

УДК 677.021.15/18:677.12

М.В. ШИНКАРУК, М.В. ШАМШУРА, Т.О. КУЗЬМИНА  
Херсонский национальный технический университет**МОДИФИКАЦИИ КОНОПЛЯНОГО ВОЛОКНА**

*В данной работе проведено исследование современного состояния конопляной отрасли в Украине и установлено, что основными продуктами первичной обработки стеблей конопли на предприятиях является длинное и короткое волокно. Результаты показали, что есть необходимость в усовершенствовании технологий механической обработки тресты конопли для расширения сферы дальнейшего использования полученного из них волокна для производства товаров широкого потребления, а также необходимость в применении модификации конопляного волокна. Исследование подтвердило, что ключевым элементом успешного развития конопляного бизнеса является внедрение в производство инновационных направлений переработки и получения востребованной на потребительском рынке продукции. Усовершенствование и разработка новых технологий производства конопляного сырья способствуют повышению степени использования всех составляющих компонентов растения, создать благоприятные условия для модификации конопляного волокна, что позволит планомерно развивать отрасль и получать стабильный доход.*

*Ключевые слова: ненаркотическое техническое волокно, конопляное волокно, пенька, треста, инновационные технологии, модификация волокна.*

М.В. ШИНКАРУК, М.В. ШАМШУРА, Т.О. КУЗЬМИНА  
Херсонський національний технічний університет**МОДИФІКАЦІЇ КОНОПЛЯНОГО ВОЛОКНА**

*У даній роботі проведено дослідження сучасного стану конопляної галузі в Україні та встановлено, що основними продуктами первинної обробки стебел конопель на підприємствах є довге та коротке волокно. Результати показали, що необхідно удосконалити технології механічної обробки трести конопель для розширення сфери подальшого використання отриманого з них волокна для виробництва товарів широкого вжитку, а також застосовувати модифікації конопляного волокна. Дослідження підтвердило, що ключовим елементом успішного розвитку конопляного бізнесу є впровадження в виробництво інноваційних напрямків переробки та отримання на споживчому ринку конопляної продукції, що має попит. Вдосконалення і розробка нових технологій виробництва, які сприяють підвищенню ступеня використання всіх складових компонентів рослини, створення сприятливих умов для модифікацій конопляного волокна дозволить планомерно розвивати конопляну галузь і отримувати стабільний дохід.*

*Ключові слова - ненаркотичне технічне волокно, конопляне волокно, пенька, треста, комплексна переробка, інноваційні технології, модифікація волокна.*

M. SHYNKARUK, M. SHAMSHURA, T. KUZMINA  
Kherson National Technical University**THE HEMP FIBER MODIFICATIONS**

*In this work the research is conducted that nowadays long and short fiber is the main products of preprocessing of hemp stalks at the enterprises of hemp branch in Ukraine. There is a need for improvement of technologies of machining trusts of hemp for expansion of the sphere of further use of the fiber received from them for production of consumer goods and also to apply various modifications to hemp fiber. It is proved that a key element of successful development of hemp business is introduction of the latest innovative directions of processing and receiving production demanded in the consumer market. Conclusions are drawn that it is necessary to improve and develop new production technologies which allow to raise extent of use of all components of a hemp plant, to create favorable conditions for various modifications of hemp fiber that will allow to develop hemp branch systematically and to gain stable income in this sphere.*

*Keywords: not narcotic technical fiber, hemp fiber, hemp, trust, innovative technologies, fiber modification.*

**Постановка проблеми**

Как известно, на данное время в Украине основными продуктами первичной обработки стеблей конопли на предприятиях отрасли являются длинное и короткое волокно. В первую очередь, это

связано с несоответствием физико-механических свойств длинного и короткого конопляного волокна, полученного по данным технологиям, требованиям к сырью для текстильной, фармацевтической и целлюлозно-бумажной промышленности. Во-вторых, отсутствием на сегодняшний момент соответствующих технологий механической обработки стеблей конопли, которые дали бы возможность получать волокно, пригодное для использования как сырье для выше перечисленных отраслей. В-третьих, данные технологии не учитывают основных отличительных характеристик анатомического и морфологического строения соломы и химического состава волокна современных сортов конопли.

Результаты исследований установили необходимость усовершенствования технологий механической обработки тресты конопли для расширения сферы дальнейшего использования полученного из них волокна для производства товаров широкого потребления, а также применение модификаций конопляного волокна.

#### Анализ последних исследований и публикаций

Как показывает анализ статистических данных, в мире за последние годы существенно выросли объемы выращивания и переработки лубяных культур. Особенно это касается конопли. Лидерами в данном производстве считаются Франция, Канада, Китай. В табл. 1 приведена оценка ёмкости производства конопляного волокна за 2003 г. и 2017 г. в странах, которые не только выращивают ненаркотическую коноплю, но и перерабатывают на волокно пригодное для производства в разных отраслях промышленности [1].

Таблица 1

#### Сравнительный анализ производства промышленного волокна конопли за 2003 и 2017г.г.

Страна производитель	Производство промышленного конопляного волокна, т.	
	2003г.	2017 г.
Франция	4300	48264
Канада	5800	34720
Китай	24000	26000
Чили	1250	1450
Украина	150	1450
Венгрия	40	600
Россия	300	500

Таблица 2

#### Динамика посевных площадей в Украине

Год	Площадь посевов технической конопли тыс.га	Урожайность волокна, ц/га	Урожайность семян, ц/га
1990	10,20	7,61	3,04
1995	3,20	5,72	5,21
2000	3,00	5,31	2,97
2005	1,94	3,40	3,80
2009	0,26	2,30	5,20
2010	0,78	2,50	6,60
2011	0,43	2,70	7,70
2012	0,65	3,00	4,90
2013	1,26	2,50	4,20
2014	2,75	4,35	5,80
2015	3,60	6,20	6,60
2016	5,00	9,80	10,70
2017	5,12	10,20	11,80

За последние годы в Украине существенно выросли объемы выращивания и переработки конопли, как это показано в табл. 2. Об этом свидетельствуют следующие факты: значительное расширение посевных площадей под названную культуру, дальнейшее совершенствование и экологизация технологий его выращивания и переработки, существенное увеличение объемов производства и расширение ассортимента товаров, полученных на ее основе [2]. Это обусловило

необходимость проведения углубленных исследований ассортимента и свойств конопле содержащих материалов и изделий, комплексной оценки уровня их качества и конкурентоспособности, экономического обоснования сфер наиболее эффективного их использования, а также модификацию волокна. Неслучайно эти вопросы в последние годы освещаются во многих зарубежных и отечественных монографиях, научных и профессиональных изданиях, а также является предметом дискуссий на международных, региональных и межвузовских научно-практических конференциях и симпозиумах [3].

#### **Формулирование цели исследования**

Целью данных теоретических и экспериментальных исследований является анализ существующих технологических процессов, способствующих комплексному использованию большого количества ценных компонентов культуры конопли, обзор модификаций конопляного волокна, которые можно использовать в разных отраслях производства.

#### **Изложение основного материала исследования**

Конопляная пенька и волокно служат материалом для изготовления текстиля, обладающего повышенной прочностью, водостойкостью и износостойчивостью.

Обычно из конопляного волокна изготавливают следующие виды текстиля:

- грубые ткани (парусину, рогожу, холст, брезент),
- кручено-витые изделия (веревки, канаты, швейные нитки, шпагат)
- технический текстиль (паклю, тканевые фильтры, приводные ремни, парашютные стропы, пожарные рукава, конскую упряжь).

Из пеньки плетут коврики и циновки. В прошлом из конопляного волокна изготавливали также рыболовные сети и тонкие ткани (включая постельные и бельевые).

Сфера использования конопли постоянно расширяется, разрабатываются новые технологии, которые позволяют повысить степень использования всех составляющих компонентов растения, создает условия конопле конкурировать с другими сельскохозяйственными культурами.

Общеизвестно, что ключевым элементом успешного развития бизнеса является внедрение последних инновационных направлений переработки и получения востребованной на потребительском рынке продукции. За последние годы в мире уровень внедрения инноваций в коноплеводстве значительно вырос, демонстрируя новые чрезвычайно конкурентоспособные направления производства коноплепродукции. Наиболее яркими примерами нового применения конопли является интенсивное внедрение биокompозитных материалов для изготовления деталей самолёто- и автомобилестроения, где данный материал может занимать более 70% составных частей технического средства. Применение конопляных волокон как основ для изготовления суперконденсаторов может стать идеальной альтернативой по сравнению с дорогими материалами, применяемыми на современном этапе производства. Также в перечень инновационных конопляных продуктов можно отнести: эко-продукты, новые пищевые продукты, содержащие коноплю (жевательная резинка, напитки, масло для жарки) и зоогауры, имеющих высокую питательную ценность. И конечно, особого внимания сегодня заслуживает медицинское направление применения растения конопли, который в ближайшем будущем может быть одним из самых прибыльных сегментов отрасли коноплеводства [4].

Конопляное волокно используют не только в одежде, но и в средствах ухода за лицом, например, в матирующих салфетках для лица из конопляной бумаги с экстрактом зеленого чая. Эти изделия смягчают кожу, раздраженную негативными внешними воздействиями, гипоаллергенные.

Однако, несмотря на высокие показатели гигиенических, прочностных и других свойствах конопляного волокна, актуальной остается дополнительная технологическая «доработка» и его усовершенствование. Эффективным современным инструментарием улучшения свойств текстильных материалов является плазменная модификация.

Плазма – это частично или полностью ионизированный газ. С помощью плазменной обработки можно изменять гидрофильные, адгезионные и механические свойства волокон. Воздействие низкотемпературной плазмы пониженного давления, приводит к увеличению разрывной нагрузки, способствует росту устойчивости к истиранию.

В легкой промышленности все большее практическое применение находит плазма высокочастотного (ВЧ) разряда пониженного давления [5]. Главная цель этой модификации – получить более мягкое волокно из ненаркотической технической конопли, имеющее прядильные свойства и пригодное для дальнейшей переработки в текстильной промышленности, а также улучшить такие качества как способность к отбеливанию, прочность, гигроскопичность.

Органолептический метод даёт возможность определить общие показатели материала, полученные таким способом. Волокна конопли, полученные летним сбором, обладают блеском, жёлтым окрасом. Среди недостатков волокон можно выделить: жёсткие на ощупь, имеются остатки костры, низкая эластичность и тёмный оттенок, не поддающийся полному отбеливанию.

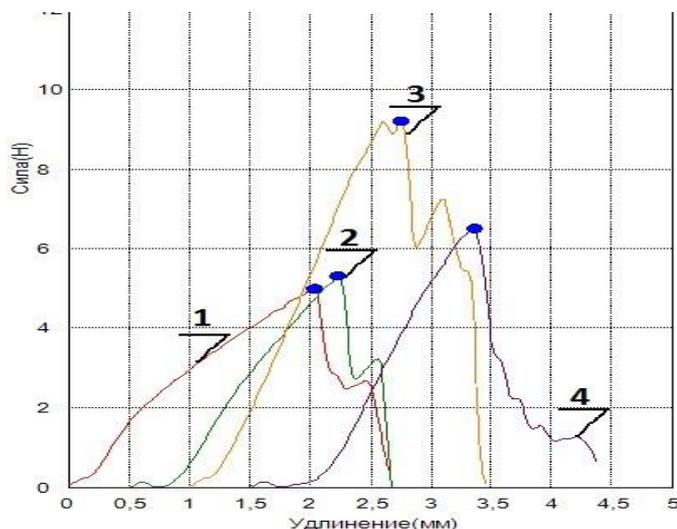
Модифікація в середі аргона придала волокну додаткову еластичність, в середі воздуха – більш світлий бежевий колір і блиск, в середі пропан-бутана – більш наповнену структуру і гладку поверхню. Органолептичні і фізико-механічні показателі представлені в табл. 3.

Таблиця 3

**Органолептичні дані і середні показателі  
разривної навантаження конопляного волокна**

Волокно модифіковане в плазмі	Органолептичні властивості	Фізико-механічні властивості	
	приобретенні властивості	сила, Н	удовження, мм
Контрольний	-	4,95	2,25
В середі аргона	еластичність	10,81	1,75
В повітряній середі	світло бежевий колір і блиск	6,30	1,78
В середі пропан-бутана	гладка наповнена структура	6,13	1,54

На рис. 1 вказані дані по разривній навантаженні конопляного волокна.



**Рис. 1. Разрывная нагрузка исходного контрольного волокна и волокна, подверженных плазменной модификации: 1 – контрольный, 2 – воздух, 3 – аргон, 4 – пропан-бутан**

Після плазмової обробки, у зразках змінилися фізико-механічні властивості. Обробка зразків конопляних волокон в низькотемпературній плазмі дозволила підвищити показателі міцності на розрив зразків в порівнянні з контрольним зразком.

Найкращим волокном за показателями міцності є зразок, оброблений плазмовою модифікацією аргону, але переважає початковий зразок за розривом в 2,2 рази. Зразок, оброблений в низькотемпературній плазмі повітрям, переважає початковий зразок в 1,27 рази. Зразок, модифікований в пропан-бутані, переважає початковий зразок в 1,23 рази. Показателі подовження практично не змінюються. Рекомендовано використовувати волокно, оброблене в аргоні для індустрії спецпрочної одягу, в воєнне діло, рюкзаки для походів, палатки, форма.

Експеримент показує доцільність плазмової модифікації конопляного волокна в тій або іншій середі, для виготовлення спецодягу, плащової ткани (джинсові куртки, плащі, пальто, ветровки) і т.д. [6, 7].

Існує модифікація конопляного волокна, розроблена російським ученим Дорофєєвим В.В., заснована на спільній гідродинамічній обробці волокон в неперервному режимі хвильовим полем за допомогою ультразвукового джерела (стандартне обладнання: – 20 кГц і 2 кВт), а потім в імпульсному режимі – електроімпульсним розрядом в рідині. Підвищення ефективності процесу обробки досягається завдяки «розділенню видів робіт»:

1. ультразвук – для видалення солей, кисті, бруду, кутикули і др., початку розділення волокон, а також прискорення процесу замочування з видаленням розчинної частини волокон;
2. електроімпульсний розряд в рідині – для модифікації, т.е. подальшого послаблення як пектинодержачих, так і механічних зв'язей між волокнами в пучку.

В якості об'єкта дослідження використовувалася вітчизняна треста технічної конопли (пенька) сорту ЮСО-31. Первинна механічна обробка проводилася на обладнанні ООО

Пензенского пенькозавода. Полученное волокно сравнивалось с пеньковым волокном зарубежного производства, полученного методом декортикации (механический способ отделения луба от костры без предварительной мочки). В результате проведенных испытаний выявлены показатели линейных плотностей образцов. Поскольку отечественное волокно сравнимо по линейной плотности с зарубежным, стало возможным продолжить процесс его модификации. Показатели физико-механических свойств модифицированных лубяных волокон показаны в табл. 4.

Таблица 4

Показатели, размерность	Значение показателей образцов			
	1	2	3	4
Линейная плотность, текс (номер)	2,56 (390,60)	2,36 (423,70)	2,2 (454,50)	4,2 (238,10)
Содержание волокон по классам длин, %				
0...15 мм	7,20	7,20	12,10	28,20
15,1...45 мм	44,10	34,40	36,60	51,80
45,1 и более мм	48,70	58,40	44,30	19,90
Средняя массодлина, мм	53,10	52,90	49,70	35,50
Модальная массодлина, мм	35,00	35,00	60,00	40,00
Штапельная массодлина, мм	67,90	72,70	91,80	63,30

В результате ударно-волновой обработки происходит нарушение целостности первичной и вторичной структур конопляных волокон, ослабевают межклеточные связи, тем самым волокно поддается распаду на элементарные волокна. Для полного разделения, параллелизации, снижения доли длинных волокон и оценки показателей физико-механических свойств волокно прочесали на малогабаритной чесальной машине. Линейная плотность отечественного и зарубежного волокна технической конопля показана в табл. 5.

Таблица 5

Показатель, размерность	Значение показателя	
	отечественное волокно	зарубежное волокно
Линейная плотность, текс (номер)	4,53 (220,80)	3,70...4,33 (230,90...270,30)

Результаты, сведённые в табл. 5 показывают, что усредненная линейная плотность партии конопляного волокна, обработанного ударно-волновым воздействием, гораздо ниже ( $\approx 2,5$  текс), чем у той же самой партией, обработанной на оборудовании механической линии ООО НПФ Тексинж (4,2 текс). Линия представлена машинами, предназначенными для глубокой переработки отходов трепания льна (короткого льноволокна), изготовления нетканых материалов технического назначения, смесовой пряжи. В дальнейшем модифицированное конопляное волокно используется в смесях [8].

Технология выработки мягких тканей из конопляного волокна длительная и сложная, поэтому готовые изделия являются элитными и дорогими. Проблема может быть решена путем химической модификации конопляного волокна по аналогии с процессами, разработанными для короткого льноволокна.

Одна из задач химической модификации – разрушение лигнина, входящего в состав средних пластинок, до низкомолекулярных веществ, растворимых в щелочных средах. В исследовании использовали серо- и азотсодержащие восстановители: сульфит натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , сульфид натрия  $\text{Na}_2\text{S}$ , триэтанолламин  $(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}$  концентрация восстановителей составляет 5 г/л.

Окислению пероксидам водорода (3,5 г/л) в щелочной среде при температуре  $100^\circ\text{C}$  подвергли лигнин, предварительно обработанный в щелочно-восстановительных растворах. УФ-спектры кадоксеновых экстрактов лигнина были записаны на спектрофотометре.

Увеличение концентрации гидроксида натрия в 7 раз повышает растворимость лигнина лишь в 1,8 раза. Причем даже при концентрации щелочи 20 г/л за 1 час в раствор переходит не более 22% лигнина. По-видимому, высокая устойчивость лигнина конопля к действию щелочи связана с высокой законденсированностью и сложностью строения его молекулы.

В ходе исследования было выявлено, что максимальный эффект (33...38%) при повышении скорости в 1,5...2,0 раза может быть получен только в присутствии восстановителей. При последующем окислении пероксидом водорода растворение лигнина возрастает лишь на 5,8%.

Методом УФ-спектрофотометрии изучены химические превращения, происходящие в лигнине под действием исследуемых систем. Выявлено, что растворение лигнина под действием щелочно-восстановительных систем обусловлено разрывом эфирных связей, а также отщеплением и переходом в

раствор части фенилпропанових звеньев, а также отщеплением и переходом в раствор части фенилпропановых звеньев. Показано, что действие пероксида водорода направлено на нарушение сопряженной системы двойных связей [9].

#### Выводы

Анализ результатов проведенных исследований показывает, что конопляное волокно является весьма перспективной сельскохозяйственной культурой, но в Украине используется в узком направлении. Необходимо усовершенствовать и разрабатывать новые технологии производства, которые позволяют повысить степень использования всех составляющих компонентов растения, создать благоприятные условия для различных модификаций конопляного волокна, что позволит планомерно развивать отрасль и получать стабильный доход.

#### Список используемой литературы

1. Международная ассоциация конопли [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [www.mojo.calyx.net/~jlsen/HEMP/INA/](http://www.mojo.calyx.net/~jlsen/HEMP/INA/).
2. Семак Б.Б. Економічні та екологічні проблеми виробництва та переробки конопель в Україні // Агросвіт. 2012 – №3. – С.29 – 32.
3. Інформаційні матеріали до Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми і перспективи розвитку галузі льонарства та коноплярства», м. Глухів, 10 – 12 лютого 2009 року. – Режим доступу: [www.minagro.kiev.ua](http://www.minagro.kiev.ua).
4. Сучасне коноплярство: особливості, ефективність, перспективи [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [www.agroprod.biz/2018/4/24/suchasne-konoplyarstvo-osoblyvosti-efeltyvnist-perspektyvy/](http://www.agroprod.biz/2018/4/24/suchasne-konoplyarstvo-osoblyvosti-efeltyvnist-perspektyvy/).
5. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы / С.А.Крапивина, – Л.: Химия, 1981 – 247 с.
6. Слепнева Е.В., Абдулин. И.Ш., Хамматов В.В. Вестник казанского технологического университета, 2011 – № 6, – С.155 – 157.
7. Азанова А.А., Нигматзянова Д.М., Низамова Л.Р., Вестник казанского технологического университета, 2012 – № 6, – С.76 – 77.
8. Дорофеев В.В. Разработка и исследование технологии получения модифицированных лубяных волокон на базе ударно-волнового воздействия: кандидат технических наук: 05.19.02 / Дорофеев Вячеслав Валерьевич – 2014.
9. Браунс Ф.Е., Браунс Д.А. Химия лигнина. – М.: Лесная промышленность, 1964 – 163 с.