

УДК 676.157

БЕЗНОЖЕВОЙ РАЗМОЛ ВОЛОКНИСТОГО ПОЛУФАБРИКАТА ИЗ ОДНОЛЕТНИХ РАСТЕНИЙ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

М.М. Литвинова, Р.А. Марченко, Ю.Д. Алашкевич

*Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва,
Красноярск, Россия*

Жизнеспособность технической конопли основана на ее положительных физических и механических свойствах при переработке в готовую продукцию. Это особенно важно при рассмотрении вопроса об использовании методов безножевого размола для обработки волокнистых полуфабрикатов из технической конопли. Уникальные свойства волокон технической конопли в сочетании с преимуществами технологии безножевого размола обладают потенциалом для создания инновационных и устойчивых решений в целлюлозно-бумажном производстве. Используя преимущества, присущие технической конопле в качестве сырья, и оптимизируя методы переработки, можно снизить зависимость от традиционных древесных ресурсов.

Ключевые слова: размол технической конопли, техническая конопля, безножевой размол.

KNIFE-FREE GRINDING OF FIBROUS SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM ANNUAL PLANTS IN PULP AND PAPER PRODUCTION

M.M. Litvinova, R.A. Marchenko, Y.D. Alashkevich

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

The viability of using cannabis for technical purposes is based on the positive physical and mechanical characteristics of the plant when processed into finished products. This becomes especially significant when considering the utilization of knife-free grinding techniques for processing fibrous semi-finished products from industrial hemp. The distinct features of industrial hemp fibers, in conjunction with the benefits of knife-free milling techniques, have the capacity to generate innovative and environmentally friendly solutions in the pulp and paper manufacturing industry. By leveraging the inherent advantages of industrial hemp as a raw material and optimizing manufacturing processes, it is feasible to reduce reliance on traditional wood-based resources.

Keywords: grinding of technical hemp, technical hemp, non-knife grinding.

Производство целлюлозы и бумаги из волокнистых полуфабрикатов, в значительной степени зависит от эффективного процесса размола для получения качественной готовой продукцией. Традиционно этот процесс включает использование ножей для резки, дробления, расчесывания и отделения волокон [1]. Однако использование ножей сопряжено с такими проблемами, как более короткие волокна, которые впоследствии не дают возможность вторичной обработки волокон. Для устранения этих ограничений в качестве инновационной альтернативы появилась концепция размола без использования ножей. По сравнению с ножевым размолом, безножевой размол обеспечивает более деликатный и щадящий режим обработки, что особенно выгодно для волокон, которые уже подверглись ножевому размолу. Следовательно, наряду с достижениями в области ножевых машин большое значение имеют исследования в области методов безножевого размола. Все способы и устройства для безножевого размола волокнистых материалов, основаны на явлениях, происходящих в жидкостях и являющихся результатом гидродинамических факторов. В этих машинах обработка волокнистых материалов обычно включает в себя комбинацию различных физических воздействий, которые можно разделить на четыре основные категории [2,3]:

1. Ударное воздействие: вызвано быстрым перемещением волокон относительно друг друга и твердых частей устройства.

2. Эффект кавитации: Он возникает в результате образования, расширения и схлопывания кавитационных пузырьков в жидкости при определенных условиях и их взаимодействия с волокнистым материалом.

3. Пульсационное воздействие: это происходит из-за попеременного повышения и понижения гидравлического давления во взвешенной массе и тесно связано с распространением волн давления и разрежений в жидкости. В некоторых случаях этот эффект называют "акустическим ударом", а не "пульсацией".

4. Силы трения, обусловленные вязкостью и градиентом скорости движущейся жидкости.

В зависимости от принципа действия и типа используемого ударного воздействия оборудование для безножевого размола можно разделить на следующие категории:

- Роторно-пульсационные системы, которые включают в себя измельчители, волокнообразователи, супратонаторы и импульсные мельницы. В этих системах преобладают вращательные и пульсационные удары.

- Струйно-барьерные машины, которые оснащены неподвижным и подвижным барьером, используемым для размола.

 - Кавитационные устройства, такие как кавитационные гидродинамические трубы.

 - Акустическое оборудование, включая струйные пластинчатые устройства (гидродинамические акустические генераторы), электрогидравлические генераторы и системы, генерирующие гидравлический удар, а также пьезо- и магнитострикционные излучатели.

В исследованиях, проведенных Ю.Д. Алашкевичем и его учениками, продемонстрированы заметные изменения в потоке струи из сопла, зависящие от диаметра сопла и силы удара струи о препятствие. Полученные результаты показывают, что взаимодействие между струей и препятствием вызывает явления кавитации. В целлюлозно-бумажном производстве большое значение имеет не только технология размола, но и выбор сырья. Древесина хвойных пород традиционно используется в качестве сырья для производства из-за ее длинных волокон, которые необходимы для изготовления бумажных листов. В связи со значительным расширением производства готовой продукции целлюлозно-бумажного производства появилась необходимость изыскания других видов сырья, отличающиеся краткосрочным созреванием.

Однолетние растения включают в себя широкий спектр видов, таких как солома, тростник, подсолнечник и техническая конопля. Среди этих однолетних растений техническая конопля выделяется как особенно перспективное сырье для наших целей. Техническая конопля — это травянистое растение, которое может достигать 1-6 метров в высоту, в зависимости от таких факторов, как генетическая изменчивость, условия окружающей среды и методы ведения сельского хозяйства. В процессе роста у этого вида развиваются прочные, деревянистые стебли диаметром от 2,5 до 5 сантиметров. Помимо использования в целлюлозно-бумажном производстве, техническая конопля демонстрирует удивительную универсальность для различных промышленных применений [4]. Стебель технической конопли состоит из двух основных компонентов: внутренней сердцевины, которая составляет примерно 65-75% от общей структуры стебля и известна как "древесная часть" или "костра". Эта древесная часть содержит примерно 40-48% целлюлозы и значительное количество лигнина (примерно 20%), аналогичного тому, который содержится в древесине твердых пород. Внешний компонент, называемый волокнистой частью, составляет оставшуюся часть стебля и содержит приблизительно 62,4% целлюлозы при сравнительно более низком содержании лигнина (около 5-7%) [5]. Этот уникальный состав подчеркивает потенциал технической конопли как ценного источника целлюлозы для различных промышленных применений, таких как целлюлозно-бумажное производство, и обещает создание экологически чистых и устойчивых производственных процессов. При анализе характеристик волокнистого полуфабриката, получаемого из технической конопли, следует отметить его повышенную прочность. В частности, выделяется его высокая прочность на разрыв. Кроме того, годовой цикл роста конопли обеспечивает ее легкодоступным сырьем, что отличает ее от других источников на основе древесины. Потенциал для производства бумаги и последующей переработки зависит от длины

волокна. Более длинные волокна из технической конопли обладают способностью эффективно удваивать объем технологических циклов по сравнению с теми, которые основаны на материалах на основе древесины [6].

В Сибирском государственном университете науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва на кафедре Машин и аппаратов промышленных технологий были проведены исследования по переработке волокон технической конопли. Первоначальная подготовка включала в себя измельчение лубяной части стебля конопли. Учитывая, что волокна технической конопли имеют длину от 2 до 4 метров, перед дальнейшей обработкой их необходимо предварительно измельчить. Следовательно, начальная фаза процесса включала в себя этап предварительного измельчения с использованием дробилки-дезинтегратора «Рекорд». Последующий этап включал размол обработанного материала с использованием безножевой установки типа «Струя-преграда» [7]. Этот эксперимент проводился при давлении в рабочем цилиндре 12 МПа. Устройство оснащалось соплом с внутренним диаметром 2 мм, предназначенным для распыления струи волокнистой суспензии на препграду, при этом струя суспензии выбрасывалась со скоростью 130 м/с. Для сравнения качественных и количественных показателей при размоле использовали три вида концентрации суспензии: 0,5; 1; 1,5 %.

На рис. 1 показана зависимость степени помола от времени размола по шкале Шоппер-Риглера.

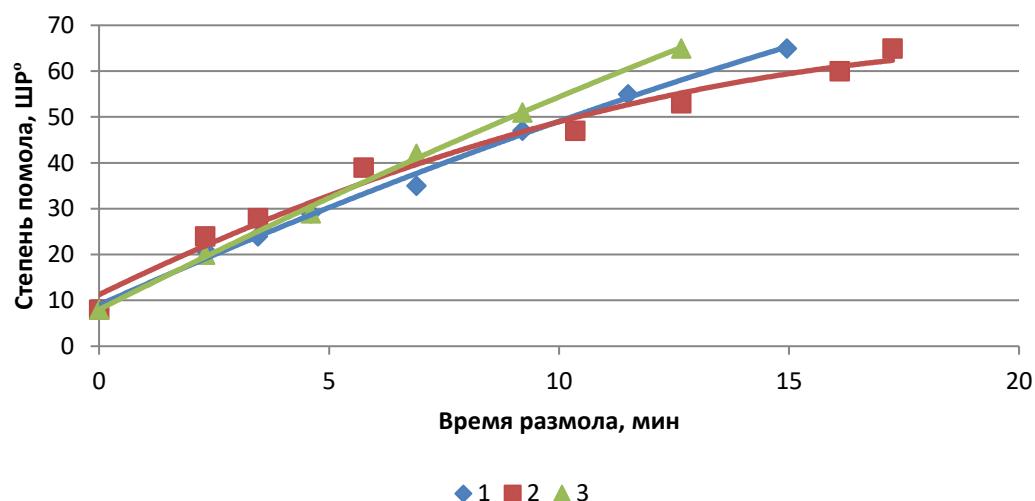


Рисунок 1. Зависимость степени помола по школе Шоппер-Риглера от времени размола

1 – Размол технической конопли при концентрации 1%; 2 – Размол технической конопли при концентрации 1,5%; 3 – Размол технической конопли при концентрации 0,5%

Для всех случаев размола, согласно, рисунку имеет место изменения, как качественных, так и количественных зависимостей. Не зависимо от условий размола и вида полуфабриката, наблюдается, рост времени обработки волокна, что, в конечном счете, может отразиться на производительности размольной установки. Качественные характеристики процесса размола в виде параболы, наблюдается при концентрации 1,5%. При концентрации 1% и 0,5% качественные характеристики представлены в виде линейной зависимости. Не зависимо от вида размалываемого полуфабриката при безножевом размоле количественные зависимости очень близки друг к другу. Ю.П. Лосева в своей работе определила, что с увеличением концентрации суспензии, эффект кавитации снижается [8]. Графические данные, приведённые выше подтверждают эти представления, с увеличением концентрации суспензии интенсивность её размола снижается. Это объясняется тем, что при низкой концентрации суспензии происходит более активное воздействие кавитационных факторов.

На рис. 2 представлены зависимости разрывной длины готовых изделий от степени помола при различных концентрациях.

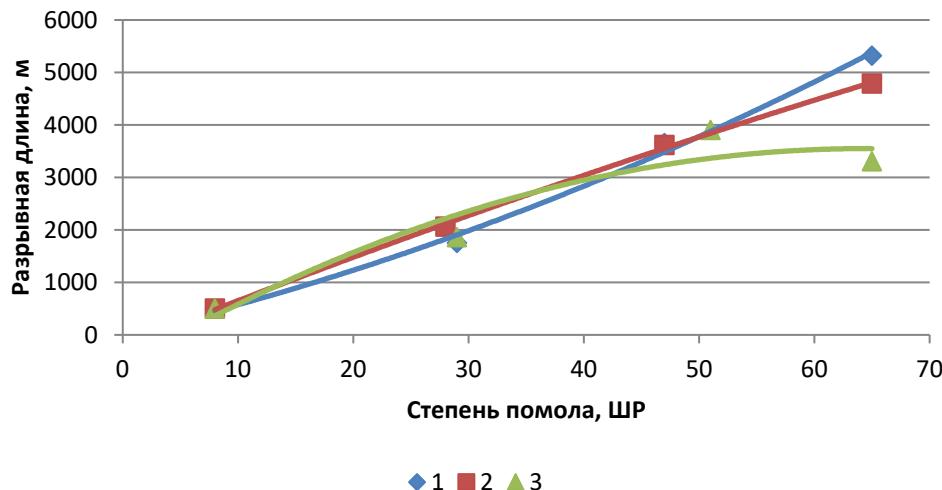


Рисунок 2. Зависимость показателя разрывной длины готовых изделий от степени помола по шкале Шоппер-Риггера. 1 – Размол технической конопли при концентрации 1%; 2 – Размол технической конопли при концентрации 1,5%; 3 – Размол технической конопли при концентрации 0,5%

Зависимости имеют параболический характер, однако, количественные характеристики отличаются. Наибольшие прочностные характеристики достигаются при размоле волокнистой суспензии с концентрацией 1%. Также из рисунка видно, что суспензия с концентрацией 0,5% превосходит по показателям разрывной длины отливки, получение при размоле с высокой концентрацией, однако, при достижении 40° ШР, показатель разрывной длины начинает снижаться. И далее наилучшим показателем разрывной длины оказывается зависимость с высокой концентрацией (1,5%), который снижается при достижении 50° ШР.

На рисунке 3 представлена зависимость показателя сопротивления раздиранию от степени помола при различных концентрациях суспензии.

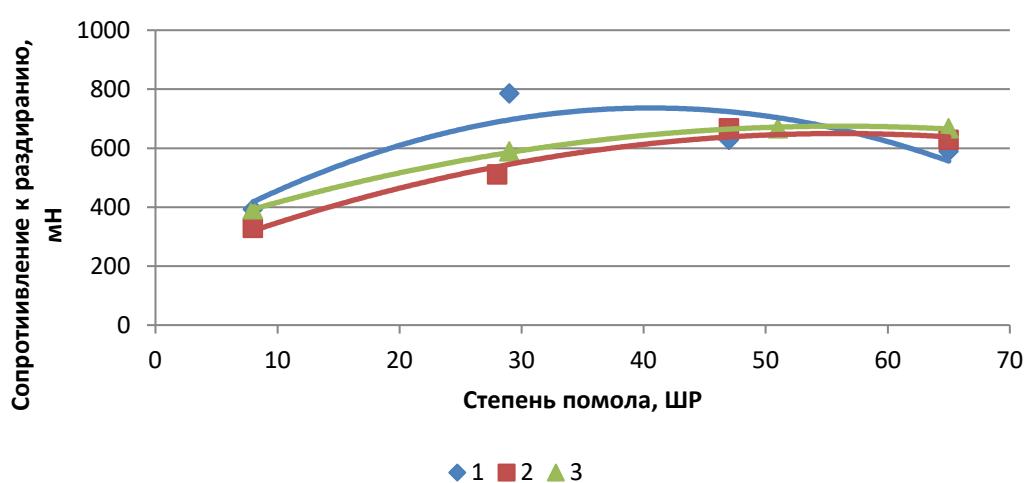


Рисунок 3 – Зависимость показателя сопротивления раздиранию готовых изделий от степени помола по шкале Шоппер-Риггера. 1 – Размол технической конопли при концентрации 1%; 2 – Размол технической конопли при концентрации 1,5%; 3 – Размол технической конопли при концентрации 0,5%

Готовые изделия, полученные из суспензии с концентрацией 1,5% имеет более низкий показатель сопротивления раздиранию, тогда как при размоле суспензии с концентрацией 1 % удается достичь значений более 700 мН для материала, которые не подвергался химической обработки. Аналогично с показателями разрывной длины наибольшее значение показателя сопротивлению раздиранию достигается при размоле суспензии с концентрацией 1%. Таким

образом размол суспензии с концентрацией 1% является наиболее предпочтительным способом обработки волокон при помощи безножевой установки типа «Струя-преграда».

Библиографический список

1. Корда, Ж. Размол бумажной массы / Ж. Корда, З. Либнар, Ю. Прокоп. – М.: Лесная промышленность, 1967. – 421 с.
2. Алашкевич, Ю. Д. Основы теории гидродинамической обработки волокнистых материалов в размольных машинах [Текст]: дис. ... док.техн. наук: 05.21.03 / Ю. Д. Алашкевич. – Красноярск, 1987. – 361 с.
3. Марченко Роман Александрович. Интенсификация безножевого размола волокнистых полуфабрикатов в целлюлозно-бумажном производстве: диссертация ... кандидата Технических наук: 05.21.03 / Марченко Роман Александрович; [Место защиты: Сибирский государственный технологический университет], 2016.- 161 с.
4. Влияние концентрации волокнистой массы из технической конопли на физико-механические характеристики готовой продукции / А. А. Карелина, Ю. Д. Алашкевич, В. А. Кожухов, К. А. Хохлов // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов : Материалы VII Международной научно-технической конференции имени профессора В.И. Комарова, Архангельск, 14–16 сентября 2023 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова».
5. Koren A., Sikora V., Kiprovski B., Brdar-Jokanovic M., Acimovic M., Konstantinovic B.; Latkovic, D. Controversial taxonomy of hemp. Genetika 2020, 52, 203–212.
6. J. Fike, Industrial hemp: renewed opportunities for an ancient crop, Crit. Rev. Plant Sci. 35 (2016) 406–424, <https://doi.org/10.1080/07352689.2016.1257842>.
7. Патент № 2363792 С1 Российская Федерация, МПК D21C 1/00. установка для измельчения волокнистого материала: № 2008119775/12: заявл. 19.05.2008: опубл. 10.08.2009 / Ю. Д. Алашкевич, В. И. Ковалев, А. И. Невзоров, Р. А. Марченко; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирский государственный технологический университет".
8. Лосева Ю.П. Использование электрогидравлического эффекта в бумажной промышленности // Бум. пром-сть. – 1957. - №9. – с. 8-9.