

УДК 677.03.004.182

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ  
МЕДИЦИНСКОЙ ЛЬНОСОДЕРЖАЩЕЙ ГИГРОСКОПИЧЕСКОЙ ВАТЫ  
И НЕТКАНОГО ПОЛОТНА ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА\***

**PROCESSING LINE FOR DEVELOPMENT  
MEDICAL LINEN - CONTAINING HYGROSCOPIC COTTON WOOL  
AND THE NONWOVEN CLOTH FROM WASTE PRODUCTS**

*О.Н. ВОЛЫНКИН, Е.В. ВИНОГРАДОВА, Е.В. ЗАРУБИНА, Т.В. ШМЕЛЕВА, М.А. КОЛБАШОВ  
O.N. VOLYNKIN, E.V. VINOGRADOVA, E.V. ZARUBINA, T.V. SHMELYOVA, M.A. KOLBASHOV*

(Ивановский государственный политехнический университет,  
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Ивановский государственный энергетический университет)  
(Ivanovo State Polytechnical University,  
Ivanovo Fire-Rescue Academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,  
Ivanovo State Power University)  
E-mail: katya.zarubina.15@mail.ru

*Предлагается методика оценки эффективности использования отходов производства медицинской льносодержащей гигроскопической ваты и нетканого полотна для увеличения выхода продукции на основе применения уравнений баланса сырья и энергии.*

*The methodology of assessment of efficiency of use of production waste containing medical absorbent cotton and nonwoven cloth to increase yield through the application of the equations of balance of raw materials and energy.*

**Ключевые слова:** лен, медицинская вата, технологическая линия, баланс сырья, непрерывная регенерация сырья.

**Keywords:** flax, medical cotton wool, technological line, balance of raw materials, continuous regeneration of raw materials.

В [1] предлагается универсальная технологическая линия переработки льна и пеньки различного качества в однотипное и модифицированное волокно, в том числе и

вату. Производство ваты из льна сопряжено со значительными потерями хорошего пряжидомого волокна в отходы практически на всех стадиях ее выработки.

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, проф. В.М. Зарубина.

Это связано с тем, что короткое льноволокно (отходы трепания или волокно после обработки короткостебельной льнотресты), а также чесаный лен и очесы имеют в своем составе значительное количество сорных примесей, пороков, которые по технологии производства ваты подлежат отделению от волокна и удалению из волокнистого потока. На выполнение этих операций направлено разрыхлительно-очистительное, трепальное и чесальное оборудование, в котором непосредственное участие принимают конденсорные устройства.

В качестве примера рассмотрим линию по производству медицинской ваты, дей-

ствующую на заводе "ЛенОм" в г. Калачинске, Омской обл. [2], схема которой представлена на рис. 1 (автоматическая линия по производству медицинской ваты из отбеленного короткого льноволокна, где 1 – смеситель-накопитель СН-3У; 2 – конденсор; 3 – разрыхлительно-очистительная машина ТОР-М; 4 – конденсор; 5 – разрыхлительно-очистительная машина МРЛ-В; 6 – смеситель-накопитель СН-3У; 7, 8, 9, 10, 11, 12 – чесальные машины ЧМ-ВМ). Линия содержит после лабазов смеситель-накопитель СН-3У, группу разрыхлительно-очистительных машин ТОР-М, МРЛ-В, РО и МТ и группу чесальных машин ЧМ-ВМ.

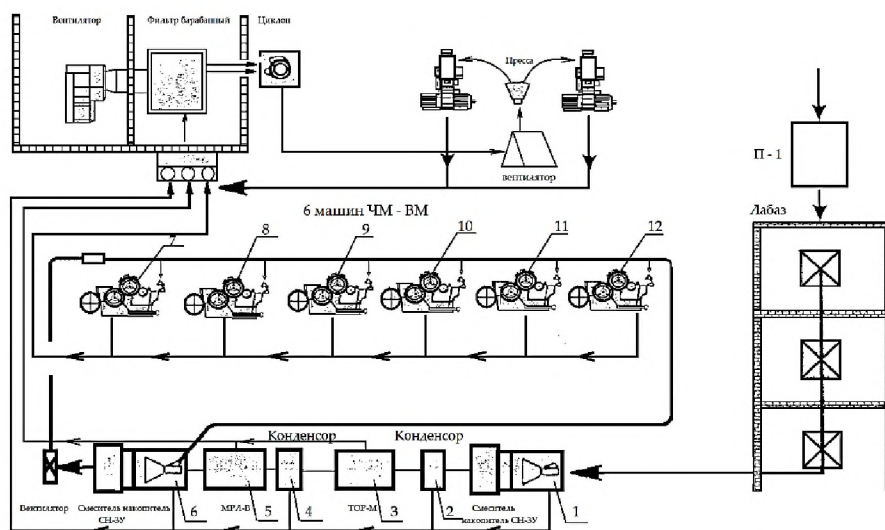


Рис. 1

Для данной технологической линии применим метод построения уравнений баланса сырья, предложенный в [3], [4]:

$$X_{\text{вых}} = \frac{X_1 \prod_{i=1}^6 (1 - \alpha_i) \sum_{j=7}^{12} [\beta_j (1 - \alpha_j)]}{\sum_{k=7}^{12} \beta_k}, \quad (1)$$

где  $X_{\text{вых}}$  – масса волокна на выходе технологической линии;  $X_1$  – масса волокнистого потока на входе 1-й машины технологической линии;  $\alpha_i$  – доля отходов по массе на  $i$ -й машине технологической линии;  $\beta_j$  – коэффициент, учитывающий разделение

волокон потока на составляющие параллельные потоки по чесальным машинам,  $\sum_{k=7}^{12} \beta_k \leq 1$ .

Коэффициент выхода продукта из смеси:

$$B = \frac{X_{\text{вых}}}{X_{\text{вх}}}, \quad (2)$$

где  $X_{\text{вх}} = X_1$ ;

$$B = \frac{\prod_{i=1}^5 (1 - \alpha_i) \sum_{j=7}^{12} [\beta_j (1 - \alpha_j)]}{\sum_{k=7}^{12} \beta_k}. \quad (3)$$

Так как на данной линии не предусмотрено использование отходов собственного производства, рассмотрим линию, предназначенную для получения медицинской гигроскопической ваты из отбеленного короткого льноволокна и нетканого полотна из отходов этого производства [5]. Для обеспечения полной сохранности прядомого волокна в волокнистом потоке, проходящем через очистительное оборудование в технологическом процессе, альтернативой является организация параллельно основному технологическому процессу процесса непрерывной регенерации волокна из отходов, включающего сбор отходов от мест их выделения в агрегате, очистку от сорных примесей и пороков, получение регенерированного из отходов волокна и возвращение его в свой технологический процесс. При этом целесообразно использовать оборудование, выполненное с учетом физико-механических и структурных характеристик отходов.

Технологическая линия содержит оборудование для жидкостной обработки, обезвоживания и сушки сырья, лабазы, смеситель-накопитель СН-3У, рыхлитель-очиститель РО, сушильную машину СЛР-240-М с питателем ПЛШ-240-М и рыхлителем РМ-240-М, в которой установлена машина трепально-очистительная ТОМ-Л2. За сушильной машиной перед лабазами расположен питатель П-1. За ними – питатель П-5 или смеситель-накопитель СН-3У, конденсорная установка, рыхлитель-очиститель РО, наклонный очиститель ОН-6-4 и питатель резервный ПРЧ, за ним установлены две группы (основная и дополнительная) разрыхлительно-трепальных машин РЧВМ для производства ваты и нетканых материалов. Разрыхлительно-трепальная машина [6] содержит питающий бункер, пару игольчатых барабанов с колосниковыми решетками, промежуточный конденсор и пару чесальных пильчатых барабанов с группами из трех валиков и одинарных валиков с профильными ножами; причем первая группа разрыхлительно-чесальных машин РЧВМ снабжена ватными барабанами, а вторая – слоеформирующим механизмом в виде раскладчика прочеса или конденсора

и вязально-прошивной машиной, при этом первая группа разрыхлительно-чесальных машин РЧВМ технологически связана с разрыхлительным агрегатом распределителем волокна по основному сырьевому потоку и закольцована на питатель резервный ПРЧ, а вторая связана через пневмоканал по сбору отходов с машинами агрегата и первой группой разрыхлительно-трепальных машин РЧВМ и закольцована на питатель П-5.

Для описания процесса работы непрерывной регенерации волокна из выделяемых на нем отходов будем использовать понятие "потока" как термина, позволяющего наиболее адекватно описывать непрерывные процессы, коими являются разрыхление, смешивание, трепание, чесание волокнистой массы РЧВМ. При этом в качестве показателя, позволяющего оценить работу агрегата, протекание технологических процессов в нем, мы будем использовать не коэффициент выхода медицинской ваты из смеси, а приведенный коэффициент выхода ваты из смеси к мощности, расходуемой на выпуск единицы количества продукта в РЧВМ. Введение такого показателя обусловливается повышением энергетических затрат в агрегате при осуществлении в нем процесса непрерывной регенерации отходов и позволяет дать сравнительную оценку различных способов регенерации отходов в рамках РЧВМ, определенного по составу и количеству машин.

Технологическая линия для выработки медицинской льносодержащей гигроскопической ваты и нетканого полотна из отходов этого производства представлена на рис. 2 (технологическая линия для выработки медицинской льносодержащей гигроскопической ваты и нетканого полотна из отходов этого производства, где 1 – питатель П-5; 2 – разрыхлитель-очиститель РО; 3 – смеситель-накопитель СН-3У; 4 – наклонный очиститель ОН-6-4; 5 – питатель резервный ПРЧ; 6, 7, 8, 9, 10 – основная группа разрыхлительно-чесальных машин РЧВМ с ватными барабанами; 11, 12 – дополнительная группа разрыхлительно-чесальных машин РЧВМ со слоеформирующим устройством; 13 – питатель П-5).

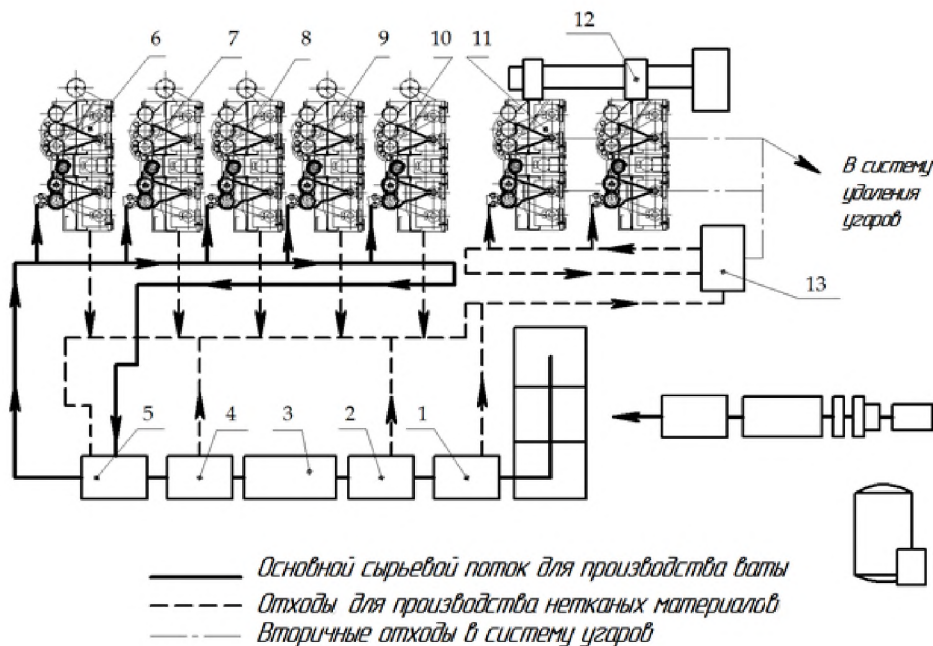


Рис. 2

Для данной технологической линии применим метод построения уравнений баланса сырья и энергии, служащих для анализа регенерации отходов, предложенный в [3], [4].

Без учета регенируемого волокна уравнение баланса сырья имеет вид:

$$X_{\text{ВЫХ}}^0 = \frac{X_1 \prod_{i=1}^2 (1 - \alpha_i) \prod_{j=4}^5 (1 - \alpha_j) \sum_{k=6}^{10} [\beta_k (1 - \alpha_k)]}{\sum_{m=6}^{10} \beta_m}, \quad (4)$$

где  $\beta_k$  – коэффициент, учитывающий разделение волокон потока на составляющие параллельные потоки по разрыхлительно-чесальным машинам,  $\sum_{k=6}^{10} \beta_k \leq 1$ .

С учетом использования отходов собственного производства уравнение баланса сырья примет вид:

$$X_{\text{ВЫХ}} = X_{\text{ВЫХ}}^0 + X_{\text{ВЫХ}}^{\Delta}, \quad (5)$$

Здесь  $X_{\text{ВЫХ}}^{\Delta}$  – масса отходов собственного производства, формирующих нетканый материал;  $\bar{\alpha}_k$  – доля вторичных отходов по массе на  $k$ -й машине технологической линии;  $\beta_{11} + \beta_{12} \leq 1$ .

Коэффициент выхода продукта из смеси:

$$B = \frac{X_{\text{ВЫХ}}}{X_{\text{ВХ}}}, \quad (7)$$

$$\text{или } B = B_0 + B_{\Delta}, \quad (8)$$

где  $X_{\text{ВЫХ}}^{\Delta} = \frac{\left( \sum_{i=1}^2 X_i \alpha_i + \sum_{j=4}^{10} X_j \alpha_j \right) \sum_{k=11}^{12} [\beta_k (1 - \bar{\alpha}_k)]}{\sum_{k=11}^{12} \beta_k}$ . (6)

где  $B_0 = \frac{X_{\text{ВЫХ}}^0}{X_{\text{ВХ}}}$ ,  $B_{\Delta} = \frac{X_{\text{ВЫХ}}^{\Delta}}{X_{\text{ВХ}}}$ .

Так как осуществление процесса переработки собственных отходов приводит к повышению энергетических затрат на технологической линии, то используем приведенный коэффициент выхода продукта из смеси к мощности, расходуемой на выпуск единицы количества продукта:

$$R = B\eta^{tr}, \quad (9)$$

где  $R$  – приведенный коэффициент выхода продукта из смеси;  $\eta^{tr}$  – обобщенный технологический коэффициент полезного действия:

$$\eta^{tr} = \frac{N^t + N^r}{N^p}; \quad (10)$$

$N^p$  – суммарная мощность, потребляемая машинами и механизмами технологической линии, то есть суммарная потребляемая энергия в единицу времени,

$$N^p = \sum_{i=1}^n N_i^p; \quad N_i^p - \text{мощность, потребляемая}$$

$i$ -й машиной технологической линии:

$$N_i^p = N_i^t + N_i^r + N_i^m; \quad (11)$$

$N_i^t$  – мощность, расходуемая на совершенствование технологического процесса в  $i$ -й машине технологической линии;  $\sum_{i=1}^n N_i^t = N^t$  –

мощность, расходуемая машинами технологической линии на совершенствование технологического процесса;  $N_i^r$  – транспортная мощность, то есть мощность, необходимая для транспортировки волокнистой массы от  $(i-1)$ -й машины до выхода с  $i$ -й машины;  $\sum_{i=1}^n N_i^r = N^r$  – транспортная мощность технологической линии;  $N_i^m$  – мощность, расходуемая на диссипативные процессы в  $i$ -й машине технологической линии.

Переработка отходов собственного производства позволяет существенно повысить указанный приведенный коэффициент выхода продукта из смеси за счет увеличения массы готового продукта на величину массы сформированного нетканого полотна  $X_{\text{вых}}^{\Delta}$  при незначительном снижении

обобщенного технологического коэффициента полезного действия.

За счет щадящей разработки волокнистого материала происходит улучшение технологического процесса по обработке сырья, а за счет использования отходов собственного производства – экономия сырья.

## В Ы В О Д Ы

Для оценки эффективности регенерации отходов на технологической линии для выработки медицинской льносодержащей гигроскопической ваты и нетканого полотна из отходов этого производства применен метод построения уравнений баланса сырья и энергии. Показано, что переработка отходов собственного производства позволяет существенно повысить выход продукта из смеси за счет увеличения массы готового продукта на величину массы сформированного нетканого полотна  $X_{\text{вых}}^{\Delta}$  при незначительном снижении обобщенного технологического коэффициента полезного действия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Безбабченко А.В., Новиков Э.В., Ковалев М.М., Пучков Е.М. Универсальная линия для переработки льна и пеньки в различные виды готовой продукции // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 1. С. 54...57.
2. Автоматическая линия по производству медицинской ваты из отбеленного короткого льноволокна. /Новое оборудование для текстильного кластера (льняная подотрасль) / Проспект ООО Инженерно-производственная фирма "ТексИнж". – Иваново.
3. Зарубин В. М., Минц Б.И., Шмелева Т. В., Полякова Е. В. Регенерация волокна из отходов на агрегате "кипа-лента" и его возврат в свой технологический процесс // Изв. Ивановского отделения Петровской академии наук и искусств. – Иваново, 2006. С. 24...45.
4. Зарубин В.М., Шмелева Т.В., Полякова Е.В. Регенерация волокна из шляпочного очеса на шляпочной чесальной машине // Изв. Ивановского отделения Петровской академии наук и искусств. – Иваново, 2006. С. 46...53.
5. Патент 140579 РФ, МПК D01G 15/72. Разрыхлительно-чесальная машина / Зарубин В.М., Полякова Е.В., Шмелева Т.В., Терентьева И.Г. и др. – Публ. 10.05.2014. Бюл. №13.

6. Патент 140448 РФ, МПК D04H 1/02. Технологическая линия для выработки медицинской льно-содержащей гигроскопической ваты и нетканого полотна из отходов этого производства / Зарубин В.М., Шмелева Т.В., Полякова Е.В., Куваева С.В. и др. – Оpubl.10.05.2014. Бюл. №13.

#### REFERENCES

1. Bezbabchenko A.V., Novikov Je.V., Kovalev M.M., Puchkov E.M. Universal'naja linija dlja pererabotki l'na i pen'ki v razlichnye vidy gotovoj produkcii // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, № 1. S. 54...57.

2. Avtomaticheskaja linija po proizvodstvu medicinskoj vaty iz otbelennogo korotkogo l'novolokna. /Novoe oborudovanie dlja tekstil'nogo klastera (l'njanaja podotrasl') / Prospekt ООО Инженерно-производственная фирма "ТексИнж". – Ivanovo.

3. Zarubin V. M., Minc B.I., Shmeleva T. V., Poljakova E. V. Regeneracija volokna iz othodov na aggregate "kipa-lenta" i ego vozvrat v svoj tehnologicheskij

process // Izv. Ivanovskogo otdelenija Petrovskoj akademii nauk i iskusstv. – Ivanovo, 2006. S. 24...45.

4. Zarubin V.M., Shmeleva T.V., Poljakova E.V. Regeneracija volokna iz shljapochnogo ochesa na shljapochnoj chesal'noj mashine // Izv. Ivanovskogo otdelenija Petrovskoj akademii nauk i iskusstv. – Ivanovo, 2006. S. 46...53.

5. Patent 140579 RF, МПК D01G 15/72. Razryhlitel'no-chesal'naja mashina / Zarubin V.M., Poljakova E.V., Shmeleva T.V., Terent'eva I.G. i dr. – Opubl.10.05.2014. Bjul. №13.

6. Patent 140448 RF, МПК D04H 1/02. Tehnologicheskaja linija dlja vyrabotki medicinskoj l'nosoderzhashhej gigroskopicheskoj vaty i netkanogo polotna iz othodov jetogo proizvodstva / Zarubin V.M., Shmeleva T.V., Poljakova E.V., Kuvaeva S.V. i dr. – Opubl.10.05.2014. Bjul. №13.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных изделий ИВГПИУ. Поступила 12.12.16.