

## ТЕХНОЛОГІЯ ЛЕГКОЇ І ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 677.027.2

Т.С. АСАУЛЮК, О.Я. СЕМЕШКО, А.Н. КУНИК, Ю.Г. САРИБЕКОВА  
Херсонський національний технічний університет

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ГРУБОГО ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА В ПРОЦЕССЕ ЕГО МОДИФИКАЦИИ

*В данной работе рассмотрено применение электроразрядной нелинейной объемной кавитации в качестве способа поверхностной модификации грубого шерстяного волокна с целью улучшения его эксплуатационных свойств. В результате комплексного исследования влияния длительности электроразрядной обработки на основные показатели качества шерстяного волокна установлено, что вследствие особенностей строения кутикулы грубого волокна необходимый эффект модификации достигается за более короткое время, по сравнению с полутонкой шерстью. Доказано, что оптимальное время кавитационного воздействия для грубого шерстяного волокна составляет 120 с.*

*Ключевые слова:* грубое шерстяное волокно, качество шерсти, модификация, электроразрядная обработка, кавитация.

Т.С. АСАУЛЮК, О.Я. СЕМЕШКО, О.М. КУНИК, Ю.Г. САРИБЕКОВА  
Херсонський національний технічний університет

### ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОЇ ОБРОБКИ ГРУБОГО ВОВНЯНОГО ВОЛОКНА У ПРОЦЕСІ ЙОГО МОДИФІКАЦІЇ

*В даній роботі розглянуто застосування електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації в якості способу поверхневої модифікації грубого вовняного волокна з метою покращення його експлуатаційних властивостей. В результаті комплексного дослідження впливу тривалості електророзрядної обробки на основні показники якості вовняного волокна встановлено, що внаслідок особливостей будови кутикули грубого волокна необхідний ефект модифікації досягається за більш короткий час, в порівнянні з напівтонкою вовною. Доведено, що оптимальний час кавітаційного впливу для грубого вовняного волокна складає 120 с.*

*Ключові слова:* грубе вовняне волокно, якість вовни, модифікація, електророзрядна обробка, кавітація.

T.S. ASAULYUK, O.Ya. SEMESHKO, A.N. KUNIK, Yu.G. SARIBYEKOVA  
Kherson National Technical University

### THE DEFINITION OF BEST CONFIGURATION OF ELECTRICAL DISCHARGE TREATMENT OF THE COARSE WOOL FIBERS DURING ITS MODIFICATION

*The applying of electrical discharge nonlinear bulk cavitation as a method of surface modification of coarse wool fibers to improve its performance properties is considered in the article. As a result of a comprehensive study of the influence of the duration of electrical discharge treatment on the main indicators of quality of the wool fiber is established that due to the structural features of cuticle of the coarse fiber the necessary effect of modification is achieved in a shorter time compared to semifine wool. It is proved that the optimal time of cavitation effect for coarse wool fiber is 120 sec.*

*Keywords:* coarse wool fiber, wool quality, modification, electric discharge treatment, cavitation.

#### Постановка проблеми

На сьогоднішній день в Україні спостерігається зменшення об'ємів виробництва шерстяних матеріалів, пов'язане з дефіцитом і низьким качеством вітчизняного сировини поряд з збільшенням валютних витрат на закупку шерсті за кордоном. Основним умовом зменшення залежності шерстяної промисловості України від імпорту є розвиток існуючої сировинної бази, що можливо

осуществить путем внедрения новых технологий, которые позволят обеспечить выпуск конкурентоспособной продукции.

#### **Анализ последних исследований и публикаций**

Эффективным способом повышения качества выпускаемой шерстяной продукции может служить модификация шерсти, которая представляет собой направленное изменение поверхности волокна для улучшения его эксплуатационных свойств.

В традиционных технологиях отделки, в частности при белении, шерстяное волокно претерпевает значительное повреждение белковой структуры, что негативно влияет на эффективность дальнейшей переработки отбеленной шерсти, а также на качество готовых изделий. В связи с этим наибольший практический интерес представляют способы модификации, которые не только изменяют физические, химические и сорбционные свойства шерстяного волокна, но и обеспечивают его минимальное повреждение.

Анализ научно-технической литературы [1-5] показывает, что в последние годы особое внимание уделяется физическим способам воздействия на волокно, к которым относится высоковольтный электрический импульсный разряд в жидкости, сопровождающийся возникновением электроразрядной нелинейной объемной кавитации (ЭРНОК). Установлено, что ЭРНОК направленно воздействует на гидрофобный липидный слой эпикутикулы шерстяного волокна, не затрагивая при этом более глубокие слои субстрата [6]. При сохранности основной части кутикулы модифицированная шерсть также характеризуется снижением сваливающей способности, обусловленной уплотнением поверхностной структуры волокна.

Ранее проведенными исследованиями [7-8] была доказана эффективность применения предварительной электроразрядной обработки в качестве способа поверхностной модификации полутонкого шерстяного волокна для сокращения потерь его механической прочности и снижения свойлачивания в процессе последующего пероксидного беления. Таким образом, модификация шерстяного волокна с применением ЭРНОК позволяет не только максимально сохранить ценные свойства шерсти в процессе беления, но и получить отбеленный материал высокого качества с улучшенными технологическими и эксплуатационными характеристиками.

Поскольку шерстяное волокно характеризуется сложным гистологическим строением, то ЭРНОК в разной степени воздействует на шерсть различной тонины. Поэтому интерес представляет изучение процесса модификации грубого волокна, так как улучшение физико-механических свойств грубой шерсти позволит применять ее для изготовления высококачественных текстильных материалов.

#### **Формулировка целей исследования**

Таким образом, настоящее исследование было направлено на определение оптимальных параметров электроразрядной обработки грубого шерстяного волокна с целью его модификации перед белением.

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

Основными действующими факторами, оказывающими наиболее существенное влияние на процесс модификации шерстяных волокон в процессе электроразрядной обработки, являются непосредственное воздействие электрогидравлического удара, а также продуктов расщепления воды, образующихся в рабочей среде под действием кавитации.

Условиями, определяющими форму и скорость протекания химических реакций, сопутствующих электрогидравлическому воздействию на обрабатываемую среду и помещенное в нее шерстяное волокно, могут выступать такие факторы, как характер и длительность действующих сил. Это свидетельствует о важности подбора оптимального режима работы электрогидравлических установок для различных стадий обработки шерсти.

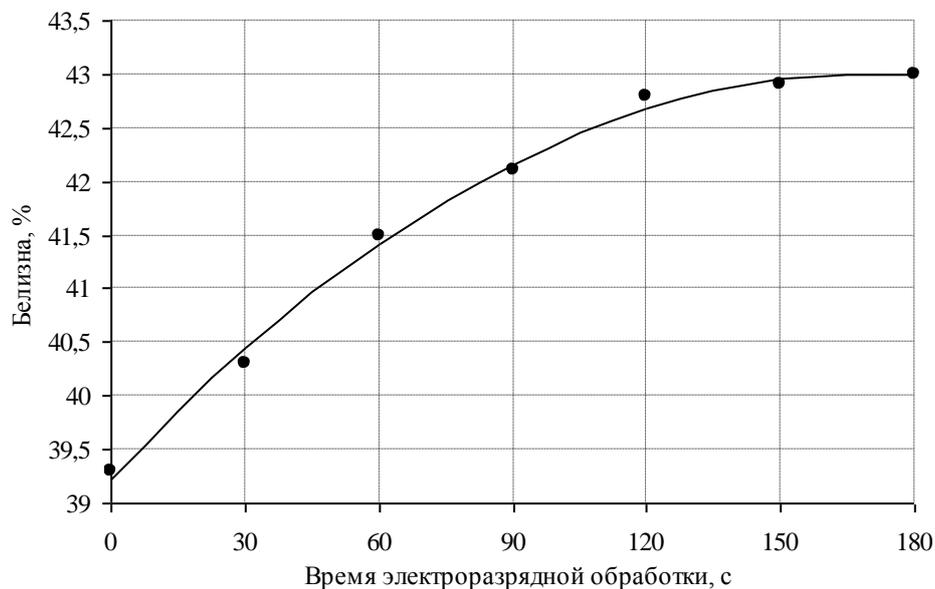
Для определения наиболее эффективного режима электроразрядной обработки шерстяного волокна с целью его последующего беления необходимо изучить влияние длительности воздействия ЭРНОК на физико-механические и химические свойства шерсти, так как качество отбеленного шерстяного материала зависит от характеристик исходного волокна.

Исследованию подвергалась промытая грубая шерсть в виде ровницы. Электроразрядная обработка шерстяного волокна проводилась в водопроводной воде при температуре 25°C, модуле ванны 1:150 с варьированием длительности обработки от 30 до 180 с. Эффективность воздействия ЭРНОК на физико-механические свойства грубой шерсти оценивали комплексно по показателям прироста белизны и относительной разрывной нагрузки. На рис. 1 показано влияние длительности электроразрядной обработки на степень белизны промытой грубой шерстяной ровницы.

Результаты, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что ЭРНОК оказывает положительное влияние на степень белизны грубого шерстяного волокна. За 180 с обработки исследуемый показатель повышается с 39,3 до 43%.

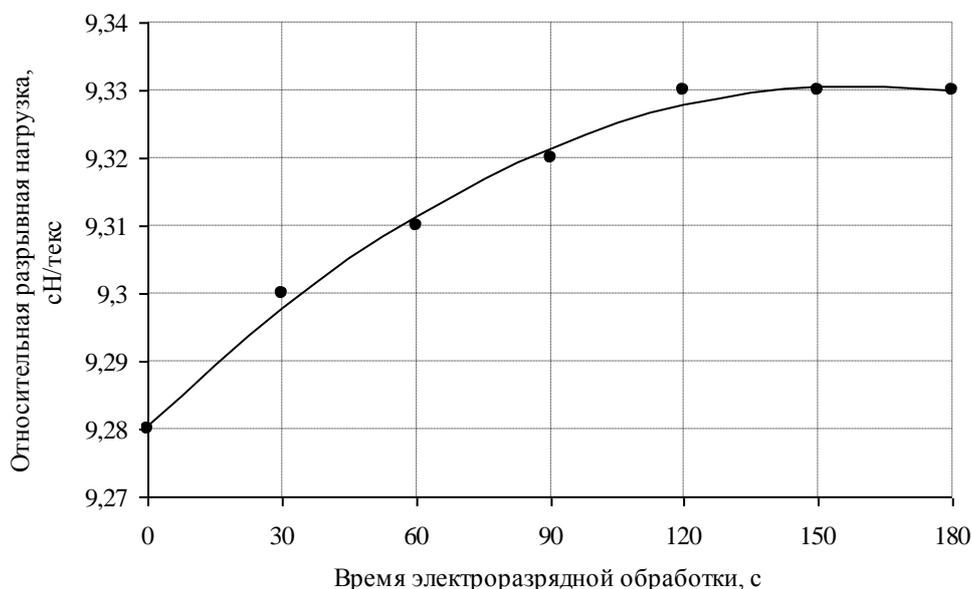
Кроме белизны важным показателем качества шерсти также является ее прочность, которую можно оценить по показателю относительной разрывной нагрузки. Зависимость данного показателя грубого шерстяного волокна от времени электроразрядной обработки показано на рис. 2.

Анализ данных рис. 2 показывает, что электроразрядная обработка приводит к повышению механической прочности грубого шерстяного волокна, что свидетельствует о сохранности пептидных связей в главных цепях и образовании новых межмолекулярных связей в кератине. Следует отметить, что под воздействием ЭРНОК относительная разрывная нагрузка грубого волокна изменяется менее интенсивно, по сравнению результатами аналогичного исследования на полутонкой шерсти [7]. При этом максимальное повышение данного показателя достигается за 120 с обработки.



**Рис. 1. Влияние длительности электроразрядной обработки на белизну грубого шерстяного волокна:**

$$y = 39,231 + 0,044x - 0,0001x^2, S = 0,1160, r = 0,9978.$$



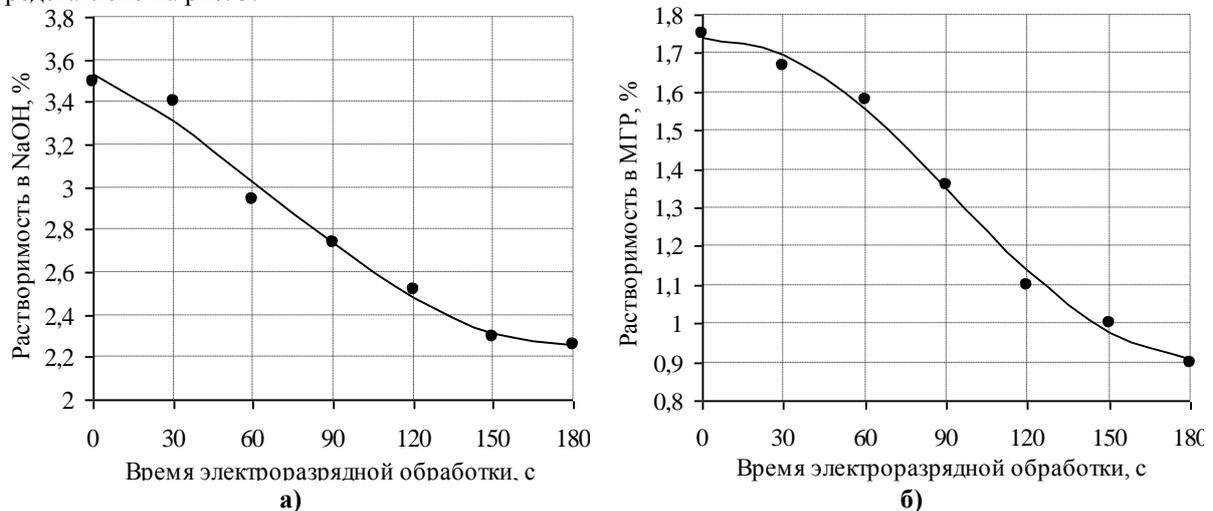
**Рис. 2. Влияние длительности электроразрядной обработки на относительную разрывную нагрузку грубого шерстяного волокна:**

$$y = 9,281 + 0,0006x - 0,000002x^2, S = 0,0019, r = 0,9967.$$

Поскольку сохранность шерстяного волокна является важной характеристикой модифицированной шерсти, на следующем этапе работы было проведено исследование степени

повреждения волокна в динамике процесса модификации. Для оценки степени повреждения шерстяного волокна использовались методы, основанные на изменении растворимости кератина шерсти в растворах химических реагентов.

Растворимость шерстяного волокна в растворе едкого натра характеризует степень гидролиза основных полипептидных цепей. По растворимости шерстяного волокна в мочевино-гидросульфитном реагенте (МГР) можно судить о количестве поперечных связей в кератине. Влияние длительности электроразрядной обработки на растворимость грубой шерсти в данных химических реагентах представлено на рис. 3.



**Рис. 3. Влияние длительности электроразрядной обработки на растворимость грубого шерстяного волокна в химических реагентах:**

а) NaOH:  $y = 2,959 + 0,698 \cdot \cos(0,014x + 0,617)$ ,  $S = 0,0785$ ,  $r = 0,9938$ ;

б) МГР:  $y = 1,324 + 0,418 \cdot \cos(0,017x - 0,064)$ ,  $S = 0,0350$ ,  $r = 0,9974$ .

Полученные экспериментальные данные на рис. 3а показывают, что электроразрядная обработка снижает щелочную растворимость грубой шерсти, что свидетельствует о высокой устойчивости полипептидных цепей к гидролизу. Причиной повышения устойчивости кератина к действию щелочей является образование новых поперечных связей между полипептидными цепями кератина в процессе модификации.

Снижение растворимости грубой шерсти в МГР, показанное на рис. 3б, можно объяснить превращением части цистиновых связей в лантиониновые, которые не гидролизуются в МГР.

Исследование влияния модификации на степень повреждения грубого шерстяного волокна осуществлялось также колористическими методами. Известно, что крашение шерсти диазолом алым К является косвенной оценкой степени повреждения чешуйчатого слоя волокна, а окрашивание основным метиленовым голубым – характеристикой степени повреждения коркового слоя волокна.

Результаты влияния длительности электроразрядной обработки на величину окрашиваемости специфическими красителями представлены на рис. 4.

Полученные результаты крашения диазолом алым К (рис. 4а) после электроразрядной обработки показывают, что в интервале от 30 до 120 с наблюдается равномерное снижение интенсивности окраски грубой шерсти. Более длительное воздействие ЭРНОК приводит к незначительному изменению значения функции  $K/S$ . Уменьшение интенсивности окраски шерсти в процессе модификации свидетельствует об уплотнении чешуйчатого слоя волокна, что препятствует образованию азокрасителя при протекании реакции диазосоединения с тирозином межклеточного вещества, отделяющем кутикулу от кортекса.

Необходимо отметить, что в случае крашения метиленовым голубым (рис. 4б) уже после 60 с электроразрядной обработки интенсивность окраски грубого шерстяного волокна изменяется в меньшей степени, что объясняется затруднением реакции основного красителя с кортексом в результате плотного прилегания чешуек к поверхности волокна.

Таким образом, можно заключить, что вследствие особенностей строения кутикулы грубой шерсти, заключающихся в многослойном расположении чешуек, уплотнение поверхностной структуры грубого волокна происходит за более короткое время воздействия ЭРНОК по сравнению с полутонкой шерстью [7].

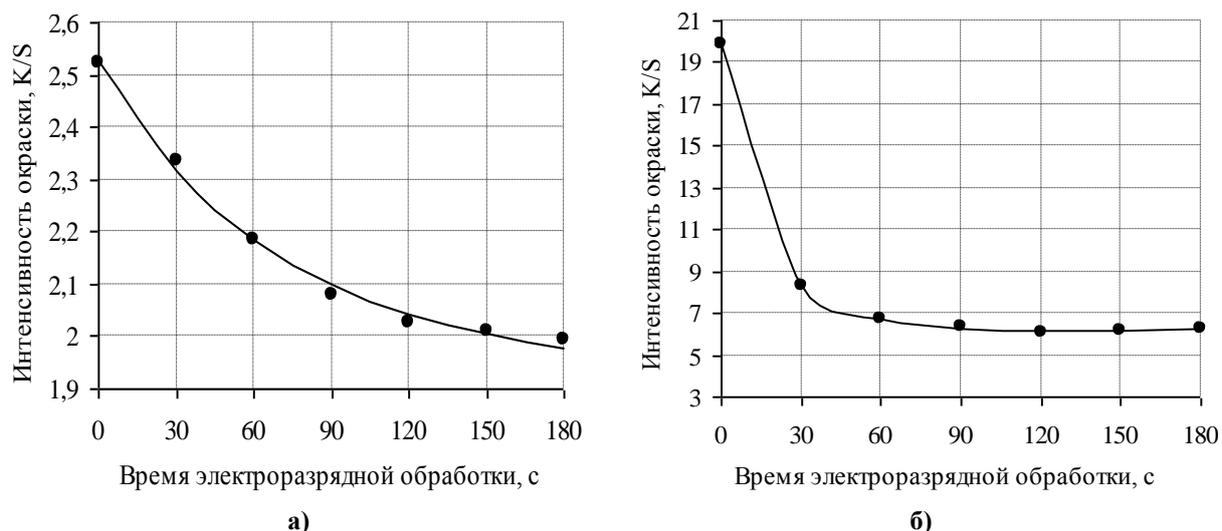


Рис. 4. Влияние длительности электроразрядной обработки на окрашиваемость грубого шерстяного волокна специфическими красителями:

а) диазолом алым К:  $y = \frac{1,918}{1 - 0,241e^{0,01x}}$ ,  $S = 0,0160$ ,  $r = 0,9978$ ;

б) метиленовым голубым:  $y = \frac{19,850 + 0,387x}{1 + 0,097x - 0,0001x^2}$ ,  $S = 0,0734$ ,  $r = 0,9999$ .

В табл. 1 представлены результаты изменения технологических свойств грубого шерстяного волокна до и после электроразрядной обработки в течение 120 с.

Таблица 1

**Изменение технологических свойств модифицированного грубого шерстяного волокна**

Показатель	Волокно	
	исходное	модифицированное
Средняя тонины, мкм	36,1	34,3
Извитость, %	3,30	7,56
Степень свойлачивания, г/см <sup>3</sup>	0,185	0,171

Полученные данные свидетельствуют о том, что под воздействием ЭРНОК происходит улучшение технологических свойств грубой шерсти: снижение свойлачивания и повышение извитости при уменьшении тонины волокна.

**Выводы**

1. Комплексный анализ результатов исследования влияния продолжительности воздействия ЭРНОК на основные показатели качества грубого шерстяного волокна позволяет заключить, что необходимый эффект модификации, обеспечивающий максимальное повышение белизны и прочности, достигается уже за 120 с обработки.

2. Следует отметить, что при выбранных условиях электроразрядной обработки происходит улучшение качества грубой шерсти, что позволит максимально эффективно проводить последующие операции ее отделки.

**Список использованной литературы**

- Grosvenor A. Protein Fibre Surface Modification / J. Dyer, A. Grosvenor // Natural Dyes. Monograph: edited by E. Akcakoca Kumbasar. – 2011. – 132 p. (P. 111-124).
- Ammayappan L. Eco-friendly surface modifications of wool fiber for its improved functionality: an overview / L. Ammayappan // Asian journal of textile. – 2013. – №1, v. 3. – P. 15-28.
- Kan C.W. Plasma technology in wool / C.W. Kan, C.W.M. Yuen // Textile Progress. – 2007. – № 3, v. 39. – P. 121-187.
- Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах: Монографія. / – Тернопіль: видавництво Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя, 2009. – 224 с.
- Сарибекова Ю.Г. Инновационная технология обработки шерстяного волокна / Ю.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко, А.В. Ермолаева // Технология текстильной промышленности. – 2013. – №3 (345). – С. 79-83.

6. Асаулюк Т.С. Влияние предварительной электроразрядной обработки на поверхность шерстяного волокна в процессе беления /Т.С. Асаулюк, Ю.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – №5(229). – С. 160-163.
7. Асаулюк Т.С. Определение оптимальных технологических параметров электроразрядной обработки шерстяного волокна перед белением / Т.С. Асаулюк, Ю.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – №5(205). – С. 106-109.
8. Асаулюк Т.С. Влияние предварительной электроразрядной обработки на сохранность шерсти в процессе беления / Т.С. Асаулюк, Ю.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2013. – № 4. Серия 1. Естественные и технические науки. – С. 16-18.