products in a single grinding stage for the production of fiberboards in wet mode]: Dissertaciya. SibGTU. Krasnoyarsk, 2012. 171 p.
-



9. Goncharov V.N. Teoreticheskie osnovy razmola voloknistykh materialov v nozhevnykh mashinakh [Theoretical bases of grinding fibrous materials in knife machines]: Dissertatsiya. Leningradskij ordena Trudovogo Krasnogo Znameni tekhnologicheskij institut cellyulozno-bumazhnoj promyshlennosti Leningrad, 1990. 375 p.

10. Pizhurin A. A. Modelirovanie i optimizatsiya processov derevoobrabotki [Modeling and optimization of the processes of woodworking]. Moskva: MGUL, 2004. 375 p.

11. Matygulina V. N. Podgotovka drevesnovoloknistyh polufabrikatov v proizvodstve drevesnovoloknistyh plit suhim sposobom [Preparation of wood fiber semi finished products in the production of fiberboard in a dry way]: dis. kand. tekhn. nauk: 05.21.03: zashchishchena 20.09.2007. Krasnoyarsk, 2007. 156 p.