

**РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ  
ОДНОТИПНОГО ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА**

**DEVELOPMENT OF CRITERION  
FOR EVALUATION OF PROCESS' EFFICIENCY  
OF THE SIMILAR FIBROUS MATERIAL'S RECEIPT**

*Н.М. ФЕДОСОВА*  
*N.M. FEDOSOVA*

(Костромской государственной университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: fedosovanm@mail.ru

*В статье показана необходимость оценки эффективности процесса получения однотипного волокнистого материала. Предложен критерий эффективности процесса, который учитывает извлечение волокна из стеблей и содержание костры в нем.*

*The article shows the necessity of assessing the effectiveness of the process of obtaining the similar fibrous material. The offered criterion of the process' efficiency takes into account the extraction of fiber from the stems and shive's content.*

**Ключевые слова:** льняной стебель, процесс, однотипное волокно, оценка, эффективность, костра.

**Keywords:** flax stalk, process, similar fiber, evaluation, effectiveness, shives.

В последнее время предложено множество решений реализации технологии получения однотипного волокнистого материала (ОВМ) из стеблей лубяных культур [1...9]. Это могут быть и крупногабаритные поточные линии, установленные стационарно, и простые устройства, состоящие из двух-трех узлов, в том числе и перемещающиеся по полю. В любом случае, суть технологии заключается в выделении всего волокна, содержащегося в стеблях лубяных растений, в виде одной, чаще всего неориентированной, массы с минимальным содержанием костры.

Для получения продукции, конкурентоспособной с точки зрения издержек, важно адекватно оценивать эффективность применяемых технологических решений и определять направления дальнейшего совершенствования процесса переработки [10...17]. В традиционной технологии пере-

работки льна с получением длинного и короткого волокна основными качественными показателями, контролируемыми в процессе работы, являются выход и номер длинного волокна. При комплексной оценке итогов переработки тресты также учитывают выход и качество короткого волокна с подсчетом количества процентомеров волокна каждого вида.

В отношении технологии получения ОВМ с комплексной оценкой эффективности переработки возникает ряд проблем. Одной из них является необходимость учета степени его извлечения из исходного сырья, который позволит дифференцированно подходить к проблеме компоновки технологических линий и выбору рациональных режимов переработки в зависимости от качества лубяных стеблей.

Поскольку при получении однотипного волокна льняное сырье (стебли или солома)

в итоге разделяются на два потока – волокно и костра, то в процессе переработки их смесь (костроволокнистую массу) можно рассматривать как бинарную. Основной целью операций, составляющих этот процесс, является максимальное извлечение волокна, содержащегося в стеблях, в чистом виде, в идеале – с нулевым содержанием костры. По существу процесс представляет собой разрушение структуры стеблей (образование костроволокнистой массы) и разделение бинарной смеси на чистый ОВМ и костру. Вероятно, для него характерны закономерности, имеющие место при анализе процессов разделения, широко распространенных в других отраслях промышленности, например, при грохочении, гравитационной классификации, флотации, сепарации и т.п.

Оценка эффективности процессов разделения осуществляется с применением большого числа методов и критериев, описанных в специальной литературе [18]. Поскольку более ценным продуктом является ОВМ, определим эффективность процесса

по волокну  $E_{ОВМ}$ . В данном случае размерность используемых параметров выразим в долях единицы от общего количества исходного сырья – лубяных стеблей. Примем следующие обозначения:  $V$  – количество волокна, содержащегося в исходном сырье;  $K$  – количество древесины в исходном сырье (при разрушении она превращается в свободную и связанную костру);  $V_{ОВМ}$  – количество чистого волокна в ОВМ (на выходе из машины);  $K_{ОВМ}$  – количество костры, оставшейся в ОВМ (на выходе из машины) (по существу это связанная (присушистая) костра);  $V_{отх}$  – количество чистого волокна, попавшего в отходы (в основном это короткие волокна пуховой группы);  $K_{отх}$  – количество костры, выпавшей в отходы при разделении костроволокнистой массы (по существу это свободная (насыпная) костра). Места образования указанных продуктов показаны на рис. 1 (обобщенная схема технологического процесса получения ОВМ с указанием продуктов по переходам).

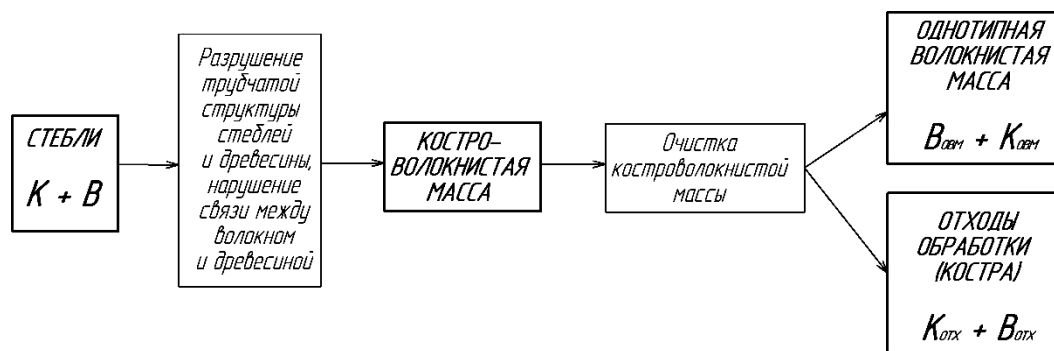


Рис. 1

Имеют место следующие равенства:

$$\begin{aligned} V_{ОВМ} + V_{отх} &= V, \\ K_{ОВМ} + K_{отх} &= K, \\ V + K &= 1. \end{aligned} \quad (1)$$

Как правило, "...под извлечением понимается количество выделенного в результате классификации продукта заданной крупности по отношению к количеству этого же продукта в исходном материале" [18].

Величина извлечения волокна  $I_V$  составит:

$$I_V = \frac{V_{ОВМ}}{V}. \quad (2)$$

В то же время процессы разделения протекают неидеально, поэтому чаще всего "...каждый из продуктов разделения загрязняется другим продуктом" [18]. Так, в готовом ОВМ (на выходе из машины) практически всегда присутствует костра (обычно связанная, присушистая), а в процессе

очистки костроволокнистого полуфабриката вместе с насыпной кострой в отходы попадают короткие, пуховые волокна (обычно длиной 0...25 мм). Извлечение костры в волокно (загрязнение волокна)  $I_K$  определяется как

$$I_K = \frac{K_{ОВМ}}{K} = \frac{K_{ОВМ}}{1-B}. \quad (3)$$

Полное представление о характере классификации продуктов дает совместный учет величины извлечения ценного продукта и степени его загрязнения (извлечения отхода в ценный продукт), поэтому эффективность процесса разделения костроволокнистой смеси  $\mathcal{E}$  можно выразить следующим образом:

$$\mathcal{E} = I_B - I_K,$$

или

$$\mathcal{E} = \frac{B_{ОВМ}}{B} - \frac{K_{ОВМ}}{1-B}. \quad (4)$$

Процесс разделения будет тем эффективнее, чем больше волокна удастся извлечь из стеблей и чем меньше будет в нем содержание костры. В идеальном случае величина эффективности  $\mathcal{E}$  должна стремиться к 1.

Рассмотрим применение критерия эффективности на конкретном примере. В [19] приведены результаты переработки партии стеблей масличного льна в ОВМ. В частности, в результате переработки 367 кг льносырья с содержанием волокна 34% получено 79 кг волокна с массовой долей костры в нем 34%. Была осуществлена повторная переработка полученного волокна на том же оборудовании, в результате которой получили 40 кг волокна с массовой долей костры 29,5%.

Для первого пропуска:  $B+K=1$  (367 кг);  $B=0,34$ ;  $B_{ОВМ} + K_{ОВМ} = 0,215$ ;  $B_{ОВМ} = 0,142$ ;  $K_{ОВМ} = 0,073$ .

Эффективность первого пропуска составила  $\mathcal{E} = 0,307$ .

Второй пропуск волокна:  $B+K = 1$  (79 кг);  $B = 0,66$ ;  $B_{ОВМ} + K_{ОВМ} = 0,506$ ;  $B_{ОВМ} = 0,357$ ;  $K_{ОВМ} = 0,149$ .

Эффективность второго пропуска составила  $\mathcal{E} = 0,103$ . В результате второго пропуска материала на выбранной цепочке технологического оборудования часть волокна разрушилась и выпала с небольшой частью костры в отходы. Повторную обработку в данном случае следует считать нецелесообразной.

## ВЫВОДЫ

1. Показана необходимость разработки критерия оценки эффективности процесса получения однотипного волокна.

2. Предложен критерий эффективности процесса разделения костроволокнистой смеси, учитывающий степень извлечения волокна из исходного сырья, а также наличие в нем костры.

3. Приведены результаты оценки эффективности переработки партии масличного льна в однотипный волокнистый материал.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Apparatus and process for defibration of bast fiber plants : Canadian patent application CA 2496298 / Butenuth Guenter; HAV NAFITECH GMBH. – 26.02.2006.
2. Apparatus for decortications plant material: United States Patent 5,906,030 / Philip J. Leduc, Leslie G. Hill, David H. Kelly, Mark A. Stratton; Prairie Agricultural Machinery Institute. – May 25, 1999.
3. *Pasila A.* The dry-line method in bast fibre production : academic dissertation / Antti Pasila; University of Helsinki. – Helsinki: Yliopistopaino, 2004.
4. *Гилязетдинов Р.Н., Короченко С.П.* Перспективное направление в переработке льна: Научные достижения – льноводству // Мат. научн.-практ. конф.: Основные результаты и направления развития научных исследований по льну-долгунцу. – Торжок: ГНУ ВНИИЛ Россельхозакадемии, 2010. С. 282...285.
5. *Сай В.А.* Удосконалення технології збирання і первинної переробки стеблової частини льону олійного: Дис. ...канд. техн. наук. – Луцьк: Луцький національний технічний університет, 2011.
6. *Тіхосова Г.А.* Теоретичні основи практичного застосування технології механічної переробки трести льону олійного // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф.: Шляхи відродження галузей льонаства і коноплярства та підвищення ефективності їх наукового забезпечення. (Глухів, 8–10 лют. 2011 р.). М-во аграр. Політики та продовольства, НААН [та ін]. – Суми : ТОВ "ТП "Папірус", 2012. С. 190...200.
7. Пат. №2506353. Российская Федерация. Способ получения лубяного волокна и устройство для

его осуществления / Внуков В.Г., Федосова Н.М.; патентообладатель ООО "АГРОЛЕН-ИНВЕСТ". Оpubл. 10.02.2014. – Режим доступа: <http://www1.fips.ru>.

8. Новиков Э.В., Безбабченко А.В. Инновационные технологии и машины для переработки лубяных культур в однотипное, короткое и штапелированное волокно // Научный вестник Костромского государственного технологического университета. [Электронный ресурс]. – 2015, №1. С. 12. – Режим доступа: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

9. Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Внуков В.Г. Изучение технологии переработки соломы льна-межеумка в короткое волокно на отечественном оборудовании // Научный вестник Костромского государственного технологического университета. [Электронный ресурс]. – 2015, №2. С. 7. – Режим доступа: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

10. Кирюхин С.М. Определение оптимального соотношения между затратами на качество и стоимостью текстильных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №2. С. 19...22.

11. Шаломин О.А. и др. Разработка структурной схемы проектирования качества текстильных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №4. С. 40...45.

12. Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н. Количественная оценка конкурентоспособного ассортимента текстильного предприятия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №5. С. 5...8.

13. Мавряшин А.А., Кирюхин С.М. Оценка конкурентоспособности ткани по соотношению "качество-цена" // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №3. С. 5...7.

14. Гаврилова И.М. Качество текстильных материалов как составляющая эффективности текстильного производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С. 11...15.

15. Тувин А.А., Анфимов Е.Н., Малафеев Р.М. Определение технологической результативности процесса металлочащности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №5. С. 169...171.

16. Тувин А.А., Любимцев В.В., Гусев Б.Н. Определение технологической эффективности процесса металлочащности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №4. С. 133...136.

17. Лускатова О.В., Пантюшина О.В. Оценка эффективности и конкурентоспособности элементов лубяного кластера // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №4. С. 71...75.

18. Барский М.Д. Оптимизация процессов разделения зернистых материалов. – М.: Недра, 1978.

19. Безбабченко А.В. и др. Изучение технологии переработки тресты льна-межеумка после зернового комбайна в короткое волокно на отечественном оборудовании // Научный вестник Костромского государственного технологического университета [Электронный ресурс]. – 2016, №1. С. 5. – Режим доступа: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

1. Apparatus and process for defibration of bast fiber plants : Canadian patent application CA 2496298 / Butenuth Guenter; HAV NAFITECH GMBH. – 26.02.2006.

2. Apparatus for decortications plant material: United States Patent 5,906,030 / Philip J. Leduc, Leslie G. Hill, David H. Kelly, Mark A. Stratton; Prairie Agricultural Machinery Institute. – May 25, 1999.

3. Pasila A. The dry-line method in bast fibre production : academic dissertation / Antti Pasila; University of Helsinki. – Helsinki: Yliopistopaino, 2004.

4. Giljazetdinov R.N., Koropchenko S.P. Perspektivnoe napravlenie v pererabotke l'na: Nauchnye dostizhenija – l'novodstvu // Mat. nauchn.-prakt. konf.: Osnovnye rezultaty i napravlenija razvitija nauchnyh issledovanij po l'nu-dolguncu. – Torzhok: GNU VNIL Rossel'hozakademii, 2010. S. 282...285.

5. Saj V.A. Udoskonalennja tehnologij zbirannja i pervinnoj pererobki steblovoj chastini l'onu olijnogo: Dis. ...kand. tehn. nauk. – Luc'k: Luc'kij nacional'nij tehnicnij universitet, 2011.

6. Tihosova G.A. Teoretichni osnovi praktichnogo zastosuvannja tehnologij mehanichnoj pererobki tresti l'onu olijnogo // Materiali mizhnar. nauk.-prakt. konf.: Shljahi vidrodzhennja galuzej l'onastva i konopljarstva ta pidvishennja efektnosti ih naukovogo zabezpechennja. (Gluhiv, 8–10 ljut. 2011 r.). M-vo agar. Politiki ta prodovol'stva, NAAN [ta in]. – Sumi : TOV "TP "Papyrus", 2012. S. 190...200.

7. Pat. №2506353. Rossijskaja Federacija. Sposob poluchenija lubjanogo volokna i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija / Vnukov V.G., Fedosova N.M.; patentoobladatel' ООО "АГРОЛЕН-ИНВЕСТ". Оpubл. 10.02.2014. – Режим доступа: <http://www1.fips.ru>.

8. Novikov Je.V., Bezbabchenko A.V. Innovacionnye tehnologii i mashiny dlja pererabotki lubjanyh kul'tur v odnotipnoe, korotкое i shtapelirovanное volokno // Nauchnyj vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. [Jel'ektronnyj resurs]. – 2015, №1. S. 12. – Режим доступа: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

9. Novikov Je.V., Bezbabchenko A.V., Vnukov V.G. Izuchenie tehnologij pererabotki solomy l'na-mezeumka v korotкое volokno na otechestvennom oborudovanii // Nauchnyj vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. [Jel'ektronnyj resurs]. – 2015, №2. S. 7. – Режим доступа: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

10. Kirjuhin S.M. Opredelenie optimal'nogo sootnoshenija mezhdz zhatrami na kachestvo i stozimost'ju tekstil'nyh izdelij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, №2. S. 19...22.

11. Shalomin O.A. i dr. Razrabotka strukturnoj shemy proektirovanija kachestva tekstil'nyh izdelij // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №4. S. 40...45.

12. Gruzinceva N.A., Gusev B.N. Kolichestvennaja ocenka konkurentosposobnogo assortimenta tekstil'nogo predpriyatija // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №5. S. 5...8.

13. Mavrjashin A.A., Kirjuhin S.M. Ocenka konkurentosposobnosti tkani po sootnosheniju "kachestvo-cena" // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №3. S. 5...7.
14. Gavrilova I.M. Kachestvo tekstil'nyh materialov kak sostavljajushhaja jeffektivnosti tek-stil'nogo proizvodstva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №6. S. 11...15.
15. Tuvin A.A., Anfimov E.N., Malafeev R.M. Opredelenie tehnologicheskoy rezul'tativnosti processa metallotkachestva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №5. S. 169...171.
16. Tuvin A.A., Ljubimcev V.V., Gusev B.N. Opredelenie tehnologicheskoy jeffektivnosti processa metallotkachestva // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №4. S. 133...136.
17. Luskatova O.V., Pantjushina O.V. Ocenka jeffektivnosti i konkurentosposobnosti jelementov l'n-janogo klastera // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №4. S.71...75.
18. Barskij M.D. Optimizacija processov razdelenija zemistyh materialov. – M.: Nedra, 1978.
19. Bezbabchenko A.V. i dr. Izuchenie tehnologii pererabotki tresty l'na-mezheumka posle zernovogo kombajna v korotkoe volokno na otechestvennom oborudovanii // Nauchnyj vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta [Jelektronnyj resurs]. – 2016, №1. S.5. – Rezhim dostupa: <http://vestnik.kstu.edu.ru>.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 30.06.16.