

УДК 633.521+677.011

Исследование влияния частоты вращения трепальных барабанов на выход короткого льноволокна

*Перепечаев А. Н., к.т.н., РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
Чеботарев В. П., д.т.н., профессор, УО «БГАТУ»*

Аннотация

Цель. Повышение качества работы технологического оборудования для переработки отходов трепания короткого льноволокна за счет оптимизации режимов работы.

Методы. Регистрации, описания и анализа данных наблюдений и экспериментов, построения вероятностных моделей функционирования машины для получения короткого льноволокна, статистической динамики.

Результаты. Рациональные режимы работы мяльно-трепальной машины для переработки отходов трепания, обеспечивающие получение качественного короткого льноволокна.

Выводы. В результате проведенных исследований получены уравнения регрессии, описывающие показатели качества короткого льноволокна в зависимости от режимов работы трепальных барабанов в линии короткого льноволокна ЛКЛВ-0,75.

При проведении анализа самыми лучшими режимами работы для переработки отходов трепания после обработки льнотресты № 1,00 на линии длинного льноволокна можно считать

среднюю частоту вращения трепальных барабанов в пределах от 340 до 400 мин⁻¹, при этом заостренность льнотресты будет находиться в пределах 19–24%, что соответствует № 4 короткого льноволокна, разрывная нагрузка – в пределах 140–160 Н.

Оптимальными режимами работы для переработки отходов трепания после обработки льнотресты № 2,00 на линии длинного льноволокна можно считать среднюю частоту вращения трепальных барабанов в пределах от 400 до 430 мин⁻¹, при этом заостренность льнотресты будет находиться в пределах 15–17%, что соответствует № 6 короткого льноволокна. Однако следует отметить непостоянное влияние данной частоты вращения на исходные показатели получаемого льноволокна, так как при обработке отходов трепания сырьё поступает на машину неравномерно. Вместе с тем данные режимы работы оборудования позволяют получить наиболее качественное короткое льноволокно при переработке.

Ключевые слова: отходы трепания, короткое льноволокно, режимы работы, трепальные барабаны, номер перерабатываемой льнотресты.

УДК 633.521+677.011

Investigation of the influence of the frequency of rotation of the scutching drums on the output of short flax fiber

*Perepetchaev A. N., Candidate of technical sciences, RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization", Minsk, Republic of Belarus
Chebotarev V. P., Doctor of technical sciences, professor, BSATU*

Annotation

Purpose. Improving the quality of work of technological equipment for the processing of waste flaking short flax fiber by optimizing operating modes.

Methods. Recording, describing and analyzing observational data and experiments, constructing probabilistic models of the functioning of a machine for producing short flax fiber, statistical dynamics.

Results. Rational modes of operation of the butcher-trephine machine for the processing of

peeling waste, ensuring the production of high-quality short flax fiber.

Conclusions. As a result of the research, regression equations have been obtained that describe the quality indicators of the short flax fiber, depending on the operating modes of the trepan drums in the short flax fiber line LKLV-0.75.

When analyzing the best working conditions for processing waste products after treatment of flax trimmings No. 1.00 on the line of long flax fiber, the average speed of the drums can be considered to be within the range of 340 to 400 min⁻¹, while the

sweeping intensity of flax truffles will be in the range of 19–24% which corresponds to No. 4 of short flax fiber, the breaking load is in the range of 140–160 N.

Optimal modes of operation for scrap waste after processing of flax trimmings No. 2.00 on the line of long flax fiber can be considered as the average rotation frequency of the drums in the range from 400 to 430 min^{-1} , while the clogging of the flax truffles will be within 15–17%, which corresponds to No. 6 short flax fibers. However, it should be noted the non-

constant correspondence of the given rotation frequency to the initial parameters of the obtained flax fiber, since during the treatment of scrap waste the raw material enters the machine unevenly. At the same time, these operating modes of the equipment make it possible to obtain the best quality short flax fiber during processing.

Keywords: scrap waste, short flax fiber, operating modes, combing drums, number of processed flax.

УДК 633.521+677.011

Дослідження впливу частоти обертання тіпальних барабанів на вихід короткого льоноволокна

*Перепечасєв А. Н., к.т.н., РВП «НВЦ НАН Білорусі з механізації сільського господарства»
Чеботарьов В. П., д.т.н., професор, ЗО «БДАТУ»*

Анотація

Мета. Підвищення якості роботи технологічного обладнання для переробки відходів тіпання короткого льоноволокна завдяки оптимізації режимів роботи.

Методи. Реєстрації, опису й аналізу даних спостережень і експериментів, побудови ймовірнісних моделей функціонування машини для отримання короткого льоноволокна, статистичної динаміки.

Результати. Раціональні режими роботи м'яльно-тіпальної машини для переробки відходів тіпання, що забезпечують отримання якісного короткого льоноволокна.

Висновки. У результаті проведених досліджень отримані рівняння регресії, що описують показники якості короткого льоноволокна залежно від режимів роботи тіпальних барабанів у лінії короткого льоноволокна ЛКЛВ-0,75.

Після проведення аналізу найкращими режимами роботи для переробки відходів тіпання після обробки льонотрести № 1,00 на лінії довгого льоноволокна можна вважати середню частоту обертання тіпальних барабанів у межах від 340 до 400 хв^{-1} , водночас вміст костриці в льонотресті буде перебувати в межах 19–24%, що відповідає № 4 короткого льоноволокна, розривне навантаження – в межах 140–160 Н.

Оптимальними режимами роботи для переробки відходів тіпання після обробки льонотрести № 2,00 на лінії довгого льоноволокна можна вважати середню частоту обертання тіпальних барабанів у межах від 400 до 430 хв^{-1} , водночас вміст костриці в льонотресті буде перебувати в межах 15–17%, що відповідає № 6 короткого льоноволокна. Однак слід зазначити непостійний вплив даної частоти обертання на вихідні параметри одержуваного льоноволокна,

оскільки під час обробки відходів тіпання сировина надходить на машину нерівномірно. Заразом дані режими роботи обладнання дозволяють отримати найбільш якісне коротке льоноволокно після переробки.

Ключові слова: відходи тіпання, коротке льоноволокно, режими роботи, тіпальні барабани, номер льонотрести, що переробляється.

Постановка проблеми. Важная роль в АПК Республики Беларусь принадлежит льноводству, для развития которого на территории нашей страны есть все необходимые природно-климатические условия. Среди возделываемых в настоящее время в республике сельскохозяйственных культур лен-долгунец занимает одно из первых мест по рентабельности производства. Лен и изделия из него практически без ограничений могут быть востребованы на международном рынке. Производство растительного масла из семян льна, а также получение больших объемов отходов его производства в виде жмыха и шрота, потребность в которых комбикормовой промышленности увеличивается ежегодно, вызывают всё больший интерес к этим видам пищевых продуктов для населения и кормов, без которых дальнейшее интенсивное развитие молочного и мясного животноводства невозможно. Все вышперечисленное позволяет сделать вывод о том, что лен является одной из перспективных культур для АПК нашей страны, а успешное решение проблем его переработки требует особого внимания разработчиков сельскохозяйственной техники. Однако, несмотря на все преимущества, льноводство в течение последних

лет отставало в своем развитии. Это обусловлено значительной трудоемкостью и энергоемкостью процессов переработки льна, недостаточным уровнем механизации ряда технологических процессов.

Анализ последних исследований и публикаций. Работы по получению однотипного льноволокна были начаты в СССР и Западной Европе в 70-х гг. прошлого века [1]. В эти годы технико-экономическое обоснование технологии переработки низкосортной тресты с получением неориентированного однотипного волокна путем сравнительного прядения волокна, произведенного по раздельной технологии и технологии изготовления однотипного волокна, было сделано в ЦНИИЛВ (г. Москва). Сегодня работы в таком направлении проводят в Российской Федерации и Украине [2].

Цель исследований. Повышение качества работы технологического оборудования для переработки отходов трепания короткого льноволокна за счет оптимизации режимов работы.

Методы исследований. Использованы методы регистрации, описания и анализа данных наблюдений и экспериментов, построения вероятностных моделей функционирования машины для получения короткого льноволокна, статистической динамики.

Методика исследований. Основные параметры работы мяльно-трепального агрегата определялись в соответствии с СТБ 1850-2009 «Волокно льняное короткое. Технические условия», СТБ 1194-2007 «Трестальная льняная. Требования при заготовках» [3, 4].

Результаты исследований. Во время исследования режимов работы мяльно-трепального агрегата был проведен анализ получаемого короткого льноволокна при следующих условиях:

- сорт льна: «Грант»;
- номер льнотресты – № 2,0 и № 1,0;
- исходная влажность в рулонах – 19–23%;
- исходная влажность в линии короткого льноволокна – 8–10%.

Проведенные до этого исследования режима работы мяльных вальцов показали, что их частота вращения не оказывает значительного влияния на процесс очистки от костры отходов трепания, полученных с линии выработки длинного льноволокна. Они могут быть приняты в виде постоянной величины. Частота вращения мяльных вальцов: 1-я группа вальцов – 360 мин⁻¹, 2-я группа – 380 мин⁻¹. Разность скоростей вращения первой и второй групп обусловлена только эксплуатационными показателями. Скорость увеличена во второй группе с целью исключения подбивок перерабатываемого материала под вальцы, а соответственно и намоток на вальцы и трепальные барабаны.

Забор проб для оценки качества короткого льноволокна проводился после прохождения трех трясильных машин перед проходным прессом короткого льноволокна. Полученные результаты сводились в таблицу.

Таблица. Результаты исследования короткого льноволокна после обработки (№ 2,00)
Table. Results of the research by short flax fiber after treatment (No. 2.00)

№ п/п	Факторы		Зависимые переменные	
	обороты трепальных секций, мин ⁻¹	средние значения оборотов для группы, мин ⁻¹	закостренность льноволокна, % (y ₁)	разрывная нагрузка скрученной ленточки, Н (y ₂)
1	250	270	29	206
2	270		28	208
3	290		27	208
4	300	320	24	191
5	320		22	196
6	340		23	197
7	350	370	19	182
8	370		19	186
9	390		18	184
10	400	420	14	181
11	420		15	180
12	440		15	175
13	450	466	12	155
14	470		13	151
15	480		12	157

Для аппроксимации имеющихся статистических данных использовано квадратное уравнение регрессии вида [5]: $y = a + bx + cx^2$.

Коэффициенты регрессии определялись методом наименьших квадратов. В результате получены уравнения, описывающие влияние оборотов трепальных барабанов на заостренность (y_1) короткого льноволокна и на разрывное усилие скрученной ленточки (y_2):

$$y_1 = 61,59 - 0,16x + 0,0001x^2; \quad (1)$$

$$y_2 = 193,57 + 0,199x - 0,0006x^2. \quad (2)$$

Адекватность уравнения статистическим данным проверялась по критерию Фишера (F):

$$F = \frac{S_0^2}{S_y^2}, \quad (3)$$

где S_0^2 – остаточная дисперсия величины y ;

S_y^2 – выборочная дисперсия величины y .

Значимость коэффициентов регрессии вычислялась по условиям:

$$|a_0| \geq \frac{t_{\alpha, n-k-1} \cdot S_0}{\sqrt{n-k-1}}; \quad |a_1| \geq \frac{t_{\alpha, n-k-1} \cdot S_0}{\sqrt{n-k-1} \cdot S_i}, \quad (4)$$

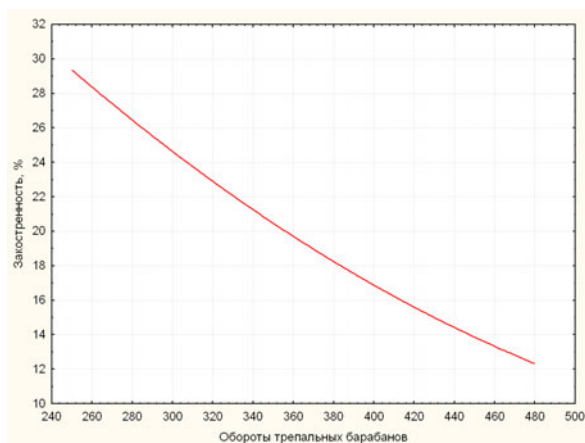


Рис. 1. Влияние частоты вращения трепальных барабанов на обескостривание льноволокна

Fig. 1. Effect of the rotation frequency influence of the trephine drums on the flaking from flax fiber

где $t_{\alpha, n-k-1}$ – табличное значение критерия Стьюдента при выбранном уровне значимости α и числе степеней свободы $n - k - 1$; n – объем выборки; k – число факторов; S_i^2 – выборочная дисперсия i -го фактора.

Дисперсии коэффициентов множественной и парной корреляции рассчитывались по общеизвестным соотношениям [6, 7].

При $n = 15$ и $k = 3$ значение критерия $F = 2,12$.

Поскольку $F_{0,05} = 194,1 > F$ (для заостренности) и $F_{0,05} = 92,6 > F$ (для разрывной нагрузки), то уравнения (2) и (3) адекватны статистическим данным.

Найдем коэффициент детерминации, показывающий, какая доля вариации зависимой переменной обусловлена вариацией объясняющей переменной. Чем ближе R^2 к единице, тем лучше регрессия аппроксимирует эмпирические данные, тем теснее наблюдения примыкают к линии регрессии.

Получим следующие значения: $R_1^2 = 0,972$, $R_2^2 = 0,936$ для заостренности и для разрывной нагрузки скрученной ленточки, соответственно.

На рисунках 1 и 2 приведены графики влияния частоты вращения трепальных барабанов на процесс обескостривания льноволокна и на разрывное усилие при переработке отходов трепания, полученных из льнотресты № 2,00.

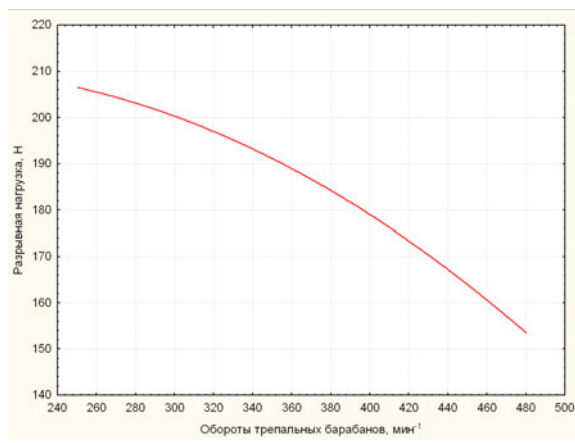


Рис. 2. Влияние частоты вращения трепальных барабанов на разрывное усилие короткого льноволокна

Fig. 2. Effect of the rotational speed of the trephine drums on the breaking force short flax fiber

Как видно из графиков, для обеспечения наименьшего содержания костры в коротком льноволокне целесообразно повышать обороты трепальных барабанов, но при этом возникает проблема перетиравания короткого льноволокна, из-за чего оно теряет в разрывной нагрузке. Так при проведении анализа оптимальными режимами работы для отходов трепания после обработки льнотресты № 2,00 на линии длинного льноволокна можно считать среднюю частоту вращения трепальных барабанов в пределах от 400 до 430 мин⁻¹, при этом закостренность льнотресты будет находиться в пределах 15–17%, что соответствует № 6 короткого льноволокна. Однако следует отметить непостоянное соответствие данной частоты вращения на исходные показатели получаемого льноволокна, так как при обработке отходов трепания сырьё поступает на машину неравномерно. Вместе с тем данные режимы работы оборудования позволяют получить

наиболее качественное короткое льноволокно при переработке льнотресты № 2,00.

Также были проведены исследования по влиянию оборотов трепальных барабанов на исходные параметры короткого льноволокна при переработке отходов трепания с линии длинного льноволокна льнотресты № 1,00.

На основании обработки экспериментальных данных были получены уравнения:

$$y_1 = 68,03 - 0,21x - 0,0002x^2; \quad (5)$$

$$y_2 = 346,07 - 0,72x - 0,0005x^2. \quad (6)$$

На рисунках 3 и 4 приведены графики влияния частоты вращения трепальных барабанов на процесс обескостривания льноволокна и на разрывное усилие при переработке отходов трепания, полученных из льнотресты № 1,00.

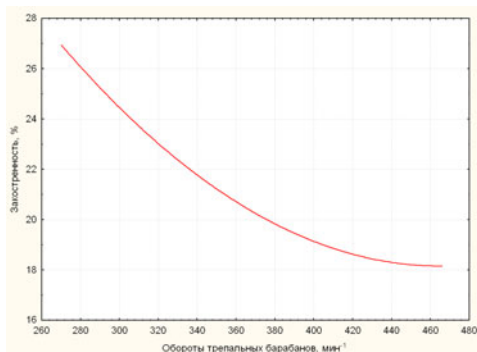


Рис. 3. Влияние частоты вращения трепальных барабанов на обескостривание льноволокна

Fig. 3. Effect of the rotation frequency influence of the trephine drums on the flaking from flax fiber

При проведении анализа наиболее подходящими режимами работы для отходов трепания после обработки льнотресты № 1,00 на линии длинного льноволокна можно считать среднюю частоту вращения трепальных барабанов в пределах от 340 до 400 мин⁻¹, при этом закостренность льнотресты будет находиться в пределах 19–24%, что соответствует № 4 короткого льноволокна, разрывная нагрузка – в пределах 140–160 Н. Однако, как и в предыдущем случае, следует отметить непостоянное соответствие данной частоты вращения на получение короткого льноволокна с высокими качественными характеристиками, так как при обработке отходов трепания сырьё поступает на машину неравномерно.

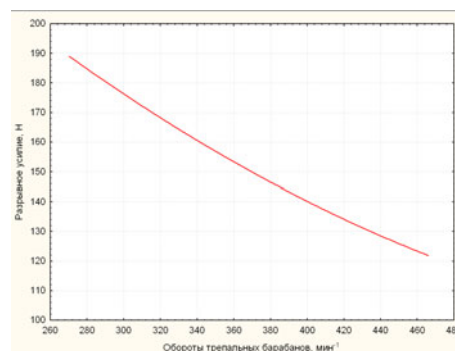


Рис. 4. Влияние частоты вращения трепальных барабанов на разрывное усилие короткого льноволокна

Fig. 4. Effect of the rotational speed of the trephine drums on the breaking force short flax fiber

Как видно из анализа всех вышеприведенных оценок, с увеличением частоты вращения трепальных барабанов очистка волокна от костры заметно улучшается, но одновременно увеличивается и интенсивность его разрушения, выражающаяся в уменьшении средней массодлины волокна.

Влияние частоты вращения барабанов на эффективность обескостривания и повреждение волокна объясняется ростом сил давления и трения пропорционально квадрату частоты вращения барабанов.

Помимо выше сказанного, существенное влияние на процесс трепания оказывает глубина захождения планок в обрабатываемый слой, которая в данных исследованиях являлась постоянной величиной. Она прояв-

ляет себя в увеличении угла обхвата кромки волокном и росте числа планок, находящихся одновременно в поле трепания. Все это приводит к возрастанию сил давления на материал со стороны кромки и сил натяжения. Вместе с тем процесс регулировки глубины захождения трепальных барабанов в обрабатываемый слой является достаточно трудоемкой операцией, в отличие от изменения частот вращения трепальных барабанов, чего можно добиться включением в электрическую схему привода частотного преобразователя.

Выводы. В результате проведенных исследований получены уравнения регрессии, описывающие качественные показатели получаемого короткого льноволокна, в зависимости от скоростей вращения трепальных барабанов в линии короткого льноволокна ЛКЛВ-0,75.

При проведении анализа наилучшие режимы работы для переработки отходов трепания после обработки льнотресты № 1,00 на линии длинного льноволокна можно считать среднюю частоту вращения трепальных барабанов в пределах от 340 до 400 мин⁻¹, при этом заостренность льнотресты будет находиться в пределах 19–24%, что соответствует № 4 короткого льноволокна, разрывная нагрузка – в пределах 140–160 Н.

Оптимальными режимами работы для переработки отходов трепания после обработки льнотресты № 2,00 на линии длинного льноволокна можно считать среднюю частоту вращения трепальных барабанов в пределах от 400 до 430 мин⁻¹, при этом заостренность льнотресты будет находиться в пределах 15–17%, что соответствует № 6 короткого льноволокна. Однако следует отметить непостоянное влияние данной частоты вращения на исходные показатели получаемого льноволокна, так как при обработке отходов трепания сырьё поступает на машину неравномерно. Вместе с тем данные режимы работы оборудования позволяют получить наиболее качественное короткое льноволокно при переработке.

Библиография

1. Успенский В. К., Лобанов В. И., Гинзбург Л. Н. Вопросы переработки льна во Франции. М.: ЦНИИ информации, 1970. 77 с.
2. Гилязетдинов Р. Н., Коробченко С. П. К вопросу производства льна без разделения его на длинное и короткое. *Повышение конкурентоспособности льняного комплекса России в современных условиях: мат. Межд. науч.-практ. конф. (г. Вологда, 25 февраля 2009 г.)*. Вологда – Тверь, 2009. С. 142–145.

3. СТБ 1850-2009. Волокно льняное короткое. Технические условия. Минск: Госстандарт, 2011. 12 с.

4. СТБ 1194-2007. Треста льняная. Требования при заготовках. Минск: Госстандарт, 2007. 14 с.

5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с.

6. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 280 с.

7. Гутер Р. С., Овчинский Б. В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. М.: Наука, 1970. 432 с.

Bibliohrafia

1. Uspenskij V. K., Lobanov V. I., Ginzburg L. N. Voprosy pererabotki lna vo Francii. M.: CNII informacii, 1970. 77 s.

2. Gilyazetdinov R. N., Korobchenko S. P. K voprosu proizvodstva lna bez razdeleniya ego na dlinnoe i korotкое. *Povyshenie konkurentosposobnosti lnyanogo kompleksa Rossii v sovremennyh usloviyah: mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. (g.Vologda, 25 fevralya 2009 g.)*. Vologda – Tver, 2009. S. 142–145.

3. STB 1850-2009. Volokno lnyanoe korotкое. Tekhnicheskie usloviya. Minsk: Gosstandart, 2011. 12 s.

4. STB 1194-2007. Tresta lnyanaya. Trebovaniya pri zagotovkah. Minsk: Gosstandart, 2007. 14 s.

5. Ventcel E. S. Teoriya veroyatnostej. M.: Nauka, 1969. 576 s.

6. Adler Yu. P., Markova E. V., Granovskij Yu. V. Planirovanie ehksperimenta pri poiske optimalnyh uslovij. M.: Nauka, 1976. 280 s.

7. Guter R. S., Ovchinskij B. V. EHlementy chislenного analiza i matematicheskoy obrabotki rezultatov opyta. M.: Nauka, 1970. 432 s.

References

1. Uspensky V. K., Lobanov V. I., Ginzburg L. N. Problems of processing flax in France. Moscow: Central Research Institute of Information, 1970. 77 p.

2. Gilyazetdinov R. N., Korobchenko S. P. On the issue of flax production without dividing it into long and short. *Enhancing the competitiveness of the flax complex of Russia in modern conditions: mat. Int. scientific-practical. Conf. (Vologda, February 25, 2009)*. Vologda – Tver, 2009. Pp. 142–145.

3. STB 1850-2009. Linen fiber short. Technical conditions. Minsk: Gosstandart, 2011. 12 p.

4. STB 1194-2007. Trust Linen. Requirements for workpieces. Minsk: Gosstandart, 2007. 14 p.

5. Wentzel E. S. Theory of Probability. Moscow: Nauka, 1969. 576 p.

6. Adler Y. P., Markova E. V., Granovsky Y. V. Planning of the experiment in the search for optimal conditions. Moscow: Nauka, 1976. 280 p.

7. Guter R. S., Ovchinsky B. V. Elements of numerical analysis and mathematical processing of experimental results. Moscow: Nauka, 1970. 432 p.