

А. Н. Перепечаев, А. И. Тарима, С. П. Колешко

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: pan-sl@yandex.ru*

**ПРОВЕДЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ,
ОПИСЫВАЮЩИХ РАЦИОНАЛЬНУЮ СВЯЗЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
ТРЕПАЛЬНОЙ МАШИНЫ СО СВОЙСТВАМИ ЛЬНОТРЕСТЫ**

Аннотация. В статье рассматриваются технологические параметры работы трепальной машины и их влияние на выход длинного льноволокна. Рассматривается влияние исходных параметров льнотресты и их взаимодействие с режимами работы трепальной машины.

Ключевые слова: лен, льноволокно, льнотреста, трепание, длинное льноволокно, трепальные барабаны, частота вращения, исходная влажность, отделяемость.

A. N. Perepechaev, A. I. Tarima, S. P. Koleshko

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: pan-sl@yandex.ru*

**CARRYING OUT THEORETICAL STUDIES DESCRIBING THE RATIONAL
COMMUNICATION OF TECHNOLOGICAL AND DESIGN PARAMETERS OF THE WORKING
BODIES OF A BREAKING MACHINE WITH THE PROPERTIES OF FLAX TRUST**

Abstract. The article discusses the technological parameters of the scutching machine and their influence on the output of long flax fiber. The influence of the initial parameters of the flax straw and their interaction with the operating modes of the scutching machine is considered.

Keywords: flax, flax fiber, flax straw, scutching, long flax fiber, scutching drums, rotation frequency, initial moisture content, separability.

Введение

В первичной переработке льна приоритетными являются задачи повышения выхода длинного и качества как длинного, так и короткого льноволокна. Анализ технико-экономических показателей работы льнозаводов республики показывает, что эти показатели практически для всех льнозаводов не достигают их нормативных значений. В результате этого предприятия недополучают значительные объемы выручки.

Задачей исследования процесса трепания на данном этапе является установление теоретических положений, обеспечивающих при выборе технологических и конструктивных параметров машины замену интуитивных, априорных методов, на алгоритм, основанный на количественном анализе взаимодействия рабочих органов машины с материалом заданных свойств. Решение поставленной задачи должно описывать закономерности и существенные связи процесса трепания и представлять собой систему идей, принципов, обобщающих научный и практический опыт.

Основная часть

Важным фактором, влияющим на выход длинного волокна, является рациональный и обоснованный подбор параметров рабочих органов.

Процесс трепания – заключительный процесс в цепи технологических операций производства длинного волокна. В процессе трепания проявляются качественные результаты предыдущих про-

цессов и определяются такие технико-экономические показатели работы мьяльно-трепального агрегата, как выход и номер длинного волокна. Задача процесса трепания – очистка волокна от костры при сохранении природных длинноволокнистых комплексов стебля – решается ударными, скользящими воздействиями бильных планок трепальных барабанов на обрабатываемый материал.

Процесс трепания осуществляется на трепальных машинах. Для существующих трепальных машин характерен неизменный принцип работы: рабочие воздействия на материал посредством бильных планок трепальных барабанов, удерживание и перемещение материала зажимно-транспортным механизмом (зажимным конвейером). Схема функциональная трепальных машин для обработки тресты российского производства показана на рис. 1.

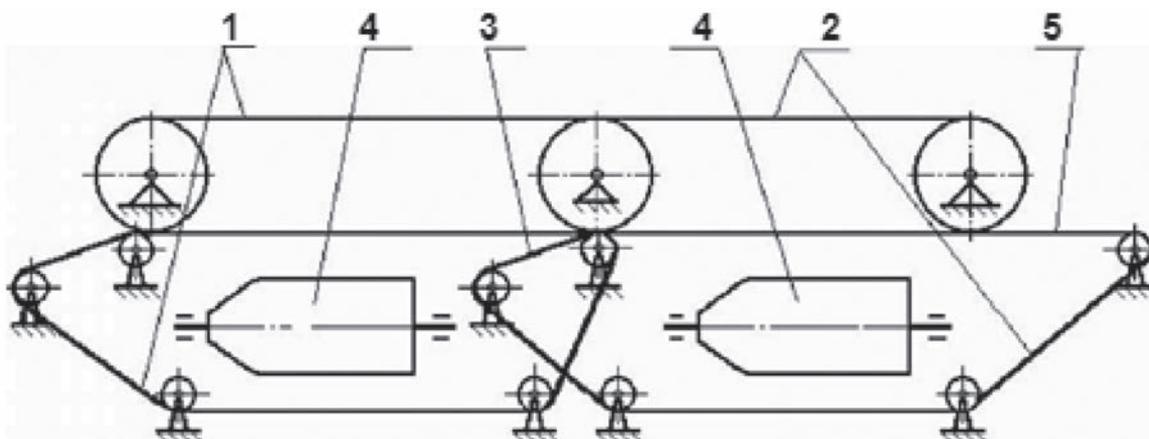


Рис. 1. Функциональная схема трепальных машин:

1, 2 – зажимной конвейер; 3 – механизм перехвата; 4 – трепальные барабаны; 5 – механизм съема волокна

В работах [1], [2] предложена классификация параметров, характеризующих процесс трепания, через параметры:

- входные;
- выходные;
- регулирующие;
- внутренние.

По классификации автора входными параметрами процесса трепания являются производительность мьяльно-трепального агрегата и свойства сырца (обработанной в мьяльной машине льнотресты), к которым относятся:

- длина сырца;
- массовая доля костры;
- прочность волокон, содержащихся в сырце;
- линейная плотность слоя сырца;
- толщина слоя;
- плотность единицы длины пряди;
- сила связи волокна с древесиной (кострой);
- коэффициент сопротивления перемещению по кромке бильной планки.

К регулирующим параметрам автором отнесены режимы работы трепальной машины – скорость перемещения слоя сырца зажимным конвейером и угловая скорость вращения трепальных барабанов; к выходным – выход длинного волокна и массовая доля костры в полученном длинном волокне.

К внутренним параметрам трепальной машины автором отнесены конструктивные особенности трепальной машины:

- количество трепальных секций;
- количество бил на барабане;
- радиус трепального барабана;

- длина барабана;
- расстояние между осями барабанов;
- угол наклона плоскости била к радиусу;
- радиус кромки бильной планки;
- средства дифференциации процесса трепания;
- конструктивные особенности била и подбильной решетки.

Из входных параметров контролируемым и управляемым является только производительность мяльно-трепального агрегата, являющаяся одним из основных показателей работы трепальной машины и мяльно-трепального агрегата в целом. Поэтому ее учет необходим как в научных исследованиях, так и при анализе результатов работы трепальной машины в практических целях.

Относящиеся к входным параметрам свойства сырца определяются в первую очередь свойствами поступающего в обработку слоя и самой перерабатываемой тресты. Кроме того, относящиеся к характеристикам сырца свойства трудно определимы в условиях непрерывно протекающего процесса переработки льнотресты в мяльно-трепальном агрегате. Поэтому их использование для подбора технологического режима весьма проблематично в современных условиях, а сфера их использования ограничивается только теоретическими исследованиями.

В реальных условиях подбор технологического режима процесса трепания осуществляется с помощью регулирующих параметров – частоты вращения трепальных барабанов и линейной скорости перемещения слоя на основании свойств льнотресты, основными из которых являются длина стеблей и показатели отделяемости и прочности. Ниже приведены некоторые результаты подобных исследований.

Внутренние параметры являются постоянными для конкретной трепальной машины. Определение их значений и использование необходимо при проектировании новых или модернизации существующих трепальных машин. Как правило, большинство из них рассчитываются по аналитическим зависимостям или принимаются на основе результатов эксплуатации существующего оборудования.

Выше отмечалось, что регулируемыми параметрами процесса трепания являются частота вращения барабанов и скорость зажимного конвейера. Для конкретной трепальной машины от частоты вращения барабанов зависит интенсивность воздействий бильных планок на материал, а от совокупности частоты вращения барабанов и скорости зажимного конвейера – количество воздействий K , получаемых материалом за время обработки, которое рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{n_6 Z_1 Z_2 L_6}{v_{тр}}, \quad (1)$$

где n_6 – частота вращения трепальных барабанов, мин⁻¹; Z_1 – число трепальных барабанов, участвующих в обработке одного конца горсти, шт.; Z_2 – количество бильных планок на барабанах, шт.; L_6 – рабочая длина бильной планки барабана, м; $v_{тр}$ – скорость зажимного конвейера, м/мин.

Величины Z_1 , Z_2 , L_6 постоянные для машины данной конструкции, а n_6 , $v_{тр}$ могут изменяться в зависимости от свойств перерабатываемой тресты – прочности и отделяемости. Нахождение их значений, обеспечивающих максимальный выход длинного льноволокна при лучшей его очистке, является задачей оптимизации работы трепальной машины. Это возможно только экспериментальным путем, что будет выполнено в ходе последующих исследований.

В работе [3] получены математические зависимости, описывающие влияние влажности льнотресты, частоты вращения трепальных барабанов и количества воздействий на сырец в процессе трепания на выход длинного волокна и содержание в нем костры, имеющие вид:

$$B(W, n, K) = a_0 + a_1 \cdot W + a_2 \cdot n + a_3 \cdot K + a_4 \cdot W \cdot n + a_5 \cdot W \cdot K + a_6 \cdot n \cdot K + a_7 \cdot W^2 + a_8 \cdot n^2 + a_9 \cdot K^2, \quad (2)$$

$$Z(W, n, K) = b_0 + \frac{b_1}{W} + \frac{b_2}{n} + \frac{b_3}{K^2} + \frac{b_4}{n^2} + \frac{b_5}{W \cdot K} + \frac{b_6}{K \cdot n} + \frac{b_7}{W \cdot n} + b_8, \quad (3)$$

где B – выход длинного волокна, %; W – влажность тресты, %; n – частота вращения трепальных барабанов, мин^{-1} ; K – количество воздействий, ед.; Z – содержание костры в длинном волокне, %; $a_0 \dots a_9, b_0 \dots b_8$ – эмпирические константы.

Предложен также алгоритм поиска оптимального режима работы трепальной машины в зависимости от влажности поступающей льнотресты. Однако разработанный алгоритм требует непрерывного контроля влажности слоя льнотресты, что в настоящее время трудноосуществимо.

В работе [4] предложена методика оперативного видеоконтроля варьирования технологических свойств льнотресты и автоматический выбор соответствующего режима мяльно-трепального агрегата. Режим переработки льнотресты устанавливается по отделяемости при условии, что влажность тресты не превышает 15–20 %. В зависимости от этого показателя изменяются число частоты вращения барабанов трепальной машины, скоростные параметры зажимного конвейера, мяльной и слоеформирующих машин.

Недостатком предложенной методики является то, что она базируется на использовании контроля только одного показателя качества льнотресты – отделяемости – и использовании для выбора режима ранее разработанных рекомендаций. Оценки по конечному результату и корректировки режима не предусмотрено.

В работе [5] приводится обоснование возможности организации автоматизированной системы контроля следующих основных параметров льнотресты:

- влажности;
- отделяемости;
- пригодности слоя к трепанию.

Предлагается определять показатель пригодности к трепанию в зависимости от дезориентации и среднего угла положения стеблей в слое льнотресты. Дезориентация и средний угол положения стеблей при этом определяются с использованием обработки видеоизображений с применением технологий распознавания образов. Для определения влажности и отделяемости предложено использовать методы инфракрасной спектроскопии.

Для оптимизации параметров трепания разработана нейронная сеть. Формирование выборки для нейронной сети проводилось на основе экспериментальных данных предыдущих исследователей, данных ЦНИИЛВ и рекомендаций в справочной литературе. На основании проведенного анализа установлены границы нечетких множеств и правила соответствия между группами параметров льнотресты и группами режимов обработки.

С помощью разработанной гибридной нейронной сети была получена графическая интерпретация зависимости количества воздействий и частоты вращения трепальных барабанов от двух возмущающих факторов: влажности и отделяемости льнотресты (рис. 2). Скорость транспортирования сырца определяется из полученных значений числа воздействий и частоты вращений барабанов.

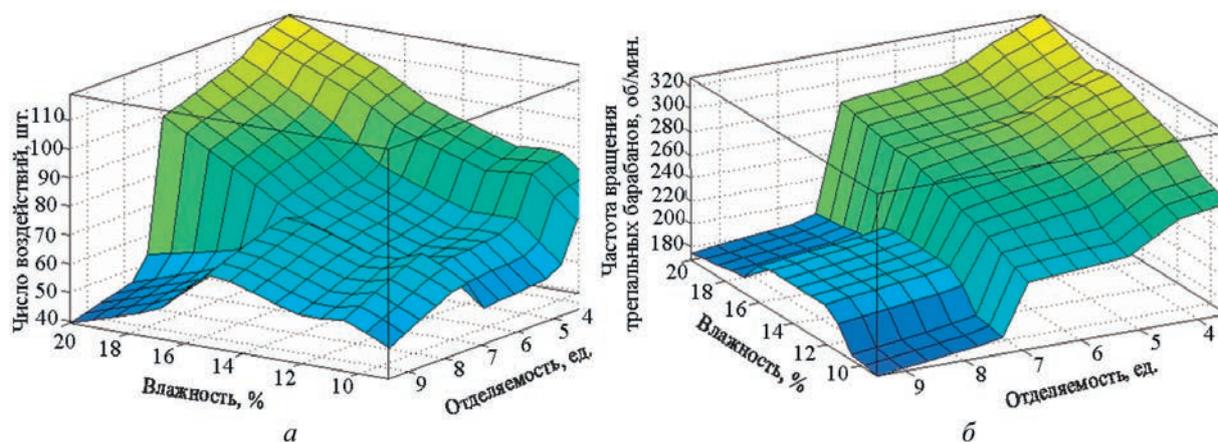


Рис. 2. Зависимости числа воздействий и частоты вращения трепальных барабанов от влажности и отделяемости волокна: a – число воздействий; b – частота вращения

В работе [6] приводится разработка алгоритма управления режимами обработки льнотресты в трепальной машине с учетом контроля ее влажности, отделяемости и прочности методом инфракрасной спектроскопии. При разработке алгоритма управления режимами обработки льнотресты в качестве прототипа используется нейронная сеть, учитывающая три возмущающих фактора – влажность, отделяемость и прочность льнотресты, и ставящая им в соответствие 27 групп уточненных режимов обработки льнотресты.

Разработанная нейронная сеть позволяет получить графическую интерпретацию зависимости количества воздействий и частоты вращения трепальных барабанов от совместного влияния следующих возмущающих факторов: влажность и прочность, отделяемость и прочность льнотресты. Скорость транспортирования сырца определяется из полученных значений числа воздействий и частоты вращений барабанов.

Заключение

Совершенствованием процесса трепания занимались многие исследователи. Создана солидная теоретическая основа, обеспечивающая возможность для совершенствования и дальнейшего развития машиностроения в этой области. Большинство проанализированных научно-исследовательских работ заканчивались либо на стадии теоретического и экспериментального обоснования различных параметров трепальных машин, либо на стадии создания лабораторных установок.

Теоретические исследования процесса трепания заключались в анализе и обосновании:

- диаметра и конусности трепальных барабанов;
- количества билльных планок;
- угла винтовой подъема винтовой линии бил барабанов;
- взаимодействия одного или двух бил трепальных барабанов, одновременно воздействующих на прясть;
- скоростей и ускорений прядей в переносном и относительном движениях;
- сил (инерционных, трения, аэродинамических, реактивных, натяжения, давления пряди на кромку).

В целом разработанные методики и результаты проведенных теоретических исследований позволяют в значительной мере проводить проектные расчеты и анализ принимаемых при проектировании решений. Однако следует отметить, что проведенные теоретические исследования по расчету сил, возникающих при взаимодействии прядей с рабочими органами, позволяют только косвенно оценить результаты этого взаимодействия, которые в полной мере выражаются в результатах переработки льнотресты – выходе и качестве длинного волокна. Этот результат можно получить только при экспериментальных исследованиях.

Список использованных источников

1. Дьячков, В. А. Теоретическое обоснование технологических и конструктивных параметров машин для производства длинных волокон льна : дис. ... докт. техн. наук : 05.19.02 / В. А. Дьячков. – Кострома, 2007. – 230 с.
2. Дьячков, В.А. Проектирование машин для первичной обработки лубяных волокон : учеб. пособие / В. А. Дьячков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2006. – 208 с.
3. Катков, А. А. Управление режимом работы мяльно-трепального агрегата в зависимости от влажности льнотресты : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.02 / А. А. Катков. – Кострома, 2008. – 168 с.
4. Петров, С. С. Оптимизация режимов технологического процесса первичной обработки льнотресты за счет применения комплекса автоматического контроля технологических параметров льнотресты / С. С. Петров, В. Г. Дроздов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006. – № 4С. – С. 37–41.
5. Ефремов, А. С. Оптимизация процесса трепания при обработке льнотресты в зависимости от ее влажности и отделяемости : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.02 / А. С. Ефремов. – Кострома, 2008. – 166 с.
6. Мозохин, А. Е. Совершенствование метода контроля технологических свойств льняной тресты с использованием инфракрасной спектроскопии : дис. ... канд. техн. наук : 05.19.01 / А. Е. Мозохин. – Кострома, 2014. – 158 с.