

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ВОЛОКОН ЛУБЯНЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОЙ БУМАЖНОЙ УПАКОВКИ

*А.А. Карелина, Ю.Д. Алашкевич, В.А. Кожухов, К.А. Хохлов*

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

Растущая сфера применения лубяных культур неизбежно влечет за собой и увеличение числа отходов. В связи с этой тенденцией становится актуальным вопрос их переработки. Одной из сфер применения может стать целлюлозно-бумажная промышленность. Для реализации потенциала недревесного сырья целесообразно применять размол массы высокой концентрации. **Ключевые слова:** размол, ножевая гарнитура, волокнистая масса высокой концентрации, недревесное сырье, техническая конопля, лен, целлюлозно-бумажное производство, сельскохозяйственные отходы.

Начиная с 2010 года, в России наблюдается повышение интереса к возделыванию и переработке лубяных культур, расширяются сферы применения волокна, семян, костры. Согласно анализу данных об объемах заготовки льна и конопли наибольший прирост посевных площадей за период 2010-2022 наблюдался у технической конопли, почти в 16 раз. Это связано со снятием запрета на её выращивание. По состоянию на 2022 год лен возделывается в 57 субъектах РФ, а конопля в 31 субъекте. Это обуславливает большое количество отходов, которые необходимо эффективно перерабатывать [1, 4].

Лубяные волокна (техническая конопля и лен) обладают такими особенностями как высокое содержание целлюлозы и большая исходная прочность. Поэтому их целесообразно применять в качестве альтернативного источника сырья в ЦБП (таблица 1) [2, 8, 9].

Таблица 1  
Характеристика лубяных волокон

Вид сырья	Содержание целлюлозы, %	Урожайность, т/га	Прочность на разрыв, МПа
Техническая конопля	60-77	12	814
Лен	75-82	2-2,5	745

Вместе с тем недревесные волокна обладают рядом других преимуществ, среди которых: короткий вегетационный период и как следствие ежегодная возобновляемость, высокие годовые урожаи, более низкое содержание лигнина по сравнению с древесиной, более легкая отбелка [6, 10].

Размол является одной из важнейших операций в производстве бумаги и картона. Он представляет собой процесс механической переработки растительных волокон в водной среде и осуществляется с помощью механического и гидродинамического воздействия. Назначением размола является приданье волокнистому материалу определенных размеров волокнам с целью обеспечения требуемой структуры бумаги и приданье определенной степени гидратации, от которой зависит сила сцепления волокон между собой [8]. Поэтому очень важно постоянно внедрять новые технологии и совершенствовать этот процесс. Одним из путей совершенствования является применение размола массы высокой концентрации. Плюсами такой обработки является: более низкое энергопотребление в сравнении с размолом массы низкой концентрации, незначительное укорочение волокон, рост удельной поверхности волокон, увеличение внутреннего фибрillирования, повышение показателей прочности [7]. Принимая во внимание то, что волокнистый полуфабрикат из лубяных культур является длинноволокнистым, необходимо интенсифицировать процесс размола посредством внедрения новых конструкций размалывающего оборудования.

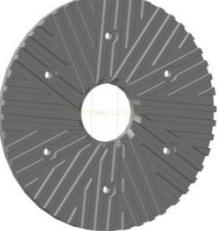
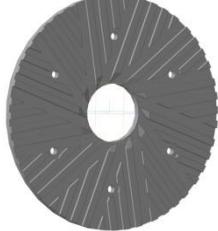
В связи с этим коллективом кафедры МАПТ СибГУ им. М.Ф. Решетнева была разработана ножевая дисковая гарнитура с окружной формой ножей, предназначенная специально для обработки длинноволокнистого полуфабриката высокой концентрации [5].

Использование гарнитуры с окружной формой ножей позволяет улучшить качество волокнистой массы из недревесного сырья путем преимущественного фибрillирования волокон, а не их укорочения. Это осуществимо благодаря развитию больших касательных усилий на кромках окружных ножей, чем на кромках прямых ножей традиционных гарнитур.

Кроме того, особенностью размоля массы высокой концентрации считается и то, что в зоне размоля образуется волокнистая прослойка значительной толщины, которая также способствует внешнему фибрillированию волокон за счет многократного их скручивания и истирания. В табл. 2 приведены сравнительные значения показателя разрывной длины бумажных отливок, изготовленных из технической конопли.

Таблица 2

Сравнение значений показателя разрывной длины в зависимости от использования различных конструкций гарнитур

Физико-механический показатель	Гарнитура с окружной формой ножей	Традиционная гарнитура 20°	Традиционная гарнитура 35°
			
Разрывная длина, м	3136	2417	2993

Такой физико-механический показатель как разрывная длина выбран основным для определения качества бумажных отливок согласно ГОСТ 8273-75. Этот стандарт устанавливает значение разрывной длины равное 2200 м марок Д (из небеленой целлюлозы, полуцеллюлозы и древесной массы) и Е (из макулатуры, небеленой целлюлозы и волокнистых отходов целлюлозно-бумажного производства) при производстве оберточной бумаги. Количественные значения, полученные при испытании бумажных отливок, изготовленных после размоля с использованием различных конструкций гарнитур, наглядно доказывают преимущество обработки волокнистой массы окружной гарнитурой [3].

Применение гарнитуры авторского исполнения при обработке льняного полуфабриката также позволяет достичь удовлетворительного качества бумажных отливок (Табл. 3).

Таблица 3

Сравнение значений показателя разрывной длины в зависимости от использования различных видов лубяных волокон

Показатель Вид сырья	Разрывная длина, м	ГОСТ 8273-75
Техническая конопля	3136	2200 (для марок Д, Е)
Лен	2433	

В показателях прочности бумажных отливок из технической конопли и льна наблюдается некоторая разница, что связано с разницей в исходной прочности лубяных волокон. Принято считать, что волокна конопли прочнее льняных, хотя и имеют схожую химическую и морфологическую структуру [11].

Необходимо отметить тот факт, что волокнистая масса из лубяных волокон подвергалась размолу без предварительной химической обработки. Высокая исходная прочность волокна и значительное содержание целлюлозы позволяет достичь конкурентноспособных показателей

бумажной продукции в условиях отсутствия химической обработки, сохранив при этом экологическую составляющую процесса переработки сельскохозяйственных отходов.

Отходы лубяных культур, которые в настоящее время практически не перерабатываются, имеют большой потенциал. Их природные характеристики, такие как высокая прочность и большое содержание целлюлозы, дают возможность использовать их в качестве альтернативного источника сырья для ЦБП. Для того чтобы сохранить превосходное качество материала, необходимо вести разработку нового размалывающего оборудования и искать пути совершенствования процесса размола. Именно к решению этих вопросов относится исследование размола массы высокой концентрации из недревесного сырья в производстве бумажной продукции.

### Библиографический список

1. Басова, Н. В. Анализ производства лубяных культур в России за период импортозамещения / Н. В. Басова, Э. В. Новиков // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. – 2023. – Т. 3, № 2(8). – С. 54-63. – DOI 10.54016/SVITOK.2023.67.29.007. – EDN TZKPVN.
2. Богданова О.Ф., Березовский Ю.В. Современные технологии переработки составляющих льна для производства продукции различного назначения // Материалы и технологии. 2018. №2(2). С. 9–13. DOI: 10.24411/2617-149X-2018-12001.
3. ГОСТ 8273-75. Бумага оберточная. Технические условия: межгосударственный стандарт : дата введения 01.01.76. – Изд. официальное. – Москва : ИПК Издательство стандартов , 1975 – 8 с.
4. Новиков, Э. В. Лубяные культуры в России и за рубежом: состояние, проблемы и перспективы их переработки / Э. В. Новиков, Н. В. Басова, А. В. Безбабченко // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 1(1). – С. 30-40. – DOI 10.54016/SVITOK.2021.1.1.005. – EDN XYEJVW.
5. Патент № 2798559 С1 Российская Федерация, МПК D21D 1/30. Размалывающая гарнитура : № 2022135058 : заявл. 29.12.2022 : опубл. 23.06.2023 / Ю. Д. Алашкевич, В. И. Ковалев, В. А. Кожухов, А. А. Карелина; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва". – EDN YZPXCZ.
6. Сусоева И.В., Вахнина Т.Н., Свиридов А.В. Химический состав и способ утилизации отходов производства хлопковых и льняных волокон // Химия растительного сырья. 2017. №3. С. 211–220. DOI:10.14258/jcprm.2017031492.
7. Ушаков А.В. Размол волокнистых полуфабрикатов высокой концентрации в целлюлозно-бумажном производстве: дис. ... канд. тех. наук: 05.21.03. – СибГУ им. М.Ф. Решетнева, Красноярск, 2022 – 173 с.
8. Фляте Д.М. Технология бумаги. Учебник для вузов. – М.: Лесн. пром-ть, 1988 – 440 с.
9. Petroudy S.R. Physical and mechanical properties of natural fibers // Advanced High Strength Natural Fibre Compo-sites in Construction. 2017. Pp. 59–83. DOI: 10.1016/B978-0-08-100411-1.00003-0.
10. Sadrmanesh V., Chen Y. Bast fibres: structure, processing, properties, and applications // International Materials Re-views. 2018. Vol. 64. Pp. 381–406. DOI: 10.1080/09506608.2018.1501171.
11. Wiener, J., Kovačić, V., & Dejlová, P. (2003). Differences between Flax and Hemp. *AUTEX Research Journal*, 3, 58 - 63.