

DOI 10.23859/1994-0637-2018-4-85-3
УДК 677.11.051

© Мочалов Л.В., Дроздов В.Г., 2018

Мочалов Леонид Валентинович

Кандидат технических наук,
Костромской государственный
университет (Кострома, Россия)
E-mail: mochalov-leo@mail.ru

Mochalov Leonid Valentinovich

PhD in Technical Sciences,
Kostroma State University
(Kostroma, Russia)
E-mail: mochalov-leo@mail.ru

Дроздов Владимир Георгиевич

Кандидат технических наук, профессор,
Костромской государственный
университет (Кострома, Россия)
E-mail: vladimir.droz dov.45@mail.ru

Droz dov Vladimir Georgievich

PhD in Technical Sciences, Professor,
Kostroma State University
(Kostroma, Russia)
E-mail: vladimir.droz dov.45@mail.ru

**УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ
ПРИ ОБРАБОТКЕ ЛЬНОТРЕСТЫ**

**PROCESS CONTROL
IN THE PROCESSING
OF FLAX**

Аннотация. Авторами статьи представлены алгоритмы управления технологическими процессами мятья и трепания для льнозаводов. Обоснована возможность автоматического контроля в потоке для относительной влажности отделяемости волокна от древесины и разрывной нагрузки. Применен метод ИК-Фурье спектроскопии. Предложены линейные уравнения для относительной влажности льнотресты при известной интенсивности в области 5200 см^{-1} ; разрывной нагрузки волокна при известной интенсивности в области 4770 см^{-1} ; отделяемости волокна от древесины при известной интенсивности в области 6758 см^{-1} .

Annotation. The authors of the article present algorithms for control of technological processes braking and fluttering for flax treating plants. The possibility of automatic control in the flow for relative humidity, separability of fiber from wood and breaking load is proven. The method of ft-IR spectrometry is applied. Linear equations are proposed for the relative humidity of flax, at a certain intensity of about 5200 см^{-1} ; the discontinuous load of the fiber, at a certain intensity of about 4770 см^{-1} ; separability of fibers from wood, with a certain intensity of about 6758 см^{-1} .

Ключевые слова: льнозавод, мяльно-трепальный агрегат, системы автоматического управления, алгоритмы управления, метод Фурье-ИК спектроскопии, относительная влажность, отделяемость волокна от древесины, разрывная нагрузка, линейные модели

Keywords: flax treating plants, scutching-and-braking unit, automatic control systems, control algorithms, and the method of ft-IR spectrometry, the relative humidity, the separability of the fiber from the wood, breaking load, linear model

Введение

Льноволокно получают на льнозаводах путем переработки тресты на мяльно-трепальном агрегате (МТА). Агрегат состоит из следующих машин:

- слоеформирующей, предназначенной для питания мяльной машины непрерывным тонким слоем льняной тресты;
- мяльной, в которой осуществляется промин льнотресты;
- трепальной машины, предназначенной для обработки льняного сырца и получения длинного льноволокна (трепаного).

Трепаное льноволокно – продукт технологии производства, из него изготавливают наиболее качественные бельевые и платьевые ткани. Технологический процесс описывается через параметры: входные, внутренние, выходные. К входным параметрам относится: качество тресты ГОСТ Р 53143 – 2008 «Треста льняная», пропускная способность мяльно-трепального агрегата, кг/ч. К внутренним параметрам относятся: производство длинного, короткого льноволокна. Выходные параметры: выход длинного волокна, % (общий, длинного, короткого), качество волокна ГОСТ 10330 –76 «Лен трепаный», ГОСТ 9394–74 «Волокно льняное короткое». На рис. 1 представлен технологический процесс производства лубяных волокон [3].



Рис. 1. Технологический процесс производства лубяных волокон

На льнозаводы треста поступает в рулонах и имеет большую варьированность по своим свойствам, в том числе по параметру отделяемости волокна от древесины [10]. Возникает задача ее рациональной обработки на МТА. Эта проблема может быть решена путем оперативного управления технологическими процессами производства длинного волокна. «Системы автоматического управления технологическими процессами компенсируют влияние возмущающих воздействий в реальном времени, система сбора данных сделает возможным оценивать влияние режимов и параметров настройки по технологическим процессам. Накопленный информационный ресурс в базе данных используется для актуализации регулятора на нейронной сети (НС)» [6].

Разработкой принципиально новых алгоритмов автоматического управления технологическими процессами мятия и трепания для льнозаводов до недавнего времени никто не занимался. Проблема управления в аспекте автоматизации в последние годы привлекала внимание исследователей [1], [3], [4]–[8]. Использование нейросетевого анализа для прогнозирования результатов переработки льна предложено И.А. Румянцевой [10]. Более детально этот вопрос исследован А.С. Ефремовой [3].

вым: предложена функциональная схема системы (рис. 2), реализующая алгоритм управления трепальной машиной с использованием нейронных сетей (НС) [4]. Выходными параметрами трепальной машины являются: выход длинного волокна, %, закостренность – массовая доля костры, %.

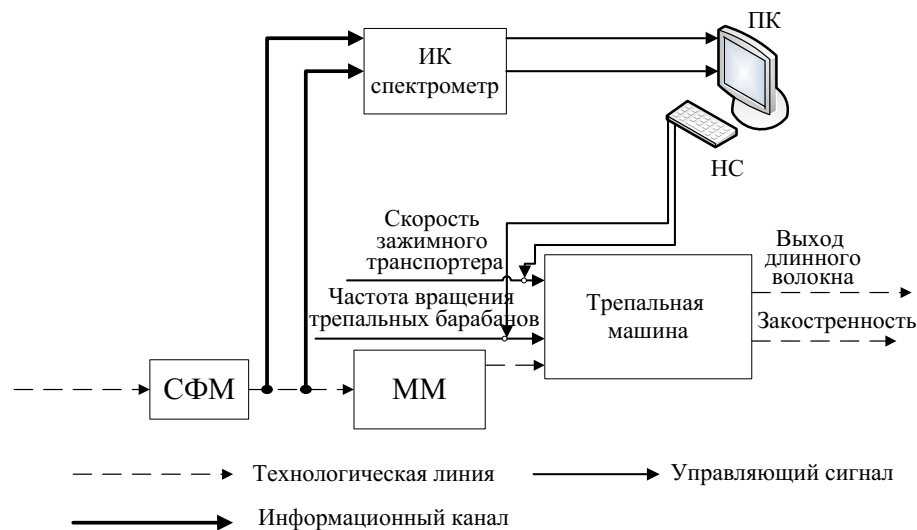


Рис. 2. Функциональная схема системы, реализующая алгоритм управления трепальной машиной [4]: СФМ – слоеформирующая машина; ММ – мяльная машина

Выполнено исследование, связанное с управлением процессом мятья, а именно: предложена функциональная схема системы, реализующая алгоритм управления мяльной машиной (рис. 3) с использованием НС [6]. Выходными параметрами мяльной машины являются: умин – параметр, показывающий в процентах потерю массы тресты, абсолютное уменьшение разрывной нагрузки – параметр, характеризующий потерю прочности, Н %. Регулятор на НС обеспечивает компенсацию колебаний возмущающих воздействий: отделяемости волокна от древесины, разрывной нагрузки, относительной влажности при воздействии на режимы переработки льнотресты. Скоростные режимы работы агрегата позволяют выбрать принцип Понселе – организацию разомкнутой системы с управлением по возмущению [6].

Определенный интерес представляет «Управляющее устройство», которое состоит из фильтра. Фильтр позволяет отсортировать высокочастотную составляющую по контролируемым параметрам: для отделяемости средний доверительный интервал составляет $\pm 0,82$ ед., для относительной влажности $\pm 1,7$ %, разрывной нагрузки 0,79 ДаН. Память устройства сохраняет поступившие данные из фильтра, и при превышении установленных интервалов варьирования информация попадает в нейронные сети.

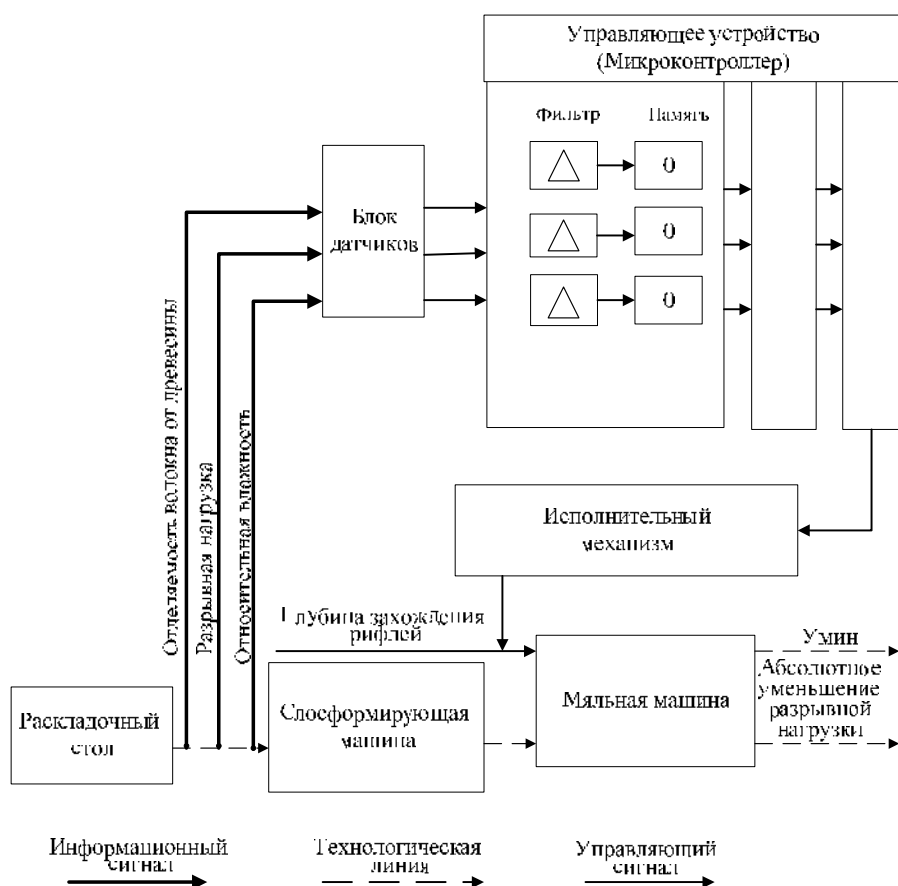


Рис. 3. Функциональная схема системы, реализующая алгоритм управления мяльной машиной [6]

По результатам собственных исследований установлены взаимосвязи между входными и выходными параметрами. Данные представлены в таблице.

Таблица

Обучающая выборка

Отделяемость волокна от древесины, ед.	Относительная влажность льнотресты, %	Разрывная нагрузка волокна, даН	Глубина захождения рифлей, мм
4	9–14	7 и выше	10
	15–19		
6	9–14	7 и выше	8
	15–19		9
8	9–14	6 и ниже	3
	15–19	6 и ниже	4
	9–14	7 и выше	7
	15–19	7 и выше	8

В программе MATLAB обучена нейронная сеть, которая реализует алгоритм управления. Ее работа проверена серией экспериментов на МТА [6]. Были разработаны следующие целевые функции, которые использовались при решении двухкритериальной задачи управления процессом мятья (Парето — оптимальные решения многокритериальных задач).

При отделяемости 4,4 ед. и разрывной нагрузки 12 даН

$$Y = 30,62 - 0,99w + 0,99i \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\Delta P = 2,16 - 0,14w + 0,20i \rightarrow \min. \quad (2)$$

При отделяемости 6,7 ед. и разрывной нагрузки 12,0 даН

$$Y = 35,28 - 0,99w + 0,99i \rightarrow \max \quad (3)$$

$$\Delta P = 1,97 - 0,14w + 0,20i \rightarrow \min. \quad (4)$$

При отделяемости 9,0 ед. и разрывной нагрузки 2,17 даН

$$Y = 39,94 - 0,99w + 0,99i \rightarrow \max \quad (5)$$

$$\Delta P = 1,77 - 0,14w + 0,20i \rightarrow \min. \quad (6)$$

При ограничениях: $\begin{cases} 2 \leq i \leq 10 \\ 12 \leq w \leq 19 \end{cases}$,

где w — относительная влажность льнотресты, %; i — глубина захождения рифлей, мм; Y — умин (%); ΔP — абсолютное уменьшение разрывной нагрузки (даН).

Реализация данной системы предполагает использование датчиков контроля возмущающих воздействий. Возможность автоматического контроля в потоке обоснована предшественниками для относительной влажности, отделяемости волокна от древесины и разрывной нагрузки волокна.

Информация об изменениях параметров льнотресты может быть получена за счет применения метода Фурье — ИК спектроскопии. Значительное поглощение смешанными колебаниями молекул воды проявляется при волновом числе 5200 см^{-1} [5]. На этой частоте интегральная интенсивность линий спектра наиболее ярко выражена при изменениях относительной влажности льнотресты.

В результате была выявлена парная корреляция между относительной влажностью льнотресты и интенсивностью отражения ИК-излучения. На основании установленных взаимосвязей (калибровочных моделей) было получено линейное уравнение для относительной влажности льнотресты при известной интенсивности в области 5200 см^{-1} :

$$W(Y) = -25,43 + 46,16Y,$$

где W — относительная влажность льнотресты, %; Y — приведенная интенсивность ИК спектра, от 0,56 до 1,3 отн. ед.

Оценку межмолекулярного взаимодействия, имеющего флуктуационный характер и косвенно характеризующего прочность волокнистого комплекса стебля, целе-

сообразно определять путем анализа полосы поглощения 4770 см^{-1} . «При этом необходимо учитывать, что при поглощении льнотрестой влаги до 12 % происходит увеличение интенсивности межмолекулярного взаимодействия за счет образования монослоев молекул воды на поверхности макромолекул целлюлозы» [5], [7]. Увеличиваются прочностные характеристики льнотресты. При влажности свыше 15 % интенсивность межмолекулярной подвижности начинает возрастать за счет образования полислоев молекул воды на поверхности волокон.

В работе А.Е. Мазохина [7] аналогичным образом получено линейное уравнение разрывной нагрузки волокна при известной интенсивности в области 4770 см^{-1} :

$$P(I) = -20,6 + 321,5 I_{4770},$$

где P – разрывная нагрузка волокна, даН; I_{4770} – интенсивность отраженного спектра в области 4770 см^{-1} .

Отделяемость волокна от древесины имеет обратную зависимость с содержанием пектина в льнотресте и оценивается системой в диапазоне $8900\text{--}4248 \text{ см}^{-1}$.

В работе А.С. Ефремова [4] установлено, что при волновом числе 6758 см^{-1} происходит значительное поглощение спектра флаванолов, от которых напрямую зависит параметр отделяемости волокна от древесины.

Отделяемость волокна от древесины – это условный показатель, он характеризует степень вылежки льнотресты и описывает результат процесса приготовления тресты из соломы. В стебле находятся не только пектиновые вещества, которые склеивают волокнистую часть стебля и древесину, но и флаванолы, окрашивающие стебель в желтый цвет. Флаванолы окисляются под действием ферментов пектино-разлагающих микроорганизмов и грибов до меламинов.

Зависимость отделяемости и интенсивности отраженного спектра имеет следующий вид:

$$O = 9,4 - I_{6758},$$

где O – отделяемость, отн. ед.; I_{6758} – интенсивность отраженного спектра в области 6758 см^{-1} .

Выводы:

1. Приведены данные исследований технологических процессов мятья и трепания как объектов автоматического управления.
2. Применение системы позволит увеличить выход длинного волокна в зависимости от исходных свойств и сортовых различий льна на 2,47 %. Увеличение выхода длинного волокна обусловлено оптимизацией режимов переработки льнотресты на мяльной и трепальной машинах, при этом сохраняется качество длинного волокна (прежде всего, его прочность).

Литература

1. Голубев В.Н. Совершенствование процессов получения трепаного льняного волокна на основе контроля структурных параметров слоя: дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2011. 224 с.
2. Дроздов Ю.В. Разработка автоматической системы контроля и управления положением стеблей при получении трёпаного льна: дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2004. 242 с.
3. Дьячков В.А. Теоретические основы технологии производства лубяных волокон. Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. университета, 2009. 271 с.
4. Ефремов А.С. Оптимизация процесса трепания при обработке льнотресты в зависимости от ее влажности и отделяемости: дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2008. 167 с.
5. Катков А.А. Управление режимом работы мяльно-трепального агрегата в зависимости от влажности льнотресты: дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2008. 168 с.
6. Мочалов Л.В. Управление процессом мятья при обработке льнотресты: дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2017. 134 с.
7. Мазохин А.Е. Совершенствование метода контроля технологических свойств льняной тресты с использованием инфракрасной спектроскопии: дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2014. 158 с.
8. Петров С.С. Управление режимом работы мяльно-трепального агрегата по показателю отделяемости льнотресты: дис. ... канд. техн. наук. Кострома, 2007. 207 с.
9. Румянцева И.А., Мочалов Л.В., Солдатенко А.Н. Особенности варьирования свойств тресты на льнице // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2007. №6С(304). С. 49–52.
10. Румянцева И.А., Пашин Е.Л. Прогнозирование результатов переработки льна с использованием нейросетевого анализа // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2007. №2. С. 127–129.

References

1. Golubev V.N. *Sovershenstvovanie protsessov polucheniia trepanogo l'nianogo volokna na osnove kontrolya strukturnykh parametrov sloia* [Improvement of the processes for producing shrouded flax fiber based on the control of the structural parameters of the layer. Doc. Dis.]. Kostroma, 2011. 224 p.
2. Drozdov I.V. *Razrabotka avtomaticheskoi sistemy kontrolya i upravleniia polozheniem sloia steblei pri poluchenii trepanogo l'na* [Development of an automatic system for monitoring and controlling the position of the layer of stems in the production of shaggy flax. Doc. Dis.]. Kostroma, 2004. 242 p.
3. D'achkov V.A. *Teoreticheskie osnovy tekhnologii proizvodstva lubianyx volokon* [Theoretical bases of technology of production of bast fibres]. Kostroma: Publishing house by Fire. state technol. University, 2009. 271 p.
4. Efremov A.S. *Optimizatsiia protsessa trepaniia pri obrabotke l'notresty v zavisimosti ot ee vlazhnosti i otdeliaemosti* [Optimization of the process of fluttering in the treatment of flax depending on its moisture and separability. Doc. Dis.]. Kostroma, 2008. 167 p.
5. Katkov A. A. *Upravlenie rezhimom raboty mial'no-trepal'nogo agregata v zavisimosti ot vlazhnosti l'notresty* [Control of operation myalnyh-spreading unit depending on the moisture content of flax. Doc. Dis.]. Kostroma, 2008. 168 p.
6. Mochalov L.V. *Upravlenie protsessom mial'tia pri obrabotke l'notresty* [Managing the process of mint in the treatment of flax. Doc. Dis.]. Kostroma, 2017. 134 p.
7. Mazokhin A. E. *Sovershenstvovanie metoda kontrolya tekhnologicheskikh svoistv l'nianoi tresty s ispol'zovaniem infrakrasnoi spektrometrii* [Improvement of the method of monitoring the

technological properties of flax trust using infrared spectrometry. Doc. Dis.]. Kostroma, 2014. 158 p.

8. Petrov S.S. *Upravlenie rezhimom raboty mial'no-trepal'nogo agregata po pokazateliu otdehaemosti l'notresty* [Control of operation myalnyh-scutching unit in terms of otdelemoe of flax. Doc. Dis.]. Kostroma, 2007. 207 p.

9. Rumyantseva I. A., Mochalov, L. V., Soldatenko A. N. Osobennosti var'irovaniia svoistv tresty na l'nishche [Peculiarities of variation of the properties of the trusts on lenise]. *Izvestiia Higher educational. Textile technology. prom-STI*, 2007, no. 6S(304), pp. 49–52.

10. Rumyantseva I. A., Pashin E. L. Prognozirovaniye rezul'tatov pererabotki l'na s ispol'zovaniem neirosetevogo analiza [Prediction of the results of flax processing using neural network analysis]. *Izvestiia Higher educational. Technology of textile industry*, 2007, no. 2, pp. 127–129.

Для цитирования: Мочалов Л.В., Дроздов В.Г. Управление технологическими процессами при обработке льнотресты // Вестник Череповецкого государственного университета. 2018. №4(85). С. 23–30. DOI: 10.23859/1994-0637-2018-4-85-3

For citation: Mochalov L.V., Drozdov V.G. Process control in the processing of flax. *Bulletin of the Cherepovets State University*, 2018, no. 4 (85), pp. 23–30. DOI: 10.23859/1994-0637-2018-4-85-3