

**И. С. Пылило, А. И. Тарима, С. П. Колешко**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*E-mail: Fragment-ip@yandex.by*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРЕПАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

*Аннотация.* Обоснованы конструктивно-технологические параметры и режимы работы трепальной установки.

*Ключевые слова:* слой льнотресты, трепание, рабочие органы, трепальный барабан, било, ножи, длинное волокно, рациональные конструктивные параметры, режимы работы.

**I. S. Pylilo, A. I. Tarima, S. P. Koleshko**

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”*

*Minsk, Republic of Belarus*

*E-mail: Fragment-ip@yandex.by*

## **DETERMINATION OF RATIONAL DESIGN PARAMETERS AND MODES OF OPERATION OF THE TREPAL INSTALLATION**

*Abstract.* The design and technological parameters and modes of operation of the trepal installation are substantiated.

*Keywords:* layer of flax, flapping, working bodies, flapping drum, beater, knives, long fiber, rational design parameters, operating modes.

### **Введение**

В первичной переработке льна главным предметом производства является длинное волокно. Приоритетные задачи – это повышение выхода 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.

Важным фактором, влияющим на выход длинного волокна, является рациональный и обоснованный подбор режимов работы оборудования и параметров рабочих органов при переработке льнотресты.

Задача процесса трепания – очистка волокна от костры при сохранении природных длинноволокнистых комплексов стебля. Она 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, связанный с воздействием на материал посредством бильных планок, трепальных барабанов с одновременным удерживанием и перемещением материала зажимно-транспортирующим механизмом (зажимным конвейером) [1].

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

Основной задачей исследования процесса трепания на данном этапе выполнения задания является определение рациональных конструктивных параметров и режимов работы трепальной установки, влияющих на выход длинного волокна.

## Основная часть

Для проведения экспериментальных исследований влияния параметров рабочих органов трепальных машин на выход длинного волокна силами лаборатории в соответствии с разработанной конструкторской документацией (УТ 00.00.000) был изготовлен макетный образец трепальной установки (рис. 1). Макетный образец разрабатывался по итогам анализа данных, изложенных в работах [2–5], и теоретического обоснования основных технологических и конструктивных параметров рабочих органов трепальных барабанов макетного образца.

Макетный образец установки трепальной, в соответствии с рис. 1, состоит из рамы 1, состоящей из металлических уголков, на которой смонтированы все детали и узлы макетного образца, такие как конвейер подающий 2 для равномерного перемещения льнотресты через вальцы плющильные 3, приводимые посредством электропривода 6 в движение к барабанам трепальным 4, привод которых осуществляется посредством электропривода 5.

Установка трепальная работает следующим образом: отобранные горсти льнотресты равномерным слоем раскладываются на подающем конвейере установки 2 так, чтобы стебли вершинной частью упирались в плющильные вальцы 3. Затем включают трепальные барабаны 4 и подающий конвейер. При захождении половины длины стеблей в зону работы трепальных барабанов конвейер выключается. По окончании обработки подающий конвейер включают в обратном направлении и горсти льнотресты перемещают в исходное положение. После обработки вершинной части стебли поворачивают комлевой частью к плющильным вальцам и располагают так же, как и вершинную часть. Операцию обработки повторяют.

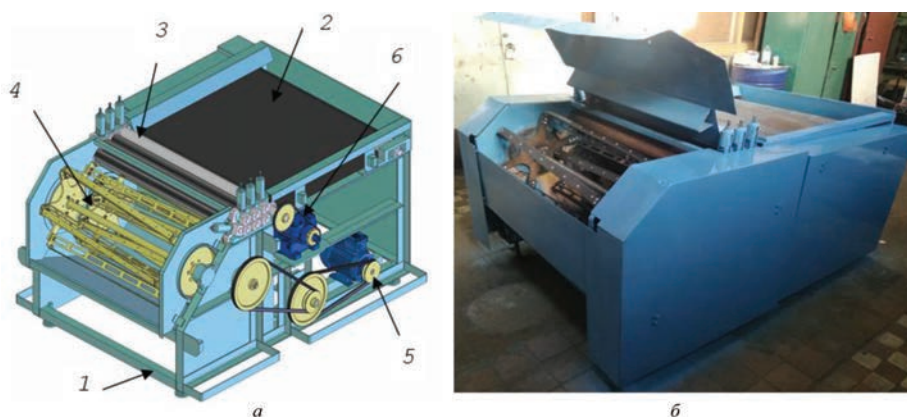


Рис. 1. Макетный образец установки трепальной: *а* – 3D модель макетного образца; *б* – общий вид макетного образца:  
1 – рама; 2 – конвейер подающий; 3 – вальцы плющильные; 4 – барабаны трепальные;  
5 – электропривод трепальных барабанов; 6 – электропривод подающего транспортера и плющильных вальцов

Для макетного образца трепальной установки были изготовлены экспериментальные образцы шестибильных трепальных барабанов с винтовыми билами и возможностью установки на них различных видов ножей и бильных планок (рис. 2).



Рис. 2. Экспериментальный образец трепальных барабанов

Изготовленные экспериментальные комплекты сменных рабочих органов (рис. 3) дали возможность устанавливать на трепальные барабаны бильные планки как с одной, так и двумя рабочими кромками, а также крепить к ним ножи с прямыми и волнообразными кромками.

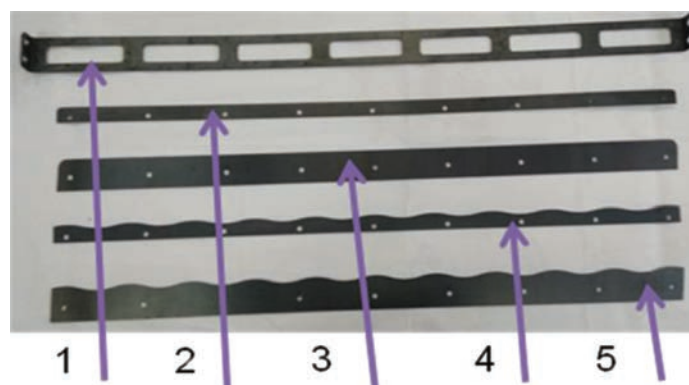


Рис. 3. Сменные рабочие органы трепальных барабанов: 1 – подбильная решетка; 2, 4 – ножи с прямой и волнообразной кромками для Г-образных бильных планок; 3, 5 – ножи с прямой и волнообразной кромками для тангенциальных и Г-образных бильных планок

Согласно разработанной программе-методике экспериментальных исследований были отобраны пробы льнотресты и проведены работы по определению внешнего вида, длины стеблей, их влажности и засоренности.

Каждую горсть льнотресты, отобранную для определения внешнего вида и засоренности, делили на две части, не допуская сорной примеси. По одной половине горстей определяли внешний вид, а по второй – засоренность. Горсти, отобранные для определения влажности, объединяли в одну общую горсть, освобождали от сора и путанины и разрезали на отрезки длиной  $(190 \pm 3)$  мм, от корневой шейки и до соцветия. Отрезки стеблей перемешивали между собой и выделяли из них две навески массой  $(50 \pm 1)$  г каждая, которые помещали в лабораторный сушильный шкаф.

Влажность каждой навески льнотресты вычисляли в процентах. За результат приняли среднеарифметическое значение результатов определений всех проб. Засоренность определяли путем взвешивания отобранных проб. Затем из них вручную выделяли сорняки, посторонние примеси, семенные коробочки и вновь взвешивали.

Для определения базовых параметров выхода длинного волокна в соответствии с требованиями СТБ 1194 совместно с сотрудниками ОАО «Кореличи лен» были отобраны пробы льнотресты. В условиях лаборатории льнозавода каждая отобранная проба взвешивалась.

Для проведения экспериментальных исследований отобранные горсти, не допуская потерь, раскладывали равномерным слоем на конвейере макетной установки так, чтобы стебли вершинной частью упирались в плющильные вальцы.

При длине стеблей менее расстояния от плющильных вальцов до первого указателя на бортике макетной установки горсти располагали комлевой частью на уровне первого указателя. Включали трепальные барабаны, а затем подающий конвейер. Перемещали подающий транспортер вместе с пробами на  $(900 \pm 5)$  мм. После остановки конвейера проводилась обработка вершинной части трепальными барабанами. Затем включали обратный ход конвейера и возвращали его в исходное положение.

После обработки вершинной части льнотресты поворачивали стебли на  $180^\circ$  комлевой частью вперед и повторяли операцию для обработки комлевой части.

Каждую пробу длинного волокна после взвешивания очищали от костры и сорных примесей. Отдельно взвешивали очищенное льноволокно.

Экспериментальные исследования проводили на различных рабочих органах путем их установки на трепальные барабаны.

Параметр оптимизации обозначен символом  $\gamma$ , и в качестве него был принят выход длинного волокна, измеряемый в процентах.

За факторы процесса ( $x_1, x_2, x_3$ ), влияющие на показатель параметра оптимизации, были приняты скорость движения транспортера  $V_{mp}$  (м/мин.), время трепания  $T_{mp}$  (с) и частота вращения барабанов  $n$  (об/мин.) (табл. 1).

Таблица 1. Перечень регулировочных факторов, характеризующих процесс трепания льна

Тип машин	Факторы		
	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Трепальная установка	$V_{mp}$	$T_{mp}$	$n$

Скорость движения конвейера и частоту вращения барабанов изменяли при помощи частотных регуляторов, подключенных к их приводам, а фактические значения определяли при помощи тахометра, время трепания измеряли секундомером.

Выбор уровней значений для каждого из факторов, включенных в эксперимент, составил: для  $V_{mp} = 1,0-10,0$  м/мин.,  $T_{mp} = 5-15$  с,  $n = 100-120$  об/мин. Для каждого фактора определяли основной уровень и интервал варьирования.

Для проведения полнофакторного эксперимента построили план-матрицу проведения опытов с реализацией всех возможных сочетаний упорядоченных комбинаций факторов (табл. 2).

Таблица 2. План-матрица проведения опытов

№ опыта	$x_1 \rightarrow V_{mp}$	$x_2 \rightarrow T_{mp}$	$x_3 \rightarrow n$
1	1,00	5	100
2	10,00	5	100
3	1,00	15	100
4	10,00	15	100
5	1,00	5	120
6	10,00	5	120
7	1,00	15	120
8	10,00	15	120

Для записи априорных сведений о факторах процесса, записи верхних, нижних и основных уровней варьирования факторов, интервалов варьирования, плана матрицы планирования, результатов эксперимента, промежуточных и конечных результатов расчета, для проверки воспроизводимости эксперимента, значимости коэффициентов, проверки адекватного описания процесса составили и заполнили журнал планирования эксперимента.

После проведения исследований получили функцию отклика в зависимости от натуральных значений:

$$y = 138,63 - 59,48 \cdot T_{mp} - 1,009 \cdot n - 10,234 \cdot V_{mp} + 0,45 \cdot V_{mp} \cdot T_{mp} + 0,1 \cdot V_{mp} \cdot n + 0,054 \cdot T_{mp} \cdot n - 0,0047 \cdot V_{mp} \cdot T_{mp} \cdot n.$$

При анализе функции отклика по влиянию факторов получены следующие значения:

– при максимальной скорости транспортера  $V_{mp} = 10$  м/мин с минимальными временем трепания  $T_{mp} = 5$  с и минимальной частотой вращения барабанов  $n = 100$  об/мин выход длинного волокна составил 31,65 %;

– при минимальной скорости  $V_{mp} = 1$  м/мин, с максимальным временем трепания  $T_{mp} = 15$  с и минимальной частотой вращения барабанов  $n = 100$  об/мин выход длинного волокна снижается до 28,9 %;

– при минимальной скорости транспортера  $V_{mp} = 1$  м/мин с минимальными временем трепания  $T_{mp} = 5$  с и максимальной частотой вращения барабанов  $n = 120$  об/мин выход длинного волокна составил 21,2 %.

Из полученных данных следует, что на выход длинного волокна наибольшее влияние оказывает скорость конвейера, так как при испытании макетного образца этот показатель имитировал

конусность трепального барабана, который значительно уменьшает обрывы тресты при заходе на него. Влияние фактора времени трепания также оказывает значительное влияние. Так, при минимальном времени трепания может наблюдаться недотреп тресты, а при увеличении времени трепания более 20 с будет происходить обрыв льноволокна, и тем самым уменьшится его выход. Частота вращения барабанов при экспериментальных исследованиях взята в коротких уровнях варьирования от 100 до 120 об/мин, это связано с тем, что на выход длинного волокна в большей степени влияет количество воздействий, а при большей частоте вращения пришлось бы сократить время трепания, что затруднит проведение исследований.

Рациональные режимы работы трепальной установки выбирали из условия максимального выхода длинного волокна. Для обоснования конструктивных решений по полученному уравнению регрессии был построен график зависимости выхода длинного льноволокна от времени трепания при применении различных типов рабочих органов при частоте вращения трепальных барабанов 100 и 120 об/мин (рис. 4, 5).

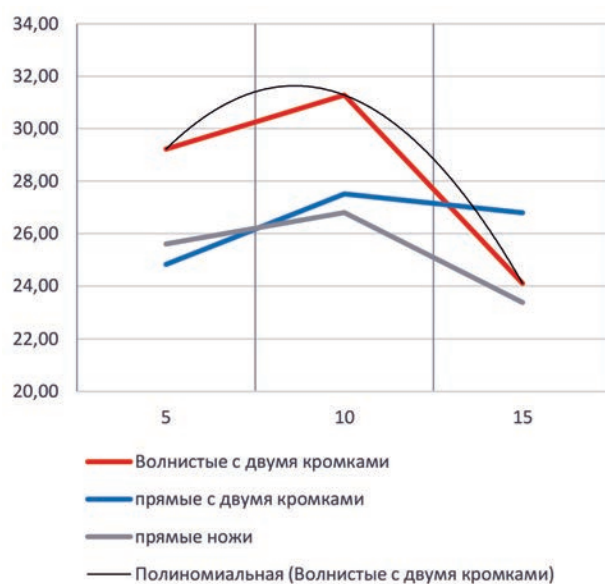


Рис. 4. График зависимости выхода длинного волокна от времени обработки при частоте вращения трепальных барабанов 100 об/мин

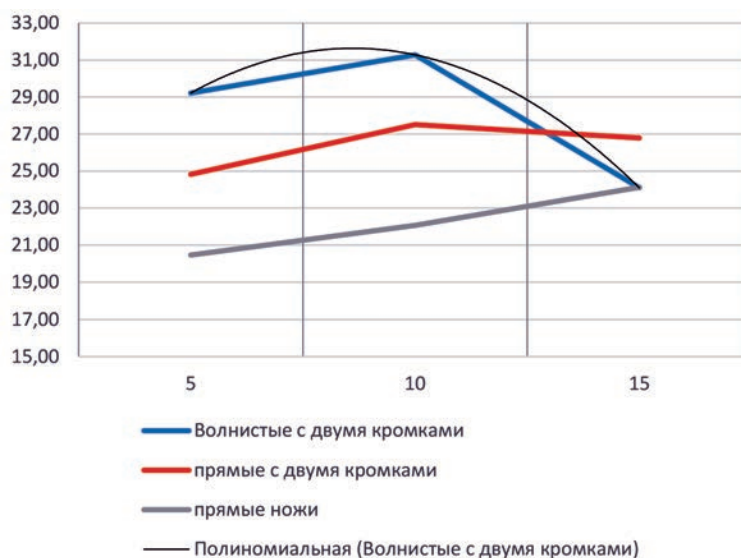


Рис. 5. График зависимости выхода длинного волокна от времени обработки при частоте вращения трепальных барабанов 120 об/мин



Анализируя графические зависимости выхода длинного льноволокна от времени трепания при применении различных типов рабочих органов, можно сделать вывод, что оптимальными параметрами работы обладают волнистые рабочие органы с двумя кромками при частоте вращения трепальных барабанов от 100 до 120 об/мин, времени трепания от 8 до 12 с и скорости подающего конвейера порядка 5 м/мин.

### Заключение

При анализе функции отклика по влиянию факторов получены следующие значения:

– при максимальной скорости транспортера  $V_{tp} = 10$  м/мин с минимальным временем трепания  $T_{tp} = 5$  с и минимальной частотой вращения барабанов  $n = 100$  об/мин выход длинного волокна составил 31,65 %;

– при минимальной скорости транспортера  $V_{tp} = 1$  м/мин, с максимальным временем трепания  $T_{tp} = 15$  с и минимальной частотой вращения барабанов  $n = 100$  об/мин выход длинного волокна снижается до 28,9 %;

– при минимальной скорости транспортера  $V_{tp} = 1$  м/мин с минимальным временем трепания  $T_{tp} = 5$  с и максимальной частотой вращения барабанов  $n = 120$  об/мин выход длинного волокна составил 21,2 %.

Из полученных данных следует, что на выход длинного волокна наибольшее влияние оказывает скорость конвейера, так как при испытании макетного образца этот показатель имитировал конусность трепального барабана, который значительно уменьшает обрывы тресты при заходе на него. Влияние фактора времени трепания также оказывает значительное влияние. Так, при минимальном времени трепания может наблюдаться недотреп тресты, а при увеличении времени трепания более 20 с будет происходить обрыв льноволокна, и тем самым уменьшится его выход. Частота вращения барабанов при экспериментальных исследованиях взята в коротких уровнях варьирования от 100 до 120 об/мин, это связано с тем, что на выход длинного волокна в большей степени влияет количество воздействий, а при большей частоте вращения пришлось бы сократить время трепания, что затруднит проведение исследований.

Анализируя графические зависимости выхода длинного льноволокна от времени трепания при применении различных типов рабочих органов, можно сделать вывод, что оптимальными параметрами работы обладают волнистые рабочие органы с двумя кромками при частоте вращения трепальных барабанов от 100 до 120 об/мин, времени трепания от 8 до 12 с и скорости подающего конвейера порядка 5 м/мин.

### 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 ; 05.02.13 / В. А. Дьячков. – Кострома, 2003. – 230 л.
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. – 187 л.
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. – № 4 С. – С. 37–41.
5. Новиков, Э. В. Обоснование технологических параметров нового процесса трепания льна / Э. В. Новиков, Б. И. Смирнов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000. – № 5. – С. 23–26.