

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ /  
MANUFACTURING TECHNOLOGY OF TEXTILE AND LIGHT INDUSTRY PRODUCTS

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.54>

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Научная статья

Хосровян Г.А.<sup>1,\*</sup>, Хосровян И.Г.<sup>2</sup>, Хосровян А.А.<sup>3</sup>, Красавин Е.О.<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> Ивановский государственный политехнический университет, Иваново, Российская Федерация

<sup>3</sup> Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (khosrovyan\_haik[at]mail.ru)

**Аннотация**

Рассматривается технологический процесс регенерации волокон из текстильных отходов вплоть до получения одиночных волокон на основе использования в технологической линии разработанного оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки. Разработанное оборудование позволяет более эффективно использовать регенерированные волокна в общем сырьевом балансе текстильной промышленности, а также расширить ассортимент текстильной продукции. Выведено дифференциальное уравнение, моделирующее процесс аэросъема волокна потоком воздуха с зуба гарнитуры вращающегося пыльчатого барабана. Разработана технология изготовления композиционного материала из регенерированных одиночных волокон. Использование разработанного оборудования для регенерации волокон из текстильных отходов в технологических линиях и способа получения многослойных композиционных материалов в текстильной промышленности поможет бизнесу занять новые рыночные ниши, организовать производство новых материалов различного назначения.

**Ключевые слова:** текстильные отходы, регенерация волокон, оборудование для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки, композиционный материал.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR RATIONAL UTILIZATION OF TEXTILE WASTE

Research article

Khosrovyan G.A.<sup>1,\*</sup>, Khosrovyan I.G.<sup>2</sup>, Khosrovyan A.A.<sup>3</sup>, Krasavin E.O.<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup> Ivanovo State Politechnical University, Ivanovo, Russian Federation

<sup>3</sup> Ivanovo State University of Chemical Technology, Ivanovo, Russian Federation

\* Corresponding author (khosrovyan\_haik[at]mail.ru)

**Abstract**

The technological process of regeneration of fibres from textile waste up to single fibres is studied on the basis of using the developed equipment for additional loosening, sorting of fibres, their distribution and transportation in the technological line. The developed equipment allows to use recovered fibres more effectively in the general raw material balance of the textile industry, and also to expand the range of textile products. The differential equation modelling the process of fibre aero-removal by air flow from the tooth of the rotating sawing drum headset is derived. The technology of manufacturing composite material from regenerated single fibres is developed. The use of the developed equipment for regeneration of fibres from textile waste in technological lines and the method of obtaining multilayer composite materials in the textile industry will help business to occupy new market niches, to organize the production of new materials for various purposes.

**Keywords:** textile waste, fibre recovery, equipment for additional loosening, fibre sorting, distribution and transport, composite material.

**Введение**

В целях экономии натурального текстильного сырья на фоне значительного снижения его объемов разрабатываются новые малоотходные и безотходные технологии, новое оборудование и активно развиваются направления рационального использования текстильных отходов, в том числе производство из них пряжи больших линейных плотностей и нетканых материалов [1], [2], [3].

Пряжа больших линейных плотностей используется для производства тканей, которые используются при изготовлении специальной одежды, средств защиты рук, верха специальной обуви, укывных палаток, полов, рюкзаков, тентов и т.д.

Рост объемов производства нетканых и композиционных материалов обусловлен значительным ростом спроса на текстильную продукцию специального назначения.

Производство пряжи, нетканых материалов из бывших в употреблении изделий и текстильных отходов обеспечивает улучшение экологической обстановки окружающей среды, рациональное использование натурального сырья, создание дополнительных рабочих мест [1], [2], [3].

Выпуск качественного регенерированного волокна невозможен без четкой организации технологического процесса и использования современного оборудования. Полный технологический цикл получения регенерированных волокон из текстильных отходов состоит из следующих этапов: приемка и контроль качества сырья, рассортировка

сырья по видам материалов, удаление фурнитуры и мелких деталей, получение регенерированных волокон, прессование, маркировка и упаковка, складирование и формирование партий, хранение готовой продукции.

Однако получение регенерированных волокон и использование их в производстве пряжи показывает отрицательное воздействие комплексов волокон, которые содержатся (более 30%) в волокнистой массе после регенерации, на протекание технологического процесса прядения на пневмомеханических и кольцепрядильных машинах.

Поэтому актуальной становится необходимость разработки технологического процесса получения одиночных волокон после регенерации на основе создания оборудования для максимального выделения из волокнистой массы одиночных волокон благодаря обеспечению повторного расщепления комплексов волокон.

### Основные результаты

Цель работы заключается в повышении эффективности технологических процессов получения текстильной продукции для различных отраслей народного хозяйства с использованием регенерированных волокон из текстильных отходов на основе разработки новых технологий, способов и технологического оборудования.

Научная новизна работы заключается в развитии теории технологических процессов разрыхления, очистки и сьема волокнистой массы.

Выполнены теоретические исследования процессов разрыхления и очистки волокнистой массы в зоне разрыхления разработанного оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения, а также процесса очистки комплексов волокон в зоне их транспортирования для повторного разрыхления.

Результатом теоретических исследований стало получение дифференциального уравнения, моделирующего процесс аэросьема волокна потоком воздуха с зуба гарнитуры вращающегося пыльчатого барабана.

В соответствии со вторым законом Ньютона движение волокна моделируется следующей системой обыкновенных дифференциальных уравнений [4]:

$$\begin{aligned} M_v \ddot{x} &= N + M_v g \sin(\beta + \delta) - M_v \omega^2 R_B \sin \beta + |\vec{F}_a| \cos \beta \\ M_v \ddot{y} &= -F_T - M_v g \cos(\beta + \delta) + M_v \omega^2 R_B \cos \beta + |\vec{F}_a| \sin \beta \end{aligned} \quad (1)$$

где  $M_v$  – масса волокна;

$N$  – сила нормального давления;

$\beta$  – угол наклона передней грани зуба;

$\omega$  – угловая скорость барабана;

$R_B$  – радиус барабана;

$F_a$  – аэродинамическая сила;

$g$  – ускорение свободного падения;

$\delta$  – угол между лучом  $O_aM$  и вертикалью, исходящей из точки  $M$  (рис.1).

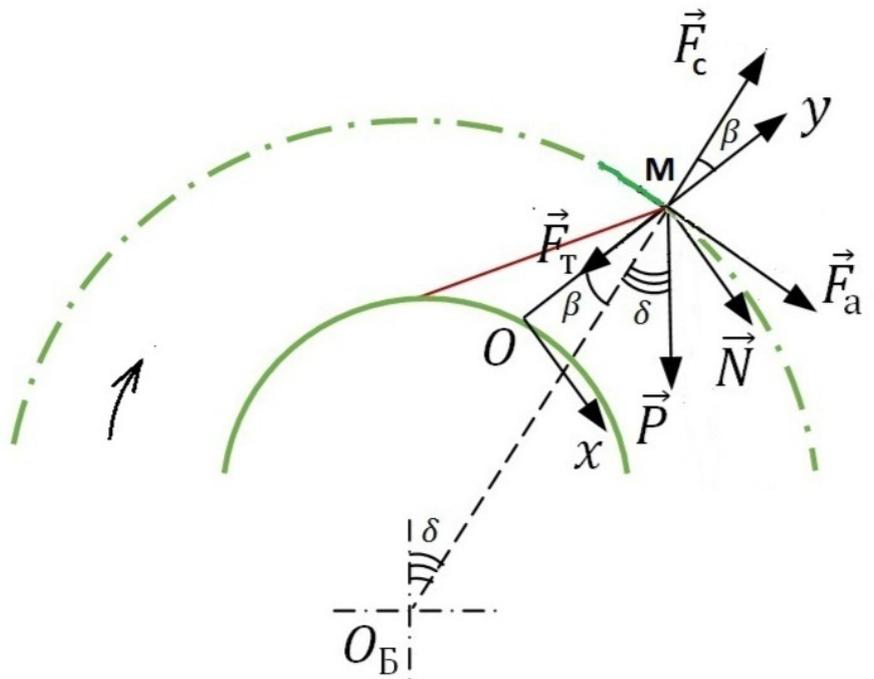


Рисунок 1 - Схема сил, действующих на волокно при аэросьеме

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.54.1>

Принимая во внимание, что волокно во время аэросъема движется по рабочей грани зуба ( $\dot{x} = 0$ ), имеем

$$N = -M_v g \sin(\beta + \delta) + M_v \omega^2 R_B \sin\beta - |\vec{F}_a| \cos\beta \quad (2)$$

Обозначим через  $k$  коэффициент трения волокна о сталь. Так как  $F_m = kN$ , то

$$M_v \ddot{y} = M_v g [k \sin(\beta + \delta) - \cos(\beta + \delta)] + M_v \omega^2 R_B [\cos\beta - k \sin\beta] + |\vec{F}_a| [\sin\beta + k \cos\beta]. \quad (3)$$

Очевидно, что решение уравнения (3) следует получить при следующих начальных условиях:

- 1) при  $t = 0$  центр масс волокна находится в точке  $y = 0$ ;
- 2) при  $t = 0$  скорость центра масс волокна равна нулю  $\dot{y} = 0$ .

Далее условия для решения (3) выбираем из следующих соображений. Обозначим дугу аэросъема через  $\epsilon$ , а время аэросъема –  $\Delta t$ . За время  $\Delta t$  пильчатый барабан повернется на угол  $\epsilon$ , а волокно переместится по рабочей грани зуба от основания зуба до его кончика, то есть на расстояние  $l_p$ .

$$l_p = h_z \sin\beta \quad (4)$$

где  $h_z$  – высота зуба.

Следовательно, задача численного моделирования заключается в том, задаваясь необходимым значением величины дуги аэросъема  $\epsilon$ , подобрать такое значение расхода воздуха в канале аэросъема и такое его сужение, чтобы за время  $\Delta t = \epsilon/\omega$  центр масс волокна преодолел расстояние, равное  $l_p$ .

В настоящее время в Ивановской области появилось несколько новых предприятий, которые занимаются переработкой текстильных отходов с целью получения регенерированных волокон.

На рисунке 2 представлен вид текстильных отходов. Процесс рассортировки сырья по видам материалов, является важным этапом технологического процесса получения регенерированных волокон, так как от качества выполнения рассортировки сырья зависит качество регенерированных волокон.

Для резки текстильных отходов на предприятиях установлены ротационные резальные машины модели АС40 и модели АС 39 фирмы «Vefama» (Польша).

Ротационная резальная машина модели АС 39 предназначена для разрезания текстильных отходов на определенную длину. После резки текстильных отходов на определенную длину они попадают на выводной транспортер с последующей подачей к выпускным валам. Затем нарезанные отходы попадают в многобарабанную щипальную машину, которая предназначена для разволокнения текстильных отходов любого вида и волокнистого состава на отдельные волокна и комплексы волокон.

Подача текстильных нарезанных отходов к многобарабанной щипальной машине может осуществляться с помощью питающих устройств. Разрыхленный волокнистый материал выводится из щипальной машины либо вентилятором, либо с помощью обеспыливающего отводящего устройства. Обеспыливающее устройство содержит два перфорированных барабана, из внутреннего пространства которых отсасывается воздух, пару выпускных валиков и отводящий транспортер.

В процессе расщипывания и очистки волокнистой массы необходимо обеспечить щадящий режим работы оборудования, предохраняющий волокна от механического повреждения.

После многобарабанных щипальных машин регенерированные волокна поступают через трубопровод на пресс для формирования кип.



Рисунок 2 - Сырье - текстильные отходы  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.54.2>

Были проведены экспериментальные исследования для определения характеристик состава волокнистой смеси после регенерации волокон из текстильных отходов перед формированием кип. Устанавливалось количество выделения регенерированных одиночных волокон, комплексов волокон и непрядомых составляющих. Определены

следующие показатели: выход регенерированных одиночных волокон (%); выход комплексов волокон (%); выход непригодных составляющих (%).

В таблице 1 представлена характеристика выхода волокнистой смеси после регенерации волокон из текстильных отходов.

Таблица 1 - Характеристика состава волокнистой смеси после регенерации волокон из текстильных отходов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.54.3>

Наименование составных частей волокнистой смеси после регенерации	Характеристика волокнистой смеси после регенерации
Выход одиночного волокна, %	51,0
Выход комплексов волокон, %	38,0
Короткие одиночные волокна и комплекс волокна, %	8,0
Нескладируемые отходы, %	3,0

Как вытекает из таблицы 1, волокнистая смесь после регенерации содержит не только одиночные волокна, но и комплексы волокон.

Следует отметить, что на предприятиях по переработке текстильных отходов, процентное соотношение составляющих примерно одинаковое [5].

Полученная смесь, состоящая из одиночных и комплексов волокон, в основном используется для изготовления нетканых материалов.

На одном из предприятий по переработке текстильных отходов организовано производство по изготовлению нетканых материалов вязально-прошивным способом. Такие нетканые материалы обычно используются в тех случаях, когда нет особых требований к их качеству. Так, нетканые материалы, полученные вязально-прошивным способом, продают в виде ветоши.

Для обеспечения более эффективного использования регенерированных волокон в общем сырьевом балансе текстильной промышленности и расширения ассортимента текстильной продукции из них необходимо осуществлять максимальное и более качественное расщепление комплексов волокон до получения одиночных волокон.

В связи с этим нами разработана технологическая линия для регенерации волокон из текстильных отходов, обеспечивающая максимальный выход одиночных волокон.

Схема разработанной технологической линии переработки текстильных отходов и получения регенерированных волокон представлена на рисунке 3.

Как следует из рисунка 3, в технологическую линию для переработки текстильных отходов и получения регенерированных волокон включено оборудование для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки [6].

Оборудование для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки (рис. 4) содержит транспортер 1, прижимные валики 2, которые гарантируют равномерное распределение волокнистой массы, поступающей со смесителя непрерывного действия СН-3У по всей рабочей ширине оборудования. Прижимные валики 2 имеют пневматическую нагрузку, которая регулируется в зависимости от вида перерабатываемого волокна и толщины волокнистой массы. Волокнистая масса транспортером 1 направляется к паре питающих валиков 3, обтянутых пыльчатой гарнитурой, которые подводят ее тонким слоем под действие пыльчатого рабочего барабана 4, обтянутого пыльчатой гарнитурой 5. На периферии пыльчатого барабана размещены сороотбойный нож 6 и неподвижный чешущий сегмент 7, а под последним выполнена щель 8 для поступления воздушного потока. Под пыльчатым барабаном расположена распределяющая камера 9, сечение которой представляет прямоугольный треугольник со сторонами а, b, с. На катете b треугольника (камера 9 – зона распределения) размещены попарно сетчатые барабаны 10 и 11. Внутри сетчатых барабанов 10 размещены неподвижные сегменты 12 с пневмоотсосом, а внутри сетчатых барабанов 11 – неподвижные сегменты 13 с пневмоотсосом, имеющие подвижные заслонки 14, меняющие углы раскрытия зоны пневмоотсоса  $\alpha$  и  $\beta$ . За сетчатыми барабанами установлены транспортеры 15 с самогрузочными контролирующими валиками 16. На катете a треугольника (верхняя стенка камеры 9) установлена верхняя контролирующая зона обеспыливания 17 в виде перфорации с пневмоканалом. В нижнем углу треугольника, на пересечении сторон b, c (нижняя наклонная стенка камеры), установлен узел сороудаления 18 в виде щели с трубопроводом, подключенным к пневмоотсосу. Величина угла  $\lambda$  наклона стороны c (гипотенузы треугольника) к горизонтали составляет 55-65°.

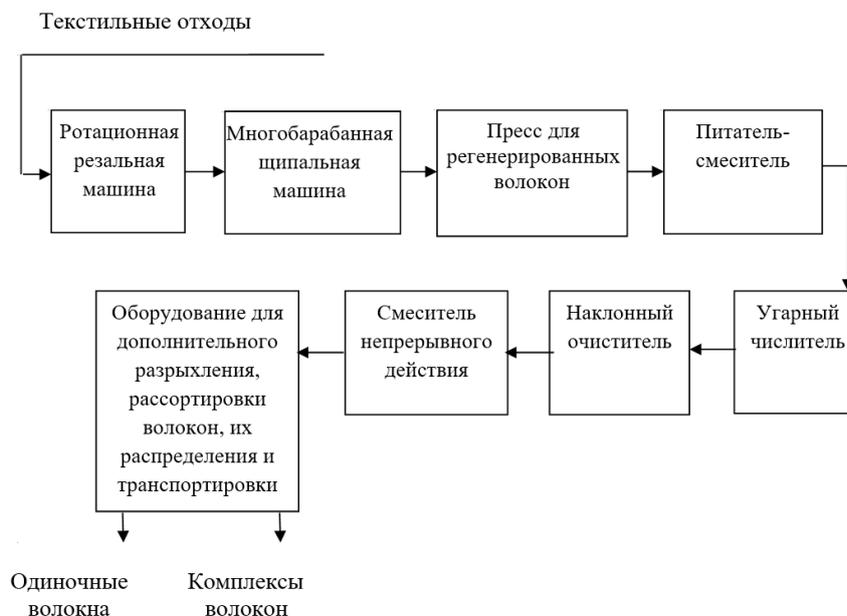


Рисунок 3 - Схема разработанной технологической линии переработки текстильных отходов и получения регенерированных волокон

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.54.4>

Данное оборудование обеспечивает выделение из волокнистой смеси одиночных регенерированных волокон и комплексов волокон. Одиночные волокна (рис. 5) из распределительной камеры направляются в смеситель непрерывного действия СН-ЗУ, далее в бункер чесальной машины для получения настила с последующим получением композиционных материалов, а комплексы волокон направляются на повторное разрыхление для получения одиночных волокон в многобарабанной щипальной машине.

Оборудование для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки было модернизировано за счет усиления приемного узла, который был представлен в виде последовательно и горизонтально установленных пыльчатых барабанов. Сверху и снизу пыльчатых барабанов были установлены сороотбойные ножи и вытяжной канал для непрерывного удаления сорных примесей, непрядомых волокон и мелких текстильных структур, выделяемых из волокнистой массы [7], [8], [9].

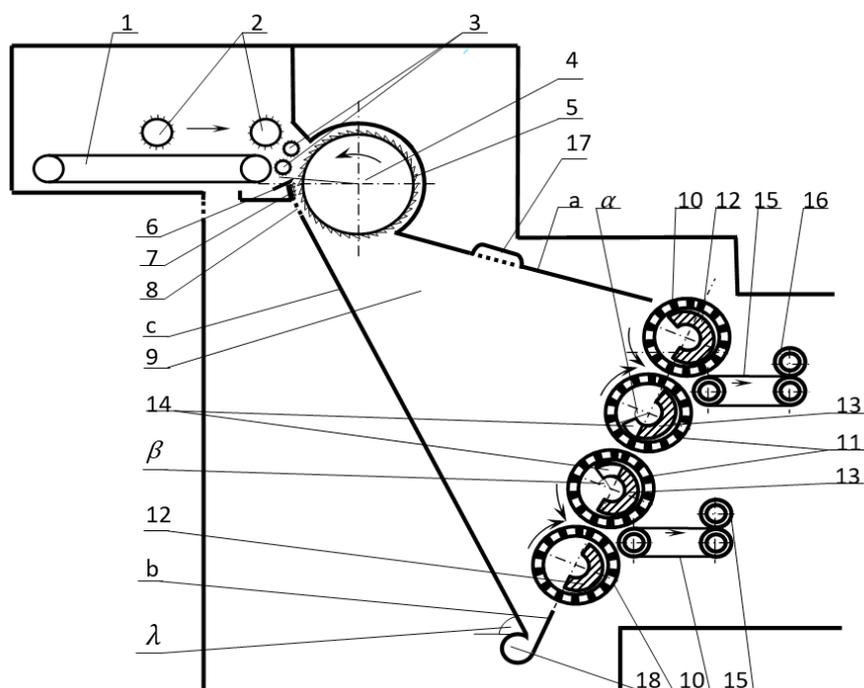


Рисунок 4 - Технологическая схема оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки:

1 - транспортер; 2 - прижимные валики; 3 - питающие валики; 4 - пильчатый рабочий барабан; 5 - пильчатая гарнитура; 6 - сороотбойный нож; 7 - неподвижный чешущий сегмент; 8 - щель для поступления воздушного потока; 9 - распределяющая камера; 10, 11 - попарно сетчатые барабаны; 12, 13 - неподвижные сегменты с пневмоотсосом; 14 - подвижные заслонки; 15 - транспортеры; 16 - самогрузочные контролирующие валики; 17 - верхняя контролирующая зона обеспыливания; 18 - узел сороудаления; a, b, c - стороны сечения распределяющей камеры;  $\alpha$ ,  $\beta$  - углы раскрытия зоны пневмоотсоса

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.54.5>

Для оптимизации местонахождения сороотбойных ножей и разводки между сороотбойными ножами и рабочими пильчатыми барабанами были проведены теоретические исследования, результатом которых явилась математическая модель для расчета траекторий движения непрямоугольных частиц после их взаимодействия с зубьями гарнитуры пильчатых барабанов разработанного оборудования [10], [11], [12].

Были проведены производственные исследования по оценке эффективности работы установленного в технологической линии разработанного оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки.

Для этого были исследованы длины волокон, взятые на многобарабанной щипальной машине и на входе в камеру оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки.

В таблице 2 представлена характеристика выхода состава волокнистой смеси после регенерации текстильных отходов по двум вариантам: первый – с включением в технологическую линию оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки и второй – без включения в технологическую линию оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки.

Таблица 2 - Характеристика выхода состава волокнистой смеси после регенерации текстильных отходов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.54.6>

Наименование составных частей волокнистой смеси после регенерации	С включением оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки	Без включения оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки
Выход одиночного волокна, %	65,3	50,5
Выход комплексов волокон, %	21,7	37,7
Угары в зоне сороудаления, %	6,5	5,9
Угары в верхней зоне обеспыливания, %	1,0	1,0
Угары в верхнем и нижнем	5,5	4,9

сетчатых барабанах, %		
-----------------------	--	--

Процент выхода угаров в зонах сороудаления и в верхней и нижней зонах сетчатых барабанов можно регулировать в зависимости от требований к качеству одиночных регенерированных волокон и соответственно к качеству композиционных материалов.

Целью проведения выше указанных исследований явилась экспертная оценка эффективности технологических режимов разволокнения текстильных отходов на различных участках линии регенерации волокон для выработки рекомендаций производителям.

Для этого были выбраны следующие зоны исследования на технологической линии разволокнения:

- после третьего щипального барабана;
- после шестого щипального барабана;

- на входе в камеру оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки.

Для всех образцов по указанным зонам определялись следующие показатели:

- выход одиночных волокон;
- количество комплексов волокон;
- наличие сора;
- характеристика длины волокна.

Оценка образцов волокнистой массы проводилась при влажности 65% и температуры 24°C, после их выдержки в течение 48 часов. Оценка засоренности волокна проводилась по методике ручного разбора.

Испытания по определению характеристики длины одиночных регенерированных волокон проведены на приборе Жукова.

Состав волокнистой массы по вышеуказанным зонам:

а) после третьего щипального барабана:

- волокно, % 30,1;
- комплексы волокон, % 67,4;

б) после шестого щипального барабана:

- волокно, % 51,2;
- комплексы волокон, % 38,6;

в) на входе в камеру оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки:

- волокно, % 65,3;
- комплексы волокон, % 21,7;
- Угары в зоне сороудаления 6,5.

Средняя длина волокна по вышеуказанным зонам:

а) после третьего щипального барабана:

- средняя длина волокна, мм 21,1;

б) после шестого щипального барабана:

- средняя длина волокна, мм 19,4;

в) на входе в камеру оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки:

- средняя длина волокна, мм 18,8.

Технологический процесс получения одиночных волокон осуществляется следующим образом.

Регенерированные волокна в виде кип подаются к угароочищающему агрегату УО-1, содержащему питатель-смеситель ПС-1, угарный числитель ЧУ-2, наклонный очиститель ОН-6-2, смеситель непрерывного действия СН-3У. Накопленные в смесителе непрерывного действия СН-3У регенерированные волокна подаются на разработанное оборудование для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки (рис. 3).

Таким образом, благодаря использованию в технологической линии разработанного оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки обеспечивается поступление на чесальную машину только одиночных волокон. Полученный на чесальной машине прочес, состоящий из одиночных волокон, можно использовать для получения новых видов более качественных текстильных материалов [12], [13].

Полученные регенерированные волокна были использованы для изготовления многокомпонентного композиционного материала вязально-прошивным способом.

Технологический процесс получения волокнистого холста для многокомпонентного композиционного материала вязально-прошивным способом осуществляется следующим образом.



Рисунок 5 - Регенерированные волокна  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.54.7>

Регенерированные одиночные волокна после разработанного оборудования для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки поступают в смеситель непрерывного действия СН-3У, который предназначен для сбора и передачи волокнистого материала через трубопровод в бункер чесальной машины ЧММ-14Н.

На малогабаритной чесальной машине ЧММ-14Н происходит переработка волокнистой массы и получение прочеса. Она установлена в чесально-вязальном агрегате АЧВ-3 для получения нетканого материала.

Кроме того, в состав чесально-вязального агрегата АЧВ-3 входит преобразователь прочеса ПП-180 и вязально-прошивная машина ВП-3.

На преобразователе прочеса ПП-180 происходит получение волокнистого холста необходимой толщины и ширины посредством многократного сложения элементарной ватки-прочеса, снимаемой со съемного барабана чесальной машины.

Полученный на преобразователе прочеса холст с определенными поверхностной плотностью и шириной направляется на транспортер для сложения с текстильными материалами (ткань, трикотаж, спанбонд) и образования многослойного материала, состоящего из двух слоев материала для армирования и холста. Текстильные материалы для армирования располагаются с нижней и верхней стороны холста.

Для получения многослойного материала из регенерированных волокон была проведена модернизация зоны подачи текстильного материала для армирования (ткани, трикотажа, спанбонда) вязально-прошивной машины, в которой были дополнительно установлены два кронштейна с текстильными материалами для армирования и вспомогательные валики для подачи текстильного материала в зону сложения с холстом. Вспомогательные валики обеспечивают одновременную с подачей холста подачу двух слоев материала для армирования. Материалы для армирования поступают со свободно вращающихся рулонов, расположенных на кронштейнах, установленных сбоку преобразователя прочеса.

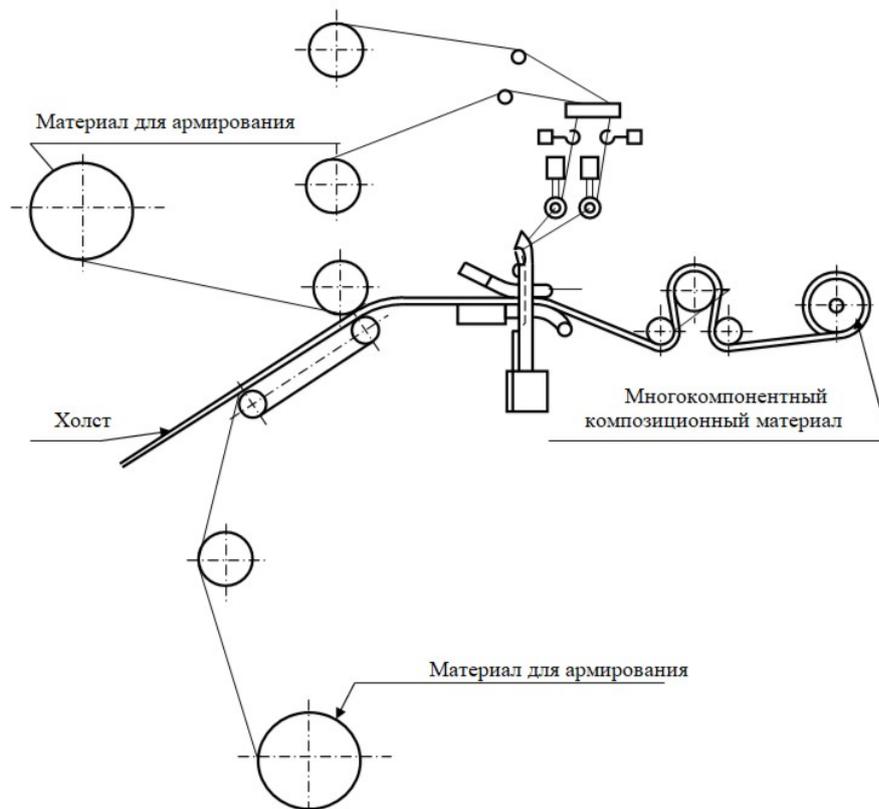


Рисунок 6 - Схема технологического процесса изготовления многокомпонентного композиционного материала после модернизации

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.54.8>

Таким образом, полученный трехслойный материал, состоящий из холста необходимой толщины и ширины посредством многократного сложения элементарного прочеса, снимаемого со съемного барабана чесальной машины, и двух слоев материала для армирования, подается в зону прошивания вязально-прошивной машины.

Схема технологического процесса получения многокомпонентного композиционного материала из текстильных отходов после модернизации представлена на рисунке 6.

Готовый многокомпонентный композиционный материал, полученный на вязально-прошивной машине, наматывается в рулон.

Полученный по разработанной технологии многослойный композиционный материал был использован в мебельном производстве, в строительстве, при изготовлении рабочей одежды и т.д.

### Заключение

Разработанное оборудование для дополнительного разрыхления, рассортировки волокон, их распределения и транспортировки обеспечивает максимальное и более качественное расщепление комплексов волокон до получения одиночных волокон, что позволяет более эффективно использовать их в общем сырьевом балансе текстильной промышленности и расширить ассортимент текстильной продукции.

Была разработана технология изготовления композиционного материала из регенерированных одиночных волокон на основе модернизации зоны питания вязально-прошивной машины.

Расчет экономической эффективности технологического процесса изготовления композиционного материала по разработанной технологии, а также ее сравнение с экономической эффективностью производства нетканого материала (ветоши), выпускаемого на предприятии показал, что годовая прибыль от реализации композиционного материала по разработанной технологии составила 7023,88 тыс. руб., а годовая прибыль от реализации нетканого материала (ветоши) – 3582,66 тыс. руб.

Таким образом, использование наших разработок в текстильной промышленности поможет бизнесу занять новые рыночные ниши, организовать производство новых материалов различного назначения.

**Финансирование**

Исследование выполнено при финансовой поддержке Ивановского государственного политехнического университета.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Рецензия**

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

**Funding**

The study was carried out with financial support of Ivanovo State Polytechnic University.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Review**

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

**Список литературы / References**

1. Фролов В.Д. Производство текстильных материалов на основе малоотходной технологии / В.Д. Фролов, Д.Н. Саприкин, И.В. Фролова. — Куравское, 1995. — 268 с.
2. Фролова И.В. Теория и практика получения и использования регенерированных волокон / И.В. Фролова. — Иваново: Комитет государственной статистики, 1999. — 523 с.
3. Кахраманов Ф.Р. Новые технологии регенерации отходов текстильного производства и способы получения пряжи из них / Ф.Р. Кахраманов, В.Д. Фролов. — Иваново: ИГТА, 2005. — 292 с.
4. Хосровян Г.А. Теория и технологии подготовки волокнистой массы для производства текстильной продукции: монография / Г.А. Хосровян, А.Г. Хосровян, И.Г. Хосровян; под общ. ред. Г.А. Хосровяна. — Москва: РУСАЙНС, 2023. — 254 с.
5. Хосровян И.Г. Совершенствование технологического процесса разрыхления текстильных отходов / И.Г. Хосровян, А.А. Жукова, Г.А. Хосровян // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2023): сборник материалов XXVI международного научно-практического форума. — Иваново, 2023. — С. 205–207.
6. Пат. 2471897 Российская Федерация. Способ получения многослойных волокнистых материалов и устройство для его осуществления / Г.А. Хосровян, А.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, И.Г. Хосровян, Т.В. Жегалина. — Опубл. 10.01.2013.
7. Хосровян И.Г. Общая теория динамики волокнистых комплексов в процессе их взаимодействия с рабочими органами разрыхлителя / И.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2012. — № 6. — С. 194–197.
8. Хосровян А.Г. Математическое моделирование процесса очистки волокнистых материалов в разрыхлительно-очистителе / А.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Международный научно-исследовательский журнал. — 2021. — № 4 (106). — Ч. 1. — С. 86–92.
9. Хосровян А.Г. Теоретические исследования процесса движения волокнистого клочка по рабочему элементу барабана разрыхлителя-очистителя / А.Г. Хосровян, А.А. Жукова, И.Г. Хосровян [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — 2022. — № 7. — Ч. I. — С. 23–31.
10. Хосровян И.Г. Математическое моделирование процесса разрыхления волокнистой массы в зоне колосниковой решетки на разработанном оборудовании / И.Г. Хосровян, С.А. Родионов, А.А. Жукова [и др.] // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2023. — № 1. — С. 127–132.
11. Хосровян Г.А. Общая теория процесса выделения сора из волокнистого продукта при обработке пыльчатой поверхностью / Г.А. Хосровян, Я.М. Красик // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1998. — № 5. — С. 26–29.
12. Тувин М.А. Математическое моделирование аэродинамической рассортировки волокон в устройстве для получения многослойных нетканых материалов / М.А. Тувин, И.Г. Хосровян, Т.Я. Красик [и др.] // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2015. — № 6. — С. 119–122.
13. Хосровян А.Г. Движение волокнистых комплексов в процессе их аэродинамического съема в камере распределения / А.Г. Хосровян, И.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Международный научно-исследовательский журнал. — 2021. — № 3 (105). — Ч. 1. — С. 84–88.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Frolov V.D. Proizvodstvo tekstil'nyh materialov na osnove malootходnoy tehnologii [Production of textile materials on the basis of low-waste technology] / V.D. Frolov, D.N. Saprikin, I.V. Frolova. — Kuravskoe, 1995. — 268 p. [in Russian]
2. Frolova I.V. Teorija i praktika poluchenija i ispol'zovanija regenerirovannyh volokon [Theory and practice of production and use of regenerated fibers] / I.V. Frolova. — Ivanovo: State Statistics Committee, 1999. — 523 p. [in Russian]
3. Kahramanov F.R. Novye tehnologii regeneracii othodov tekstil'nogo proizvodstva i sposoby poluchenija prjazhi iz nih [New technologies of textile waste recovery and methods of yarn production from them] / F.R. Kahramanov, V.D. Frolov. — Ivanovo: IGTA, 2005. — 292 p. [in Russian]
4. Hosrovjan G.A. Teorija i tehnologii podgotovki voloknistoj massy dlja proizvodstva tekstil'noj produkcii: monografija [Theory and technologies of fiber mass preparation for textile production: monograph] / G.A. Hosrovjan, A.G. Hosrovjan, I.G. Hosrovjan; ed. by G.A. Hosrovjan. — Moscow: RUSAJNS, 2023. — 254 p. [in Russian]
5. Hosrovjan I.G. Sovershenstvovanie tehnologicheskogo processa razryhlenija tekstil'nyh othodov [Improvement of the technological process of loosening textile waste] / I.G. Hosrovjan, A.A. Zhukova, G.A. Hosrovjan // Fizika voloknistyh

materialov: struktura, svojstva, naukoemkie tehnologii i materialy (SMARTEX-2023) [Physics of fiber materials: structure, properties, knowledge-intensive technologies and materials (SMARTEX-2023)]: proceedings of the XXVI International Scientific and Practical Forum. — Ivanovo, 2023. — P. 205–207. [in Russian]

6. Pat. 2471897 Rossijskaja Federacija. Sposob poluchenija mnogoslojnyh voloknistyh materialov i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija [A method for producing a multilayer fibrous materials and device for its implementation] / G.A. Khosrovyan, A.G. Khosrovyan, T.Ya. Krasik, I.G. Khosrovyan, T.V. Zhegalina. — Publ. 10.01.2013. [in Russian]

7. Hosrovjan I.G. Obshhaja teorija dinamiki voloknistyh kompleksov v processe ih vzaimodejstviya s rabochimi organami razryhlitelja [General theory of dynamics of fiber complexes in the process of their interaction with the working bodies of the opener] / I.G. Hosrovjan, T.Ja. Krasik, G.A. Hosrovjan // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti* [Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology]. — 2012. — № 6. — P. 194–197. [in Russian]

8. Khosrovyan A.G. Matematicheskoe modelirovanie processa ochistki voloknistyh materialov v razryhlitele-ochistitele [Mathematical modeling of the cleaning process of fiber materials in the opener-cleaner] / A.G. Khosrovyan, G.A. Khosrovyan // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Research Journal]. — 2021. — № 4 (106). — Pt. 1. — P. 86–92. [in Russian]

9. Hosrovjan A.G. Teoreticheskie issledovaniya processa dvizhenija voloknistogo klochka po rabochemu jelementu barabana razryhlitelja-ochistitelja [Theoretical studies of the process of movement of fiber shreds on the working element of the drum of opener-cleaner] / A.G. Hosrovjan, A.A. Zhukova, I.G. Hosrovjan [et al.] // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Research Journal]. — 2022. — № 7. — Pt. I. — P. 23–31. [in Russian]

10. Hosrovjan I.G. Matematicheskoe modelirovanie processa razryhlenija voloknistoj massy v zone kolosnikovoj reshetki na razrabotannom oborudovanii [Mathematical modeling of the process of fiber mass opening in the grate zone on the developed equipment] / I.G. Hosrovjan, S.A. Rodionov, A.A. Zhukova [et al.] // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti* [Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology]. — 2023. — № 1. — P. 127–132. [in Russian]

11. Khosrovyan G.A. Obshhaja teorija processa vydelenija sora iz voloknistogo produkta pri obrabotke pil'chatoj poverhnost'ju [General theory of the process of separation of litter from a fibrous product during processing with a sawed surface] / G.A. Khosrovyan, Ja.M. Krasik // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti* [Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology]. — 1998. — № 5. — P. 26–29. [in Russian]

12. Tuvin M.A. Matematicheskoe modelirovanie ajerodinamicheskoy rassortirovki volokon v ustrojstve dlja poluchenija mnogoslojnyh netkanyh materialov [Mathematical modeling of aerodynamic sorting of fibers in the device for producing multilayer nonwovens] / M.A. Tuvin, I.G. Hosrovjan, T.Ja. Krasik [et al.] // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti* [Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology]. — 2015. — № 6. — P. 119–122. [in Russian]

13. Khosrovyan A.G. Dvizhenie voloknistyh kompleksov v processe ih ajerodinamicheskogo s'ema v kamere raspredelenija [Movement of fibrous complexes during their aerodynamic removal in the distribution chamber] / A.G. Khosrovyan, I.G. Hosrovjan, G.A. Hosrovjan // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Research Journal]. — 2021. — № 3 (105). — Pt. 1. — P. 84–88. [in Russian]