

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

*Е. Л. Зими́на,
А. Г. Коган, В. И. Ольшанский*

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ
ОТХОДОВ**

Монография

Витебск
2019

УДК 677.08.002.8
ББК 37.23
3 62

Рецензенты:

заведующий кафедрой «Технология текстильных материалов»,
д.т.н., профессор Рыклин Д. Б.;

заведующий кафедрой «Экология и охрана природы»
УО «ВГУ им. П.М. Машерова», к.б.н., доцент Сушко Г. Г.

Рекомендовано к изданию Советом УО «ВГУ»,
протокол № 8 от 28.02.2019.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
УО «ВГУ», протокол № 2 от 27.02.2019.

Зими́на, Е. Л.

3 62 Технологические и теоретические основы получения материалов с
использованием текстильных отходов : монография / Е. Л. Зими́на, А. Г.
Коган, В. Л. Ольшанский. – Витебск : УО «ВГУ», 2019. – 230 с.
ISBN 978-985-481-617-3

Монография предназначена для организации самостоятельной работы
студентов специальности 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных
изделий» специализации 1-50 01 02 01 «Технология швейных изделий».

УДК 677.08.002.8
ББК 37.23

ISBN 978-985-481-617-3

© УО «ВГУ», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ВИДЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ, ПРОБЛЕМЫ СБОРА, УТИЛИЗАЦИИ И ИХ ПЕРЕРАБОТКИ	8
1.1 Анализ видов текстильных отходов предприятий легкой промышленности и целесообразности их переработки	8
1.2 Основные направления переработки текстильных отходов	35
2 ПРОИЗВОДСТВО НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ	40
2.1 Классификация и общая характеристика ассортимента нетканых материалов	41
2.2 Технологический процесс подготовки текстильных отходов к вторичной их переработке	54
2.2.1 Процессы резания текстильных материалов, применяемые в легкой промышленности	55
2.2.2 Теоретические исследования процесса резания текстильных материалов	61
2.2.3 Технологический процесс подготовки текстильных отходов к вторичной их переработке	73
2.3 Технология производства нетканых материалов иглопробивным способом с использованием кромки грунтовой ткани	79
2.4 Технология производства нетканых материалов способом термоскрепления с использованием кромки грунтовой ткани и межлекальных выпадов	81
2.5 Практическое применение полученных нетканых материалов	92
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОВЫШЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ СПОСОБОМ СМЕШИВАНИЯ И ВИБРАЦИИ	100
3.1 Технология смешивания с вибрацией. Дозирование составляющих смеси	104
3.2 Расчет экономического эффекта от внедрения разработанной технологии на примере производства тротуарной плитки	116
3.3 Экономический эффект от внедрения технологии в производство бетонов	119
4 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ	122
4.1 Виды материалов и технологии изготовления асфальта	122
4.1.1 Классификация асфальтовых бетонов	122
4.1.2 Разновидности асфальтовых бетонов	123
4.1.3 Составляющие материалы асфальтового бетона	126
4.1.4 Технология изготовления асфальтобетона	127
4.2 Использование отходов кромки грунтовой ткани в технологии	

изготовления асфальтобетонов	132
4.2.1 Анализ свойств отходов кромки грунтовой ткани	132
4.2.2 Анализ свойств образцов асфальтобетона с использованием измельченной кромки грунтовой ткани	133
4.3 Исследование процесса производства асфальтобетонов с использованием измельченной кромки грунтовой ткани	139
5 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ	146
5.1 Технология композиционных материалов	146
5.1.1 Характеристика используемого сырья	146
5.1.2 Технологический процесс подготовки текстильных отходов к вторичной переработке	149
5.1.3 Технологический процесс получения композиционных текстильных материалов	158
5.1.4 Выбор клеевого состава при производстве обоев, декорированных волокнистым материалом	163
5.1.5 Анализ работы клеевого узла	165
5.1.6 Технологический процесс получения волокнистого покрытия	167
5.1.7 Поверхностное покрытие обоев	169
5.1.8 Процесс сушки композиционных материалов с волокнистым покрытием	170
5.2 Теоретические исследования процессов производства композиционных материалов	171
5.2.1 Исследования процесса нанесения клея валичным способом	171
5.2.2 Теоретические исследования процесса получения композиционных материалов	179
5.3 Экспериментальные исследования процессов, протекающих при формировании композиционного материала	196
5.3.1 Экспериментальное исследование процесса измельчения текстильных материалов	196
5.3.2 Экспериментальное исследование процесса нанесения волокнистого материала на поверхность основы. Оптимизация параметров работы устройства для формирования волокнистого покрытия	197
5.4 Производственная апробация технологического процесса получения композиционных материалов	207
5.4.1 Выпуск опытно-промышленной партии обоев, декорированных волокнистым материалом	207
5.4.2 Перспективное направление в развитии технологии композиционных материалов	211
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	216

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на всех предприятиях легкой промышленности образуются отходы, технологий переработки которых нет в Республике Беларусь. Такие отходы образуются в огромных количествах и не принимаются заготовительными и перерабатывающими организациями, а вывозятся для захоронения, тем самым ухудшая экологическое состояние страны. Поэтому возникает важная научно-техническая задача, заключающаяся в разработке технологических процессов с использованием текстильных отходов.

На сегодняшний день во многих странах Европы, в США, Японии и Китае получили широкое распространение специальные заводы, которые занимаются сжиганием отходов. Они не требуют больших площадей для размещения и захоронения отходов, а процессы не вызывают загрязнение почв и подземных вод.

Считается непозволительной роскошью выбрасывать и уничтожать то, что ещё можно использовать во благо экономики и людей.

Эффективное решение проблемы переработки и утилизации отходов во многом связано с активной инновационной деятельностью и необходимостью внедрения новых дорогостоящих технологий и оборудования.

Поэтому особую значимость для разработки и расширенного внедрения ресурсосберегающих мероприятий и использования вторичных материальных ресурсов имеют:

- создание новых технологий для переработки отходов,
- модернизация оборудования, имеющегося на отечественных предприятиях, комплектации,
- доработка существующих узлов, механизмов и машин, используемых в промышленности.

Каждое предприятие проблему накопления отходов решает по-разному: перерабатывают на собственной базе, реализуют на другие предприятия, но в большей степени отходы утилизируются (это касается всех видов образующихся отходов, в том числе и текстильных).

Наиболее перспективным и экономически эффективным на сегодняшний день является использование вторичных материальных ресурсов для производства многослойных материалов, обладающих повышенными тепло-, звуко- и гидроизоляционными свойствами для различных отраслей промышленности.

Возможность переработки отходов производства актуальна не только с позиции охраны окружающей среды, но с точки зрения экономической выгоды, так как отходы являются дешевым сырьем. Применение текстильных отходов позволит получить продукцию с

более низкой себестоимостью и решить экологическую проблему их накопления.

Научным коллективом УО «ВГТУ» разработан ряд технологических процессов, позволяющих производить продукцию с использованием вторичных материальных ресурсов.

1. Технологический процесс изготовления многослойных материалов аэродинамического способа формирования волокнистого слоя. Данная технология позволяет вырабатывать новый ассортимент бумаги, картона тканей с разноцветным велюровым покрытием без существенных капитальных вложений. Полученный материал имеет текстильный вид, сравнимый с бархатом, велюром, обладает цветовым многообразием, хорошей стойкостью к истиранию, высокой устойчивостью к воздействию ультрафиолетовых лучей и влаги, может служить для декоративных целей, а также выполнять функцию тепло- и звукоизоляционного материала. Для получения данного вида продукции используется аэродинамическое устройство, с помощью которого короткие цветные волокна потоком сжатого воздуха наносятся на предварительно подготовленную основу.

2. Технологический процесс изготовления многослойных материалов механического способа формирования волокнистого слоя. Данная технология позволяет вырабатывать новый ассортимент бумаги, картона, тканей с различным покрытием. Для получения данного вида продукции используется устройство для нанесения волокнистого материала на основу, с помощью которого цветные обрезки нитей или текстильных отходов механическим способом наносятся на предварительно подготовленную основу. Предварительно текстильные отходы измельчаются. Для получения используется устройство, которое позволяет наносить на основу также древесную стружку и льняную кастру при производстве глубоковолокнистых обоев.

3. Технологический процесс изготовления нетканых материалов технического назначения методом горячего прессования. Данная технология позволяет вырабатывать новый ассортимент строительных материалов с высокими физико-механическими показателями. Комбинированные волокносодержащие плиты могут быть использованы в строительной, мебельной, деревообрабатывающей, машиностроительной и других отраслях промышленности в качестве тепло- и звукоизоляции.

В настоящее время работа (по вопросам переработки отходов) сотрудниками кафедры ТТМ и КиТО ведется в двух направлениях:

– переработка отходов производства на тех же предприятиях, где они образуются в основную или дополнительную продукцию без применения специального оборудования;

– переработка отходов производства, которые не могут быть переработаны на тех же предприятиях, однако после подготовки они перерабатываются в материалы различного назначения [33].

Витебский государственный технологический университет

1 ВИДЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ. ПРОБЛЕМЫ СБОРА, УТИЛИЗАЦИИ И ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

1.1 Анализ видов текстильных отходов предприятий легкой промышленности и целесообразности их переработки

Угроза загрязнения окружающей среды может быть снижена за счет максимального использования в производственном процессе отходов, чтобы они были способны снова включиться в циркуляцию вещества в природе. Такая экологическая точка зрения, высказанная еще В. И. Вернадским [43], должна стать основным подходом при решении проблем использования любых отходов вместо их ликвидации (сжигание, захоронение). Это относится и к текстильным отходам, так как также они являются загрязнителями окружающей среды.

Отходы – вещества или предметы, образующиеся в процессе осуществления экономической деятельности, жизнедеятельности человека и не имеющие определенного предназначения по месту их образования либо утратившие полностью или частично свои потребительские свойства.

Отходы производства – отходы, образующиеся в процессе осуществления юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями экономической деятельности (производства продукции, энергии, выполнения работ, оказания услуг), побочные и сопутствующие продукты добычи и обогащения полезных ископаемых.

Использование отходов – применение отходов для производства продукции, энергии, выполнения работ, оказания услуг.

Удаление отходов – деятельность по временному хранению отходов и перевозке их на объекты хранения, захоронения, обезвреживания отходов и (или) на объекты по использованию отходов.

Опасные отходы – отходы, содержащие в своем составе вещества, обладающие каким-либо опасным свойством или их совокупностью в таких количестве и виде, что эти отходы сами по себе либо при вступлении в контакт с другими веществами могут представлять непосредственную или потенциальную опасность причинения вреда окружающей среде, здоровью граждан, имуществу вследствие их вредного воздействия.

Опасные отходы классифицируются по классам опасности: 1 класс опасности – чрезвычайно опасные; 2 класс опасности – высокоопасные; 3 класс опасности – умеренно опасные; 4 класс опасности – малоопасные [98].

Вторичное сырье – вторичные материальные ресурсы, которые подготовлены к использованию для производства продукции, электрической и (или) тепловой энергии (далее – энергия), выполнения

работ, оказания услуг в соответствии с требованиями, установленными техническими нормативными правовыми актами.

Вторичные материальные ресурсы – отходы, которые после их сбора могут быть вовлечены в гражданский оборот в качестве вторичного сырья и для использования которых в Республике Беларусь имеются объекты по использованию отходов.

Захоронение отходов – изоляция отходов на объектах захоронения отходов в целях предотвращения вредного воздействия отходов, продуктов их взаимодействия и (или) разложения на окружающую среду, здоровье граждан, имущество, находящееся в собственности государства, имущество юридических и физических лиц (далее – имущество), не предусматривающая возможности их дальнейшего использования.

Объекты обезвреживания отходов – сооружения (комплекс сооружений) и оборудование, предназначенные для обезвреживания отходов.

Объекты по использованию отходов – сооружения (комплекс сооружений) и оборудование, специально предназначенные для использования отходов.

Объекты хранения отходов – сооружения (комплекс сооружений), предназначенные для хранения отходов.

Подготовка отходов к использованию – деятельность, связанная с выполнением технологических операций, совершаемых с отходами, для обеспечения последующего использования отходов в качестве вторичного сырья.

Удаление отходов – деятельность по временному хранению отходов и перевозке их на объекты хранения, захоронения, обезвреживания отходов и (или) на объекты по использованию отходов [31].

Проблема переработки текстильных отходов требует системного анализа по следующим критериям:

- анализ видов и количества отходов, образующихся на предприятиях легкой промышленности;
- анализ способов и технологий переработки отходов;
- анализ рынков продуктов утилизации текстильных отходов;
- оценка перспектив входа на рынок новых технологий переработки.

Источниками такого анализа являются статическая информация по Республике Беларусь, информация о деятельности предприятий и результаты работы ученых в данном направлении.

К текстильным отходам относятся отходы производства: в виде волокон, пряжи, нитей, лоскутов и обрезков текстильных материалов и отходы потребления в виде бытовых изношенных текстильных изделий. К отходам потребления относятся также отходы производственно-

технического назначения в виде изношенной спецодежды, скатертей, покрывал, постельного белья, штор, гардин и т. д., образующиеся на промышленных предприятиях, на транспорте, в сферах общественного питания и здравоохранения, в медицинских учреждениях, предприятиях бытового обслуживания и т. д.

В самом общем виде все текстильные отходы могут быть распределены на четыре основные группы:

1. К первой группе могут быть отнесены так называемые волокнистые отходы производства, характеризующиеся высоким качеством, которые, как правило, не выходят за стены тех предприятий, где они образуются, а подлежат переработке в основную или дополнительную продукцию без применения специального оборудования.

Например, в хлопчатобумажном производстве к таким видам отходов относятся гребенной и кардный очес, рвань ровницы, колечки и мычка (ОСТ 17-88-86), которые после небольшой дополнительной обработки подлежат переработке в хлопчатобумажную пряжу больших линейных плотностей.

2. Ко второй группе относят текстильные отходы производства, которые не могут быть переработаны на тех предприятиях, где они образуются, а подлежат отправке на специальные фабрики по переработке вторичного сырья. На этих фабриках после операций измельчения (резки) и, возможно, разволокнения они перерабатываются в нетканые материалы различного назначения или в более простую по технологии изготовления продукцию в виде пакли, ваты мебельной и технической, обтирочных концов и т. д.

То или иное назначение нетканого материала зависит, в первую очередь, от сырьевого состава отходов, которые используются для его изготовления. Например, традиционные шерстяные или полшерстяные отходы используются чаще всего для выработки утеплителей для швейной промышленности – ватинов и мебельных прокладок, а отходы синтетических волокон чаще всего применяются для изготовления геотекстильных материалов для транспортного строительства.

3. К третьей группе относятся текстильные отходы производства и потребления, состоящие из химических, хлопковых и смешанных волокон, которые не могут быть в настоящее время переработаны в продукцию ответственного назначения, а используются чаще всего как обтирочный материал или просто подлежат утилизации.

4. К четвертой группе текстильных материалов относятся низкосортные отходы производства, такие как подметь и пух из пыльных камер и т. п., которые практически непригодны для производства продукции. К этой же группе могут быть отнесены отслужившие свой срок промышленные фильтры. Очистка и восстановление таких отходов экономически нецелесообразна.

При наличии специального оборудования они могут быть использованы, например, для получения композиционных материалов, применяемых, в свою очередь, для изготовления волокнистых строительных плит. В настоящее время отходы этой группы чаще всего подвергаются уничтожению посредством сжигания или захоронения.

При решении проблем утилизации текстильных отходов следует иметь в виду, что в настоящее время на специализированных предприятиях по переработке вторичного сырья в основном имеется оборудование для переработки отходов второй группы. Поэтому сбору и заготовке таких отходов уделяется основное внимание.

Для отходов третьей группы требуется специальное оборудование, часто отсутствующее на отечественных предприятиях.

Отходы четвертой группы могут быть после соответствующей подготовки переработаны в материалы строительного назначения, но и здесь в каждом конкретном случае необходимо решить проблемы, связанные с монтажом и переналадкой оборудования, экологической безопасностью производства, его рентабельностью [43].

Приоритетным способом утилизации отходов является метод восстановления ресурсов, то есть сбора, сортировки, подготовки отходов различных видов для последующей рециркуляции, то есть процесса планирования, реализации и контроля товаропотоков из сферы обращения и потребления в целях восстановления ценности или правильной их утилизации. Рециклингу подвергается товар, упаковка (тара), второсортная продукция, отходы производства, излишки материалов. В мире наиболее высокий уровень повторного использования наблюдается по таким ресурсам, как бумага, стекло, алюминий [33].

Экономические проблемы сбора и утилизации отходов в Республике Беларусь, в том числе в текстильной отрасли, во-первых, тесно связаны с большими расходами на охрану окружающей среды, во-вторых, – с необходимостью формирования больших площадей на каждом предприятии для их хранения и расходами предприятий на транспортирование и упаковку этих отходов. Использование вторичного сырья дает народному хозяйству значительный экономический эффект путем экономии первичного природного сырья в натуральном и стоимостном выражениях; трудовых, материальных и финансовых ресурсов на подготовку и освоение запасов первичного природного сырья и строительство новых мощностей; земельных ресурсов за счет снижения площадей для складирования потенциальных вторичных ресурсов и отходов производства и экономии территорий, требуемых для освоения новых ресурсов; водных ресурсов и охраны природных водоемов; а также улучшения показателей, характеризующих состояние атмосферного воздуха.

Еще одним фактором, определяющим целесообразность переработки отходов, является создание дополнительных рабочих мест. Ряд республиканских предприятий эффективно использует отходы основного производства для энергетических целей в качестве топлива (льнозаводы, деревообрабатывающие и мебельные предприятия и другие). Вместе с тем, по сравнению с темпами образования отходов, объемы переработки вторичных материалов остаются очень низкими [43].

Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [98], количество отходов, образующееся в процессе осуществления юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями экономической деятельности, представлено в таблице 1.1. Часть отходов используется, то есть находит применение для производства продукции, энергии, выполнения работ, оказания услуг, а часть удаляется – подлежит временному хранению, перевозке их на объекты хранения, захоронения, на объекты по использованию и обезвреживанию.

Таблица 1.1 – Количество отходов по Республике Беларусь по годам

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Количество образовавшихся отходов, тыс. тонн	44307	40847	40305	52529	49865	49448	55506
Количество использованных отходов, тыс. тонн	12670	13066	20059	16654	12164	13213	15798
Количество удаленных отходов, тыс. тонн	32115	28527	25277	39037	38905	36921	40035
Количество использованных отходов, %	28,6	32,0	49,8	31,7	24,4	26,7	28,5

Как видно из таблицы 1.1, только 28 % отходов используются и находят применение. Количество образующихся и используемых отходов, приходящееся на одного жителя в Республике Беларусь представлено на рисунке 1.1. Из диаграммы видно, что за последние шесть лет наблюдается динамика увеличения количества отходов, приходящихся на одного жителя. А вот количество используемых отходов по сравнению с 2013 годом (40 %) в 2017 году снизилось до 29 % [45, 46].

Если рассматривать количество образующихся отходов по видам экономической деятельности, то на обрабатывающую промышленность приходится в 2016 году 87 % – это 42900,1 тыс. тонн, в 2017 году – 86 % (47855,3 тыс. тонн). Из них при производстве текстильных изделий,

одежды, изделий из кожи и меха образовалось в 2016 году 111,9 тыс. тонн (0,26 %), в 2017 году – 126,6 тыс. тонн (0,27 %).



Рисунок 1.1 – Диаграмма распределения количества образующихся и используемых отходов, приходящихся на одного жителя в Республике Беларусь

Текстильные отходы относятся к третьему классу опасности. Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь [98], таких отходов за 2017 год образовалось 1592,7 тыс. тонн (табл. 1.2).

Таблица 1.2 – Количество отходов в РБ 3-го класса опасности за 2017 год

	Образовалось	Использовано	Удалено	в том числе			
				на объекты хранения	на объекты захоронения	на хранение на территории предприятия	на обезвреживание
Количество отходов, тыс. тонн	1592,7	997,3	657,2	469,9	110,7	51,0	25,5
Количество отходов, %	2,9	6,3	1,6	1,2	10,0	9,2	16,1

Для более полного представления о проблеме накопления отходов было проанализировано более пятидесяти предприятий РБ по производству одежды: УП «Светлотекс», г. Светлогорск; ООО

«Кружево», г. Сморгонь; Филиал ООО «Формель», г. Борисов; ООО «Динамо Программ», г. Гродно; ОАО «Коминтерн», г. Гомель, ЗАО «Калинка», г. Солигорск; ООО «Белль Бимбо», г. Витебск; УП «Сав-Сервис», г. Барановичи; ОАО «Полесье», г. Пинск; ООО «Нелва», г. Брест; ЧПУП «Леди-Текс», г. Минск; ООО «Бустини», г. Бобруйск; ЧТПУП «Икартекс», г. Могилев; ЧПУП «Ромгиль Текс», г. Слоним; ОАО «8 Марта», г. Гомель; ЗАО ОПТФ «Свитанок», г. Орша и др.

В результате анализа установлено, что на каждом из них в год образуется от 2 до 50 тонн текстильных отходов, пути реализации которых представлены в таблице 1.3.

Из таблицы 1.3 видно, что наибольшее количество отходов, образующихся на швейных предприятиях, составляют межлекальные отходы, весовой лоскут, отходы по длине и ширине настила. Эти отходы реализуются не в полном объеме, накапливаются на предприятиях и в дальнейшем утилизируются.

Более детальный анализ использования материалов проведем на примере ОАО «8 Марта», г. Гомель. Анализ использования трикотажных полотен в раскройном цехе данного предприятия представлен в таблицах 1.5–1.7 по годовым показателям за 2014–2016 гг.

Анализируя данные из таблиц 1.3–1.5 использования и фактического расхода полотна видно, что в 2014 и 2015 годах по полотну был перерасход, который составил 3983,85 кг. Данный перерасход возникает из-за тяжелого веса полотна, а также использования большого количества пестровязанных трикотажных полотен в полоску, так как требуется подбор полосок. В 2016 году наблюдается экономия полотна на 2521,43 кг, на показатели 2016 года оказывают влияние: усовершенствование процессов вязания, крашения трикотажных полотен, а также применение в раскройном цехе автоматизированного настилочного раскройного комплекса (АНРК), что обеспечило уменьшение межлекальных отходов из-за исключения операции «разрезание настила на части».

В таблице 1.4 представлено количество отходов, образующихся на швейно-производственном предприятии «Светлотекс».

Для анализа итоговых данных таблиц 1.3–1.5 составлена вспомогательная таблица 1.8.

Таблица 1.3 – Пути реализации текстильных отходов, образующихся на швейных предприятиях РБ

Код отхода	Наименования отхода	Наименования предприятия	Подлежит использованию (объект использования)	Подлежит захоронению (объект захоронения)
1	2	3	4	5
5810919	Отходы (обрезки) для всех видов ткани, образующиеся при раскрое	УП «Светлотекс»	ООО «Третий элемент»	
		УРПП «Слонимская ФХИ»	И. П. Климец, Дятлово	
		ЧПУП «Леди-Текс», г. Минск	И.П. Дерман, Барановичи	
		ООО «Белль Бимбо плюс», г. Витебск	«Заготконтора»	полигон
		УП «Иркатекс», г. Бобруйск	ООО «Андора»	
		ООО «Формель», г. Борисов		Полигон ТКО УП «Жилье», г. Борисов
		ООО «Кружево», г. Сморгонь		Полигон ТКО РУП «Сморгонское ЖРК», Урочище «Черный Бор»
ООО «Динамо Программ», г. Гродно	ЧЗТУП «Заготторг»			
5810919	Отходы (обрезки) для всех видов ткани, образующиеся при раскрое	ОАО «Коминтерн», г. Гомель	г. Добруш ЧУП «Гомелькоопвторресурсы» ООО «Триотекс»	
		ОАО «Полесье», г. Пинск		На полигон
		ООО «Нелва», г. Брест	ООО «Буг Текстиль»	
		ЗАО «Калинка», г. Солигорск	ООО «Караван» г. Жодино	
		ЧУП «Ромгиль-Текс», г. Слоним	ОАО «Антопольская ват-пряд фабрика»	
		ОАО «Элема», г. Минск (при раскрое синтетических тканей)		На полигон
		СООО «Медватфарм»	СООО «Медватфарм»	
		СП ЗАО «Милавица»		КУП «Экорес»
ЧТУП «Сав-Сервис»	ЧТПУП «Климец Чистый город»			

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	
10919	Обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел –15 % и более)	ОАО «Галантея»		КУП «Экорес»	
		ОАО «Алеся»		На полигон	
		УП «Светлотекс»		полигон ОАО «Светлогорск Химволокно»	
		УРПП «Слонимская ФХИ»		Полигон ГУП ЖКХ	
		ООО «Формель», г. Борисов		Полигон ТКО УП «Жилье», г. Борисов	
		ООО «Белль Бимбо плюс», г. Витебск		Полигон	
		ООО «Кружево» г. Сморгонь		Полигон ТКО РУП «Сморгонское ЖРК» Урочище «Черный Бор»	
10919	Обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел –15 % и более)	ООО «Динамо Программ» г. Гродно		Полигон ТБО, д. Рогачи	
		ОАО «Полесье» г. Пинск		Полигон ТКО, г. Пинск	
		УП «Светлотекс»		Полигон ОАО Светлогорск Химволокно»	
		ОАО «Коминтерн»		Полигон ТКО, н.п. Борьба	
		ЗАО «Калинка», г. Солигорск		Полигон ТКО, д. Дубеи	
		ООО «Белль Бимбо плюс», г. Витебск	ООО «Белль Бимбо плюс»		
		ООО «Динамо Программ», г. Гродно	ОУП «Гродноблнефтепродукт»		
5830923 5830925	Отходы пряжи при отделке трикотажных полотен (ворсование, стрижка)	ОАО «Свитанок», г. Жодино	УП «Витебский меховой комбинат»		
		ОАО «8 Марта», г. Гомель		Полигон УП «Экорес»	

Окончание таблицы 1.3

1	2	3	4	5
5813925	Отходы раскроя и пошива трикотажных изделий (обрезь оверлочная)	ОАО «Свитанок», г. Жодино		Полигон ТКО КУП «Оршанская спецавтобаза»
		ОАО «Бобруйсктрикотаж»		Полигон ТКО

Таблица 1.4 – Расчет-обоснование количества отходов швейного производства на швейно-производственном предприятии «Светлотекс»

Наименование отхода	Места хранения отходов		Вид отхода				Периодичность вывоза отходов	
	Характеристика места хранения	Допустимое количество накопления отходов, кг, т, м ³ , шт.	Код отхода	Класс опасности	Количество образования, тонн, шт./год	Допустимое количество накопления отходов, тонн		Количество отходов, необходимое для перевозки (объем 1 тр. ед.), тонн
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отходы винилискожи	40 мешков по 0,5 м ³ (швейный участок, склад сырья). Вес 1 мешка с отходом – 0,05 т 40*0,05 т = 2,0 т	Допустимое количество накопления отходов 2,0 т	5711618	3	2,0 т	2,0 т	1,5 т	До накопления отходов для перевозки в объеме 1 трансп. ед.
Полипропилен, бракованные изделия, обрезки изделий	50 мешков по 0,5 м ³ (склад сырья, склад оборудования). Вес 1 мешка с отходом – 0,03 т 50*0,03 т = 1,5 т	Допустимое количество накопления отходов 1,5 т	5712802	3	1,0 т	1,5 т	1,5 т	До накопления отходов для перевозки в объеме 1 трансп. ед.

Окончание таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Резинотканевые отходы	30 мешков по 0,5 м ³ (швейный участок, склад оборудования). Вес 1 мешка с отходом – 0,05 т 30*0,05 т = 1,5 т	Допустимое количество накопления отходов 1,5 т	5750122	3	1,0 т	1,5 т	1,5 т	До накопления отходов для перевозки в объеме 1 трансп.ед.
Отходы бытового текстильного тряпья (некондиционные)	20 мешков по 0,5 м ³ (склад оборудования), картонные коробки по 0,1 м ³ . Вес 1 мешка с отходом – 0,05 т 20*0,05 т = 1,0 т	Допустимое количество накопления отходов 1,0 т	5810800	3	0,2 т	1,0 т	1,0 т	До накопления отходов для перевозки в объеме 1 трансп.ед.,
Весовой лоскут и «лапша» готовых тканей, лоскут суровых тканей, лоскут весовой ткацкий	120 мешков по 0,5 м ³ (швейный, раскройный участки). Вес 1 мешка с отходом – 0,05 т 120*0,05 т = 6,0 т	Допустимое количество накопления отходов 6,0 т	5811919	3	36,0 т	6,0 т	6,0 т	Не реже 1 раза в 2 месяца
Лоскут, межлекальные выпадки меха искусственного или полотна трикотажного ворсового при раскрое	50 мешков по 0,5 м ³ каждый (швейный участок, склад сырья) Вес 1 мешка с отходом – 0,03 т 50*0,03 т = 1,5 т	Допустимое количество накопления отходов 1,5 т	5812005	Не определен	0,1 т	1,5 т	1,5 т	Долгосрочное хранение
Обтирочный материал, загрязненный маслами, (содержание масел – менее 15 %)	1 металлический контейнер V = 0,15 м ³ (слесарная мастерская)	Допустимое количество накопления отходов 0,01 т	5820601	3	0,01 т	0,01 т	0,01 т	Не реже 1 раза в год

Таблица 1.5 – Анализ использования трикотажных полотен в раскройном цехе за 2014 год

Состав сырья	Количество единиц, шт.	Полотно			Отходы			Уд. вес в общем объеме, %
		по норме	фактически	отклонение	по норме	фактически	отклонение	
		по норме, кг	фактич., кг	экономия / перерасход, кг	по норме, кг	фактич., кг	экономия / перерасход, кг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
х/б	2247470	291661,66	293303,06	1641,40	78041,23	78789,97	748,74	41,51
х/б + вискоза+лен	261	74,62	77,40	2,78	20,71	20,66	-0,05	0,01
х/б/пэф+лайкра	36649	9592,53	9551,01	-41,52	2504,93	2506,95	2,02	1,35
х/б/пэф+х/б+лайкра	22374	7777,65	7960,43	182,78	1885,26	2022,88	137,62	1,13
х/б+п/п (нить мет.)	1440	250,33	256,30	5,97	85,19	87,11	1,92	0,04
х/б+п/п+лайкра	21315	3529,67	3462,03	-67,64	881,06	865,47	-15,59	0,49
х/б+полипропилен	0	8,13	7,80	-0,33	1,13	1,14	0,01	0,00
х/б+полиуретан (лайкра)	1093075	220593,25	220430,18	-163,07	59952,49	60085,28	132,79	31,19
х/б+пэф	267519	52682,81	52370,99	-311,82	13394,65	13319,58	-75,07	7,41
х/б+пэф/х/б	4960	656,26	658,61	2,35	228,22	228,88	0,66	0,09
х/б+термолайт+лайкра	48711	10317,47	10335,23	17,76	2670,10	2674,89	4,79	1,46
х/б+х/б/пэф	6139	327,85	320,5	-7,35	90,17	87,79	-2,38	0,05
ХБ	3749913	597472,23	598733,54	1261,31	159755,14	160690,60	935,46	84,73
вискоза	2418	578,86	579,12	0,26	183,13	184,42	1,29	0,08
вискоза /х/б/лен+ вискоза	839	382,16	380,03	-2,13	99,62	99,21	-0,41	0,05
вискоза/лен+пэф	8961	1660,32	1638,06	-22,26	578,62	571,4	-7,22	0,23
вискоза+пу (лайкра)	77907	19914,28	19990,34	76,06	5531,58	5559,33	27,75	2,83
вискоза+х/б	0	22,81	22,41	-0,40	3,09	3,09	0,00	0,00
Искусств.	90125,00	22558,43	22609,96	51,53	6396,04	6417,45	21,41	3,20
лен/вискоза	21018	5326,61	5527,44	200,83	1825,78	1894,18	68,40	0,78
Лен	21018	5326,61	5527,44	200,83	1825,78	1894,18	68,40	0,78
П/ш	119	30,1	30,09	-0,01	8,01	8	-0,01	0,00
Полушерсть	119	30,10	30,09	-0,01	8,01	8,00	-0,01	0,00

Окончание таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бамбук/пу	5751	366,88	363,5	-3,38	96,91	101,8	4,89	0,05
ПАН	0	74,34	73,2	-1,14	20,17	20,18	0,01	0,01
пэф	0	64,51	65,51	1,00	6,3	6,31	0,01	0,01
пэф (бамбук)	0	9,17	9,00	-0,17	0,50	0,49	-0,01	0,00
пэф/пу	799	115,44	126,10	10,66	35,00	46,82	11,82	0,02
пэф/пу (бамбук)	2019	114,85	122,30	7,45	30,47	33,09	2,62	0,02
пэф/х/б/лен	0	93,64	93,1	-0,54	9,25	9,24	-0,01	0,01
пэф/х/б/лен+пэф+вискоза	0	15,62	15,60	-0,02	7,43	7,43	0,00	0,00
пэф/х/б+лайкра	0	296,28	294,61	-1,67	63,76	63,79	0,03	0,04
пэф/х/б+х/б+лайкра	6096	1390,88	1439,01	48,13	444,71	462,89	18,18	0,20
пэф/х\б/лен+вискоза	10098	4409,91	4463,16	53,25	1445,81	1459,08	13,27	0,63
пэф/хб+хб/пэ+хб	430	45,03	45,00	-0,03	11,67	11,61	-0,06	0,01
пэф+лайкра	5738	1824,18	1815,60	-8,58	569,21	565,90	-3,31	0,26
пэф+пу	0	1559,3	1554,42	-4,88	576,52	576,54	0,02	0,22
пэф+пэу	0	21,35	21,30	-0,05	4,94	4,94	0,00	0,00
пэф+х/б	5146	781,88	791,39	9,51	183,65	186,66	3,01	0,11
Синтетика	36077	11183,26	11292,8	109,54	3506,3	3556,77	50,47	1,60
Тов в кг иск. (вискоза+лайкра)	73763	23866,00	23845,33	-20,67	6230,86	6225,91	-4,95	3,37
Тов в кг синтетика	116462	14151	14126,57	-24,43	4172,10	4161,92	-10,18	2,00
Тов в кг х/б	128014	30391,66	30457,97	66,31	8003,3	8002,43	-0,87	4,31
Итого ТОВ кг	318239	68408,66	68429,87	21,21	18406,26	18390,26	-16,00	9,68
ИТОГО ПО ЦЕХУ	4215491,00	704979,29	706623,70	1644,41	189897,53	190957,26	1059,73	100,00

Таблица 1.6 – Анализ использования трикотажных полотен в раскройном цехе за 2015 год

Состав сырья	Количество единиц, шт.	Полотно			Отходы			Уд. вес в общем объёме, %
		по норме	фактически	отклонение	по норме	фактически	отклонение	
		по норме, кг	фактич., кг	экономия / перерасход, кг	по норме, кг	фактич., кг.	экономия / перерасход, кг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
х/б	2227570	301000,68	302211,36	1210,68	81278,10	83410,17	2132,07	43,09
х/б + вискоза	4956	585,66	601,4	15,74	164,15	184,23	20,08	0,09
х/б/лен+пэф	5395	1399,67	1454,4	54,73	416,55	470,25	53,70	0,21
х/б/пэф+лайкра	84545	21024,76	21117,93	93,17	5586,35	5767,14	180,79	3,01
х/б/пэф+пэф	2819	371,24	407,51	36,27	133,32	166,3	32,98	0,06
х/б/пэф+пэф+лайкра	1504	758,59	819,01	60,42	256,49	263,86	7,37	0,12
х/б/пэф+х/б+лайкра	64271	26846,3	26491,14	-355,16	6508,24	6484,3	-23,94	3,78
х/б+п/п (нить мет.)	2558	389,51	380,3	-9,21	145,3	143,42	-1,88	0,05
х/б+п/п+лайкра	12712	2152,06	2109,51	-42,55	543,28	531,61	-11,67	0,30
х/б+полиуретан (лайкра)	871536	176745,73	177610,95	865,22	48546,59	49558,79	1012,20	25,32
х/б+пэф	170268	29428,87	29400,98	-27,89	7756,17	7838,54	82,37	4,19
х/б+пэф/х/б	3134	421,47	389,5	-31,97	131,64	120,7	-10,94	0,06
х/б+термолайт+лайкра	64212	15049,54	15132,93	83,39	3970,67	4122,92	152,25	2,16
х/б+х/б/пэф	3910	495,85	506,02	10,17	129,61	141,98	12,37	0,07
х/б/пэф+х/б+мет нить	656	125,04	146,01	20,97	46,94	68,1	21,16	0,02
ХБ	3520046	576794,97	578778,95	1983,98	155613,4	159272,31	3658,91	82,52
вискоза	45	6,80	6,80	0,00	1,75	1,75	0,00	0,00
вискоза + пэф	2269	500,08	453,00	-47,08	154,34	137,93	-16,41	0,06
вискоза/лен+пэф	5731	1335,03	1323,6	-11,43	452,00	457,73	5,73	0,19
вискоза/пэф+ (лайкра)	284	78,1	78,1	0,00	21,23	21,28	0,05	0,01
вискоза+п/п +лайкра	0	51,57	52,32	0,75	13,75	13,75	0,00	0,01
вискоза+пу (лайкра)	89556	24641,01	24611,33	-29,68	7271,46	7348,26	76,80	3,51
вискоза+пэф	1947	420,56	391,90	-28,66	126,38	116,37	-10,01	0,06

Окончание таблицы 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
вискоза+х/б	2863	369,8	383,7	13,90	127,53	138,12	10,59	0,05
Искусств.	102695	27402,95	27300,75	-102,20	8168,44	8235,19	66,75	3,89
лен/вискоза	21694	4248,36	4503,91	255,55	1551,04	1813,56	262,52	0,64
лен/х/б+пэф	36	10,80	10,80	0,00	2,80	2,80	0,00	0,00
Лен	21730	4259,16	4514,71	255,55	1553,84	1816,36	262,52	0,64
П/ш+х/б	2086	333,85	318,3	-15,55	100,82	96,15	-4,67	0,05
Полушерсть	2086	333,85	318,3	-15,55	100,82	96,15	-4,67	0,05
Бамбук + пу	8543	654,18	686,91	32,73	181,59	207,27	25,68	0,10
па+лайкра	738	639,5	650,01	10,51	168,11	168,09	-0,02	0,09
полиамидная (пан)	0	23,58	23,71	0,13	1,16	1,16	0,00	0,00
пэф	0	9,3	9,5	0,20	0,48	0,47	-0,01	0,00
пэф (бамбук)	0	13,47	14,32	0,85	1,27	1,29	0,02	0,00
пэф+х/б	41370	16517,7	16650,83	133,13	4003,14	4069,35	66,21	2,37
пэф/х/б/лен	0	73,78	73,70	-0,08	7,29	7,29	0,00	0,01
пэф/х/б/лен+вискоза	11863	4508,36	4567,33	58,97	1507,64	1594,41	86,77	0,65
пэф/х/б+лайкра	2806	1067,39	1063,62	-3,77	271,58	271,22	-0,36	0,15
пэф/хб+хб/пэ+хб	3616	667,75	689	21,25	201,13	222,86	21,73	0,10
пэф+пу	0	1515,11	1509,12	-5,99	575,72	575,29	-0,43	0,22
Синтетика	68936	25690,12	25938,05	247,93	6919,11	7118,7	199,59	3,70
Гов в кг иск. (вискоза+лайкра)	65734	20631,04	20610,21	-20,83	5427,79	5420,77	-7,02	2,94
Гов в кг синтетика	94485	9576,25	9573,73	-2,52	2911,14	2910,59	-0,55	1,37
Гов в кг х/б	154180	34328,9	34321,98	-6,92	9201,68	9196,95	-4,73	4,89
Итого ТОВ кг	314399	64536,19	64505,92	-30,27	17540,61	17528,31	-12,30	9,20
ИТОГО ПО ЦЕХУ	4029892,00	699017,24	701356,68	2339,44	189896,22	194067,02	4170,80	100,00

Таблица 1.7 – Анализ использования трикотажных полотен в раскройном цехе за 2016 год

Состав сырья	Количество единиц	Полотно			Отходы			Уд. вес в общем объёме, %
		по норме	фактически	отклонение	по норме	фактически	отклонение	
		по норме, кг	фактич., кг	экономия / перерасход, кг	по норме, кг	фактич., кг	экономия / перерасход, кг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
х/б	2161455	264864,88	263359,23	-1505,65	71709,74	71857,63	147,89	43,39
х/б/вискоза	1681	314,9	320,62	5,72	109,57	115,98	6,41	0,05
х/б+пэф	278075	49968,64	49402,85	-565,79	13269,97	13183,9	-86,07	8,14
х/б/пэф+ пэф+лайкра	188	137,75	136,5	-1,25	49,75	49,31	-0,44	0,02
х/б/пэф+ хб+лайкра	993	133,49	128,2	-5,29	46,32	44,56	-1,76	0,02
х/б/пэф+лайкра	166414	40807,26	40684,44	-122,82	11140,34	11169,88	29,54	6,70
х/б/пэф+пэф	3383	1040,98	1037,22	-3,76	279,03	274,72	-4,31	0,17
х/б/пэф+хб+лайкра	22184	6945,8	6966,27	20,47	1852,32	1905,54	53,22	1,15
х/б+виск+лён+лайкра	1274	397,12	392,41	-4,71	114,56	114,35	-0,21	0,06
х/б+вискоза	2125	200,14	188,2	-11,94	55,48	51,81	-3,67	0,03
х/б+вискоза+лён	1140	182,73	182,1	-0,63	58,62	58,5	-0,12	0,03
х/б+вискоза+лён+лайкра	263	118,18	117,2	-0,98	24,6	24,42	-0,18	0,02
х/б+лён	986	276,43	258	-18,43	88,19	81,88	-6,31	0,04
х/б+пп+лайкра	25518	4341,25	4325,82	-15,43	1149,05	1154,4	5,35	0,71
х/б+полиуретан (лайкра)	852208	154752,74	155280	527,26	42007,07	42756,23	749,16	25,59
х/б+пп+нить мет	1748	458,2	458,2	0,00	111,82	111,72	-0,10	0,08
х/б+термолайт+лайкра	23234	5654,49	5592,21	-62,28	1417,98	1402,41	-15,57	0,92
х/б+х/б/пэф	29833	10956,2	10984,83	28,63	2555,52	2597,28	41,76	1,81
х/б+х/б/пэф+мет нить	0	0,09	0,1	0,01	0	0	0,00	0,00
ХБ	3572702	541551,27	539814,4	-1736,87	146039,93	146954,52	914,59	88,95
вискоза	2042	714,67	711,8	-2,87	215,33	214,77	-0,56	0,12
вискоза +х/б	2707	430,79	418,2	-12,59	124,63	120,9	-3,73	0,07
вискоза/лен	939	205,94	215,9	9,96	85,8	96,27	10,47	0,04

Окончание таблицы 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
вискоза/пэф+(лайкра)	317	189,92	189	-0,92	47,06	46,75	-0,31	0,03
вискоза+п/п + лайкра	2217	695,76	699,19	3,43	192,47	190,63	-1,84	0,12
вискоза+п/у (лайкра)	86158	22931,31	22319,94	-611,37	6827,12	6615,76	-211,36	3,68
вискоза+пэф	289	78,2	79,5	1,30	22,92	24,65	1,73	0,01
Искусств.	94669	25246,59	24633,53	-613,06	7515,33	7309,73	-205,60	4,06
Лен	0	0	0	0,00	0	0	0,00	0,00
П/ш+х/б	1653	251,45	248,9	-2,55	76,3	76,01	-0,29	0,04
Полушерсть	1653	251,45	248,9	-2,55	76,3	76,01	-0,29	0,04
Бамбук + пу	2504	117,55	118,81	1,26	38,73	40,16	1,43	0,02
па+лайкра	9955	1046,42	997,81	-48,61	285,69	269,4	-16,29	0,16
ПАН	0	6,16	6,2	0,04	0,31	0,31	0,00	0,00
пэф	0	20,12	20,1	-0,02	1,98	1,98	0,00	0,00
пэф+х/б	11786	5410,95	5410,52	-0,43	1357,37	1357,75	0,38	0,89
пэф/х/б/лен+вискоза	644	149,74	149,1	-0,64	45,1	44,85	-0,25	0,02
пэф/х/б+лайкра	221	197,31	197,49	0,18	48,47	48,46	-0,01	0,03
пэф+пу	2163	654,41	642,82	-11,59	255,71	251,93	-3,78	0,11
Синтетика	27273	7602,66	7542,85	-59,81	2033,36	2014,84	-18,52	1,24
Тов в кг иск. (виск+лайкра)	11665	4330,12	4322,41	-7,71	1202,44	1198,17	-4,27	0,71
Тов в кг синтетика	68588	6106,44	6078,89	-27,55	1824,11	1814,54	-9,57	1,00
Тов в кг х/б	133505	24330,81	24256,93	-73,88	6290,12	6265,66	-24,46	4,00
Итого ТОВ кг	213758	34767,37	34658,23	-109,14	9316,67	9278,37	-38,30	5,71
ИТОГО ПО ЦЕХУ	3910055,00	609419,34	606897,91	-2521,43	164981,59	165633,47	651,88	100,00

Таблица 1.8 – Анализ итоговых данных использования трикотажного полотна в раскройном цехе

Состав сырья	Количество единиц	Полотно			Отходы			Уд. вес в общем объеме, %
		по норме	фактически	отклонение экономика / перерасход	по норме	фактически	отклонение экономика / перерасход	
ИТОГО ПО ЦЕХУ 2014 г.	3910055,00	704979,29	706623,70	1644,41	189897,53	190957,26	1059,73	100,00
ИТОГО ПО ЦЕХУ 2015 г.	4029892,00	699017,24	701356,68	2339,44	189896,22	194067,02	4170,80	100,00
ИТОГО ПО ЦЕХУ 2016 г.	3910055,00	609419,34	606897,91	-2521,43	164981,59	165633,47	651,88	100,00

Анализируя годовые итоговые данные (табл. 1.8), наблюдается спад производства, который выражается в уменьшении выпуска за счет годовой разницы в 2015 году на 185599 единиц, в 2016 году – на 119837 единиц. Объем используемого полотна снизился в 2016 году по сравнению с 2014 годом на 95559,95 кг.

Классификация отходов по внешнему виду, сырьевому составу и месту их образования для ОАО «8 Марта» представлена в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Распределение отходов по участкам производства

Брак производства	Вид отходов	Наименование продукции	Сырьевой состав	Характеристика внешнего вида
1	2	3	4	5
Раскройный цех	А	Набор лоскута весовой	Без сортировки по сырьевому составу	Лоскут, образовавшийся при раскрое трикотажного полотна (межлекальные выпадки, детали изделий с пороками), шириной не менее 10 см
Раскройный цех	Б	Набор лоскута весовой	С сортировкой по сырьевому составу	Лоскут, образовавшийся при раскрое трикотажного полотна (межлекальные выпадки, детали изделий с пороками), шириной не менее 10 см

Окончание таблицы 1.9

1	2	3	4	5
Производство чулочно-носочных изделий	В	Набор срывов чулочных	Хлопчатобумажная, смешанная пряжа	Чулочные срывы, не подлежащие роспуску, образующиеся в процессе вязания чулочно-носочных изделий при обрыве нити
	Г	Набор срывов чулочных	Полушерстяная пряжа	Чулочные срывы, не подлежащие роспуску, образующиеся в процессе вязания чулочно-носочных изделий при обрыве нити
	Д	Набор кеттельной обреза	Полушерстяная пряжа	Кеттельная обрезь, образующаяся при зашивке мыска чулочно-носочных изделий
Красильный цех	Ж	Набор срезов кромки	Без сортировки по сырьевому составу	Отходы от среза кромки полотна, образующиеся при раскрое трикотажного полотна
Раскройный цех	И	Отходы трикотажного производства	Без сортировки по сырьевому составу	Текстильные отходы, образующиеся в процессе изготовления трикотажного полотна и трикотажных изделий, несортированные (тюкованные)

Дальнейшее использование отходов предприятия осуществляется на основании инструкции «Нормативы отходов и весовых потерь по технологическим переходам», согласно которой:

- наборы отходов выпускаются без деления на сорта;
- в готовых наборах отходов видов А, Б, В, Г не допускается наличие лоскута и чулочных срывов с большими дырами, масляными пятнами, пятнами от красок и лаков, лоскута с жесткими пропитками, посторонних нетекстильных включений;
- в готовых наборах отходов видов Д, Ж и отходах вида И не допускается наличие загрязненных текстильных отходов, посторонних нетекстильных включений;
- наборы отходов видов А, Б должны быть упакованы в полиэтиленовые пакеты по 10–20 кг или по 1–5 кг;
- наборы отходов видов В, Г, Д, Ж должны быть упакованы в полиэтиленовые пакеты по 1–5 кг;
- на каждую упаковку наборов отходов всех видов, кроме вида И, должен быть прикреплен товарный ярлык с указанием наименования предприятия-изготовителя, продукции, артикула, обозначения технических условий, массы (кг), даты выпуска, номера упаковщика;
- отходы производства вида И после прессования должны быть связаны в тюки;

– по согласованию с потребителем возможны другие виды упаковки.

При этом должны соблюдаться правила приемки:

– отходы трикотажного производства, скомплектованные в наборы видов А–Ж, принимают партиями. Партией считают количество отходов одного наименования, оформленные документами в установленном порядке;

– приемку наборов отходов всех видов, кроме вида И, производят выборочным контролем по качеству;

– приемку отходов вида И проводят по внешнему виду и качеству упаковки тюков;

– качество наборов отходов по внешнему виду и составу сырья проверяется визуально.

Распределение отходов предприятия по видам и их количеству, образующихся в год на ОАО «8 Марта», представлены на рисунке 1.2, в процентном соотношении по цехам – на рисунке 1.3.

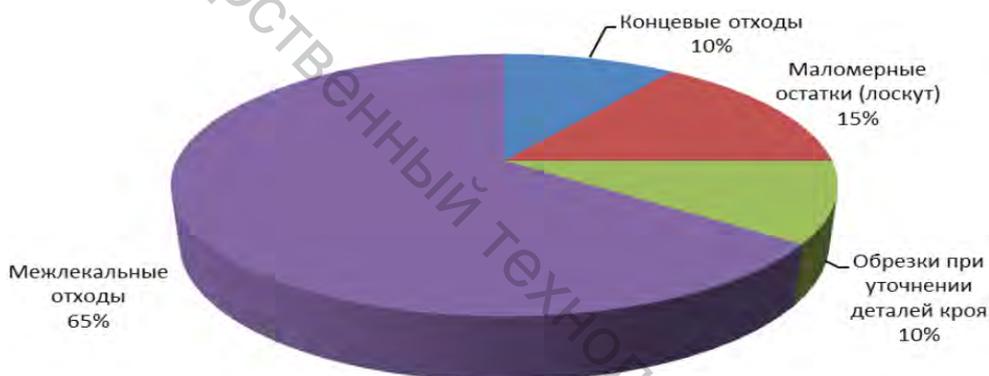


Рисунок 1.2 – Виды текстильных отходов на ОАО «8 Марта», г. Гомель

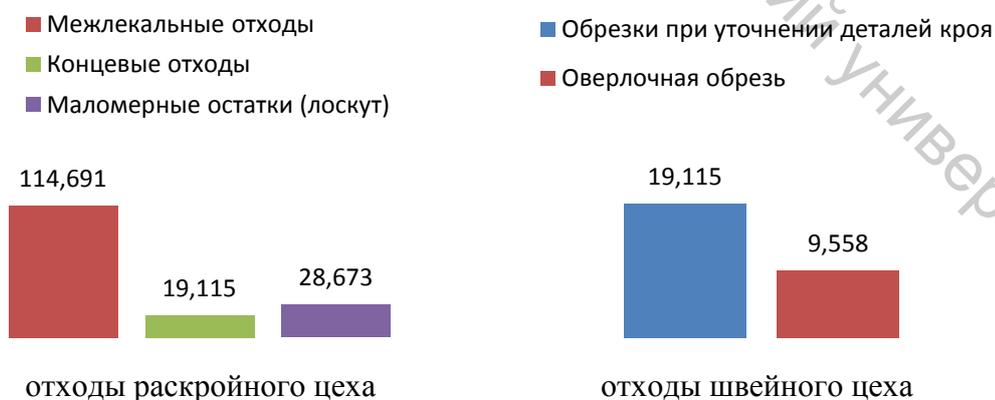


Рисунок 1.3 – Распределение текстильных отходов между раскройным и швейным цехами ОАО «8 Марта», г. Гомель

Проанализировав данные, представленные на рисунках 1.2–1.3, можно сделать вывод о том, что большая часть отходов (85 %) образуется в раскройном цехе предприятия и 15 % в швейном цехе. Наибольший удельный вес в структуре отходов занимают межлекальные отходы, которые представляют большой интерес для предприятия с точки зрения возможности их дальнейшего использования.

Такая же ситуация наблюдается и на предприятиях, осуществляющих изготовление изделий из тканей [74, 76, 99, 100, 107, 108]. Например, на ОАО «Элема» за период с 2011 г. по 2016 г. образовались межлекальные отходы, количество которых представлено в таблице 1.10

Таблица 1.10 – Количество межлекальных отходов, образованных в период с 2011 г. по 2016 г. на ОАО «Элема»

Вид материала	Период	Всего, кг	В том числе из собственного сырья, кг	В том числе из давальческого сырья, кг
1	2	3	4	5
Пальтовые (шерстяные и полушерстяные) ткани	Всего	573 336	218 592	354 774
	2011	125 200	51 200	74 000
	2012	113 300	42 330	71 000
	2013	99 725	38 400	61 325
	2014	103 800	48 380	55 420
	2015	69 200	23 000	46 200
	2016	70 111	23 282	46 829
Костюмные (с содержанием натуральных и синтетических волокон)	Всего	333 375	164 115	169 260
	2011	75 660	38 220	37 440
	2012	73 760	37 480	36 280
	2013	63 452	31 232	32 220
	2014	57970	28 520	29 450
	2015	41 421	21 200	20 221
	2016	31 112	17 463	13 649
Подкладочные ткани	Всего	72 326	41 753	30 572
	2011	17 050	9 800	7 250
	2012	14 840	8 520	6 320
	2013	14 702	7 821	7 421
	2014	9 860	5 580	4 280
	2015	8 027	5 015	3 012
	2016	7 307	5 018	2 289
Клеевой материал	Всего	25 830	13 669	12 161
	2011	5 460	2 820	2 640
	2012	5 025	2 645	2 380
	2013	4990	2 870	2 120
	2014	5 900	3 120	2 780
	2015	2 234	1 014	1 220
	2016	2 221	1 200	1 021
Утеплитель	Всего	20 700	18 360	2 340
	2011	4 630	4 120	510
	2012	4 320	3 840	480
	2013	3 736	3 280	456
	2014	3 391	2 990	401
	2015	2 370	2 130	240
	2016	2 253	2 000	253

Окончание таблицы 1.10

1	2	3	4	5
Искусственный мех	Всего	8 704	129	8 575
	2011	2 103	23	2 080
	2012	1 938	18	1 920
	2013	2 124	24	2 100
	2014	1 041	21	1 020
	2015	728	28	700
	2016	1 800	25	1 775

Также за период с 2011 г. по 2016 г. образовались нерациональные остатки, количество которых представлено в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Количество нерациональных остатков, образованных в период с 2011 г. по 2016 г.

Вид материала	Период	Всего, м	В том числе из собственного сырья, м	В том числе из давальческого сырья, м
Пальтовые (шерстяные и полушерстяные) ткани	Всего	74 060	30 360	43 700
	2011	14 820	6 280	8 540
	2012	15 730	7 310	8 420
	2013	14 460	6 920	7 540
	2014	11 440	5 420	6 020
	2015	8 600	2 400	6 200
	2016	9010	2 030	6 980
Костюмные (с содержанием натуральных и синтетических волокон)	Всего	13 400	6 252	7 148
	2011	2 974	1 320	1 654
	2012	3 231	1 411	1 820
	2013	2 577	1 180	1 397
	2014	2 741	1 223	1 518
	2015	960	610	350
	2016	917	508	409
Подкладочные ткани	Всего	49 109	20 619	28 490
	2011	11 200	4 800	6 400
	2012	11 540	4 720	6 820
	2013	9 580	3 840	5 740
	2014	8 330	3 100	5 230
	2015	4 300	2 100	2 200
	2016	4 159	2 059	2 100
Клеевой материал	Всего	-	-	-
Утеплитель	Всего	5 750	1 820	3 930
	2011	1170	350	820
	2012	1060	280	780
	2013	996	386	610
	2014	740	220	520
	2015	930	380	550
	2016	854	204	650
Искусственный мех	Всего	805,2	11,2	794
	2011	159,5	1,5	158
	2012	166,2	2,2	164
	2013	57,8	2,8	55
	2014	147,7	3,7	144
	2015	180,6	0,6	180
	2016	93,07	0,7	93

Как видно из таблиц 1.10–1.11, количество межлекальных выпадов и нерациональных остатков больше из давальческого сырья. Все остатки от заказов инофирм отдаются на благотворительность либо передаются на захоронение под таможенным контролем.

Межлекальные отходы из собственного сырья сортируются по составу и назначению и реализуются переработчикам. Стоимость межлекальных отходов приведена в таблице 1.12. Нерациональные остатки частично продаются в специальной секции магазина ОАО «Элема» либо их приобретают предприятия для изготовления стелек и головных уборов.

Таблица 1.12 – Стоимость межлекальных отходов

Вид отходов	Цена за 1 кг, руб.	
	Шерстяные	0,60 – продажа в Чехию
Синтетические	0,08	
Межлекальные отходы утеплителя	0,47	

Примечание: стоимость межлекальных отходов по видам материалов представлена по данным ОАО «Элема» на 2017 год.

Согласно данным концерна «Беллепром», отходы швейного производства составляют 4 % от общего количества отходов 3-го класса опасности, а это 63,71 тыс. тонн (табл. 1.2).

На рисунке 1.4 представлена информация по 9 швейным предприятиям, сумма отходов которых составляет более 350 тонн в год.

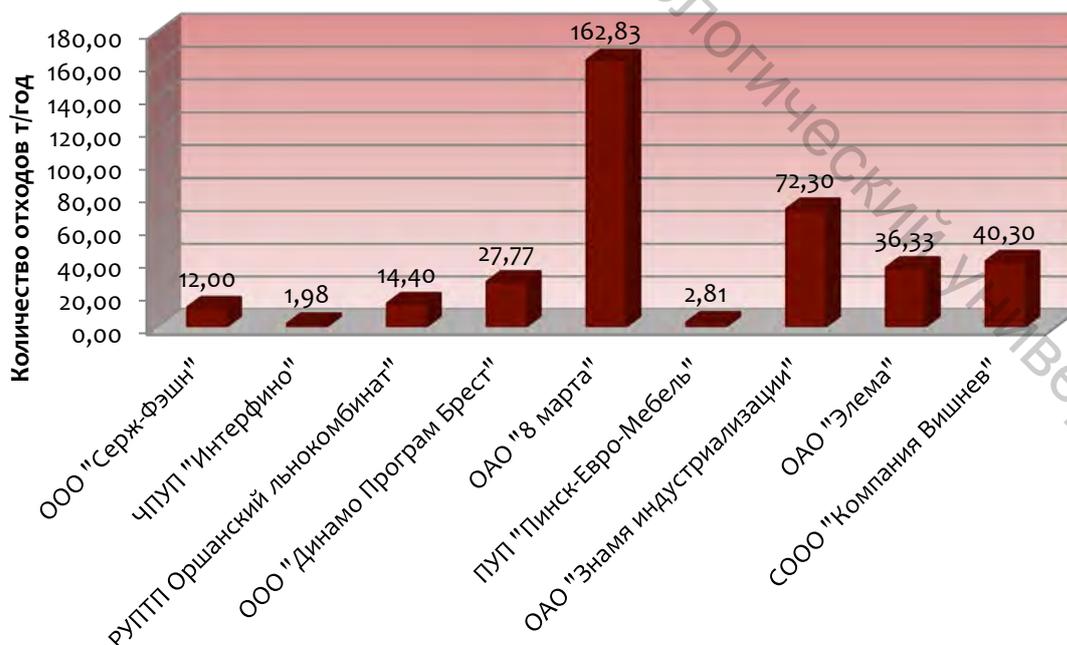


Рисунок 1.4 – Количество образующихся текстильных отходов на швейных предприятиях Республики Беларусь за 2017 год

Данный показатель зависит от мощности предприятия и вида используемого сырья. Такие отходы могут стать составляющей для производства продукции в других сферах промышленности.

Подобная ситуация наблюдается и на других предприятиях Республики Беларусь, работающих с текстилем, например, рассмотрим целесообразность использования отходов в качестве вторичных материальных ресурсов на примере ОАО «Витебские ковры».

Основные виды и количество образующихся отходов на ОАО «Витебские ковры» представлены в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Основные виды и количество образующихся отходов в год на ОАО «Витебские ковры», г. Витебск

Наименование отходов	Количество отходов от собственного производства, тонн	Количество отходов, переданных другим организациям, тонн
1	2	3
ФПКИ (производство прошивных ковровых изделий)		
Концы полиамидных нитей	1,0	–
Обрезки кромки грунтовой ткани	198,3	полигон твердых коммунальных отходов г. Витебска
Обрезки дублирующего материала	3,3	0,3 – ЧТПУ «Белая роса», 3,0 – ФНМ
Обрезь прошивных ковровых покрытий и изделий	50,0	полигон твердых коммунальных отходов г. Витебска
ПТКИ (производство тканых ковровых изделий)		
Концы пряжи и нитей	3,4	3,4 – ФНМ 0,1 т концов ПП нити – ЧП «Экополитекс»
Обрезь кромки тканых ковровых покрытий и изделий	125,9	ФНМ
Кноп стригальный	13,6	13,6 – ЧП «Экополитекс»
Обрезь тканых ковровых покрытий и изделий	190,5	ФНМ

Из таблицы 1.13 видно, что наибольшее количество отходов составляют обрезки кромки грунтовой ткани, обрезь и отходы стрижки ковровых изделий (кноп стригальный). Такие отходы реализуются не в полном объеме, накапливаются на предприятии и подлежат захоронению. А ведь благодаря свойствам исходного сырья они могут быть использованы в производстве нетканых строительных материалов.

Свойства отходов ОАО «Витебские ковры», г. Витебск, представлены в таблице 1.14.

Таблица 1.14 – Свойства отходов ОАО «Витебские ковры», г. Витебск

Наименование отходов	Волокнистый состав	Размеры
1	2	3
ФПКИ		
Концы полиамидных нитей	100 % ПА	
Обрезки кромки грунтовой ткани	обрезки кромки грунтовой ткани с ворсом из текстурированных жгутовых нитей не более 10 рядов	ширина 3–10 см
Обрезки дублирующего материала	лоскут дублирующего материала	длина менее 10 см
Обрезь прошивных ковровых покрытий и изделий	а) часть коврового покрытия или изделия; б) часть коврового покрытия или изделия без ворсовых пучков	одна из сторон размером менее 10 см
ПТКИ		
Концы пряжи и нитей	а) чистшерстяные, шерстяные и полшерстяные; б) синтетические; в) хлопкосодержащие	длина от 0,1 до 5 м длина от 0,1 до 18 м
	г) льняные и джутовые; д) полипропиленовые пленочные; е) полиамидные текстурированные жгутовые и полипропиленовые текстурированные жгутовые; ж) полиамидные; з) полиэфирные; и) отрезки полшерстяной пряжи	длина до 0,1 м (сечка)
Обрезь кромки тканых ковровых покрытий и изделий	Обрезки кромки двухполотных ковровых покрытий и изделий в виде бахромы, состоящие из основных и уточных нитей	
Кноп стригальный	Легкая пушистая масса коротких волокон, получаемая при стрижке ворсовой поверхности ковровых покрытий и изделий	до 0,5 см
Обрезь тканых ковровых покрытий и изделий	а) часть коврового покрытия или изделия; б) часть коврового покрытия или изделия без ворсовых пучков	одна из сторон размером менее 10 см

На рисунке 1.5 представлена структура использования текстильных отходов производства ОАО «Витебские ковры».

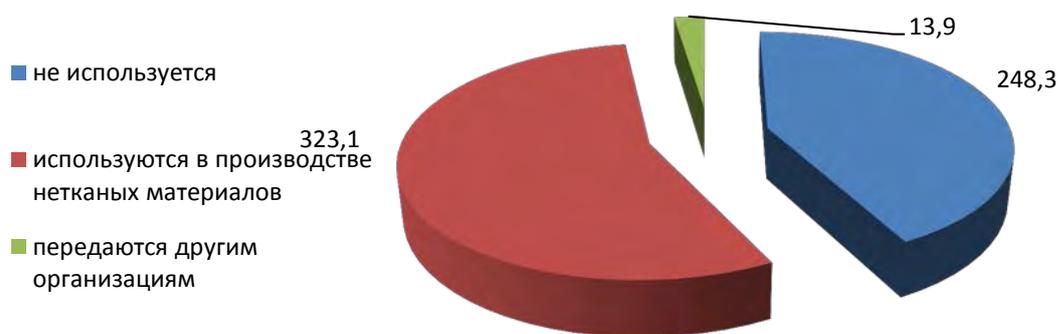


Рисунок 1.5 – Структура использования отходов производства на ОАО «Витебские ковры»

Из рисунка 1.5 видно, что наибольшая часть отходов реализуется, либо используется на других предприятиях в качестве сырья для изготовления различной продукции. Однако 248,3 тонны (42 %) утилизируются, не находя своего дальнейшего применения, тем самым оказывая негативное воздействие на окружающую среду и отрицательное влияние на социо-эколого-экономическое развитие самого предприятия.

Самыми проблемными на ОАО «Витебские ковры», невостребованными, подлежащими утилизации, являются отходы кромки грунтовой ткани. Данный вид отходов образуется при изготовлении тафтинговых покрытий. Объем накопления таких отходов в месяц составляет в пределах 20 тонн. Решение проблемы накопления и утилизации даже одного вида отходов по одному из предприятий Республики Беларусь снизит количество отходов, подлежащих захоронению, на 0,2 %. При хранении и складировании их на предприятии это снижение составит 0,5 % [33].

Если подходить с точки зрения постоянного ежемесячного складирования данного вида отходов с учетом стабильного объема производства и объемной массы отходов ($15,1 \text{ кг/м}^3$), то площадь, необходимая для их хранения, составит (при высоте потолков здания 4 м) 331 м^2 . За год площадь, занятая отходами, будет равна $3973,5 \text{ м}^2$. Что влечет за собой не только нерациональное использование сырья, но и производственных площадей. Это глобальная проблема в рамках не одного предприятия, а предприятий, на которых образуются текстильные отходы по Республике Беларусь, их более 250 [33], поэтому необходимо применять логистические методы к централизованному складированию, транспортированию этих отходов и их переработке.

Суммарные затраты на охрану окружающей среды по РБ за 2017 год составили 919740,7 тыс. руб., из них затраты на охрану окружающей среды от загрязнений отходами – 18,8 % (172934,1 тыс. руб.). На затраты по обрабатывающей промышленности приходится 38

% (65944,9 тыс. руб.). На производство текстильных изделий, одежды, изделий из кожи и меха израсходовано 1844,1 тыс. руб. (1,1 %), что составляет 0,2 % от суммарных затрат на охрану окружающей среды.

В случае снижения количества утилизируемых текстильных отходов в два раза, так как абсолютно безотходного производства не может быть, уменьшение затрат государства на охрану окружающей среды составит 0,1 %, что в денежном эквиваленте, ориентируясь на затраты 2017 года, равно 919,74 тыс. руб. Для предприятий данная сумма является упущенной выгодой. Объем производства по текстильным предприятиям в 2017 году составил 3683068 руб. [90]. Следовательно, упущенная выгода предприятия составляет 0,025 % от общего объема.

Использование методов рационального использования отходов производства за счет централизации их складирования и переработки сулит значительную выгоду для народного хозяйства Республики Беларусь в целом.

Существует схема иерархии управления отходами (рис. 1.6), согласно которой наиболее приемлемым является предотвращение или, в крайнем случае, минимизирование количества образующихся отходов. Вывоз на свалку (захоронение) является наименее предпочтительным вариантом, к которому прибегают в крайнем случае.



Рисунок 1.6 – Схема иерархии управления отходами

Проанализировав данную информацию, можно сделать вывод о том, что проблема по использованию и устранению отходов остро задевает все предприятия на территории Республики Беларусь.

1.2 Основные направления переработки текстильных отходов

Одним из критериев системного анализа проблемы переработки текстильных отходов является анализ способов их переработки.

Представить себе абсолютно безотходное производство невозможно, однако отходы не должны нарушать нормальное функционирование систем.

Вопросы использования отходов для выпуска изделий решаются индивидуально на каждом предприятии, но их переработка является не эффективной для предприятий по ряду причин: большие затраты времени на переработку, создание дополнительных площадей и производств, закупка или модернизация оборудования. В настоящее время швейные предприятия свои отходы используют:

1. В основном производстве:
 - для получения деталей изделий меньших размеров;
 - в качестве деталей отделки основной продукции;
 - в качестве деталей, улучшающих функциональность изделий (перемычек, удерживающих подкладку изделий при эксплуатации);
 - в качестве креплений пачек кроя.
2. При изготовлении не профильной продукции в рамках побочного производства.
3. Реализуют в качестве вторсырья (в свободной продаже и в смежные промышленности).
4. Перерабатывают с целью получения вспомогательных материалов [77].

Из таблицы 1.3 видно, что из анализируемых предприятий 40 % находят пути сбыта своих отходов, 10 % – перерабатывают отходы на собственном производстве. При реализации текстильных отходов в свободной продаже каждое предприятие назначает им отпускную цену. На рисунке 1.7 представлены цены на межлекальные отходы по некоторым из них. Некоторые предприятия предлагают свои отходы по цене от 5 до 50 копеек за 1 кг, но есть и такие, стоимость отходов которых превышает 1 руб. Концевые остатки имеют более высокую стоимость – от 40 копеек до 5 рублей за 1 пог. м и являются наиболее востребованными у населения. Но не исключается и передача текстильных отходов в качестве вторсырья на другие предприятия. Например, ОАО «Светлотекс» отходы нетканых материалов Акваспан и СпанБел, обрезки изделий (после изготовления логотипа в виде вышивки) передают ОАО «Светлогорск-Химволокно» для дальнейшей переработки, которая осуществляется на линии регранулирования RecoSTAR universal 85, установленной в цехе нетканых материалов. Это линии переработки производственных

и бытовых отходов (плёнки, волокон, нетканых материалов, нитей, лент и тканей) без предварительного измельчения [21, 22, 55, 59, 62].

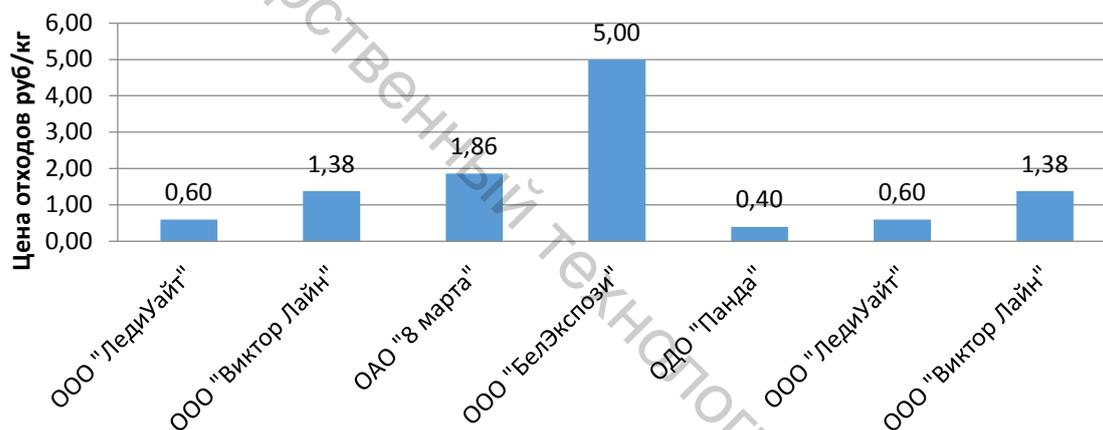
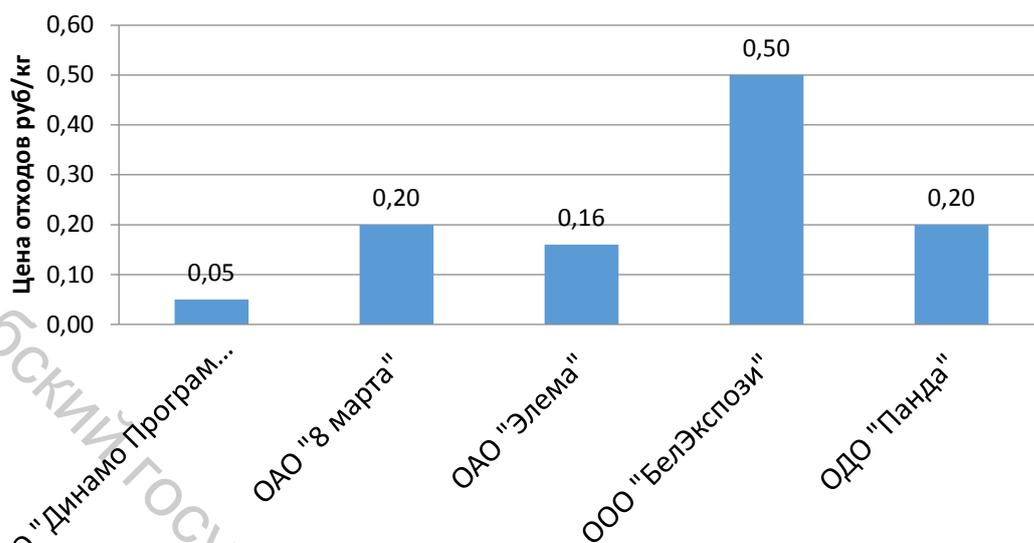


Рисунок 1.7 – Стоимость отходов, реализуемых швейными предприятиями в 2017 году

Из текстильных отходов в настоящее время изготавливают нетканые, композиционные, слоистые материалы различного назначения.

Развитие производства композиционных материалов различного назначения характеризуется повышением прибавочной стоимости, а также совершенствованием технологии и производства. Потребность в таких материалах тесно связана с общим уровнем экономической активности и широким использованием их во многих областях применения, часто для замены других, более дорогих материалов.

К динамично развивающимся композиционным материалам относятся материалы, применяемые при отделке помещений, изготовлении строительных материалов. Это материалы сложного

состава, образующиеся путем сочетания различных фаз с границей раздела между ними.

Комбинируя объемное содержание компонентов, можно получать композиционные материалы с требуемыми значениями прочности, жаропрочности, модуля упругости, абразивной стойкости, а также создавать с необходимыми магнитными, диэлектрическими, радиопоглощающими и другими специальными свойствами [43, 98].

Ассортимент композиционных материалов чрезвычайно широк и многообразен по составу, структуре и способу производства. Существуют различные виды композиционных материалов.

Многослойные композиционные материалы состоят только из слоев синтетических полимеров, в то время как в состав комбинированных материалов входят слои материалов различного типа (бумага, фольга, ткань). Существуют различные виды композиционных материалов.

Многослойные композиционные материалы состоят только из слоев синтетических полимеров, в то время как в состав комбинированных материалов входят слои материалов различного типа (бумага, фольга, ткань) [31].

Стекловолокниты – это композиция, состоящая из синтетической смолы и стекловолокнистого наполнителя.

Карбоволокниты (углепласты) представляют собой композиции, состоящие из полимерного связующего и упрочнителей в виде углеродных волокон (карбоволокон).

Бороволокниты представляют собой композиции из полимерного связующего и упрочнителя – борных волокон.

Органоволокниты представляют собой композиционные материалы, состоящие из полимерного связующего и упрочнителей (наполнителей) в виде синтетических волокон.

Выпускаются комбинированные материалы в виде панелей при использовании бумаги, картона. Картон разрезают на части меньшего размера, смешивают с антипиренами, адгезивами и добавками различного вида, подвергают сжатию при нагревании или охлаждении, после чего высушивают и упаковывают. Кроме бумаги, картона используются отходы и утиль от переработки материалов и волокон самых разных видов и назначения: отходы ткани из натуральных или синтетических волокон (например, отходы производства тканей или промышленные отходы и т. п.), компоненты которых можно использовать отдельно или в сочетании с бумагой, картоном, цветным склеенным картоном и целлюлозой. На рисунке 1.8 представлены основные направления использования текстильных отходов.



Рисунок 1.8 – Основные направления использования текстильных ОТХОДОВ

Существует целесообразность использования отходов в других промышленных сферах: производство строительных материалов, декоративно-отделочных – «жидких» обоев, сухих смесей и т. д.

Нетканые материалы с использованием текстильных отходов находят применение в строительстве: паропроницаемые мембраны применяются для всех видов кровли, а также для стеновых и ограждающих конструкций, обеспечивая вывод водяных паров из теплоизоляции, защищая от попадания внешней влаги и воздействия ветра; паронепроницаемые мембраны препятствуют проникновению водяного пара из внутреннего пространства здания в теплоизоляцию, защищая конструкции наклонных и плоских крыш и стен.

Известны материалы, состоящие из однородных текстильных слоев, например, нетканые материалы, получаемые из расплавов полимеров с водоструйной или воздушной укладкой волокнистой массы, применяемые фирмами C-airlaid (Россия), First Quality Nonwovens (США). Такие материалы выпускаются в виде рулонов для переработки в товары гигиены, технического сектора, медицины, фильтрации [91, 92].

К нетканым материалам можно отнести флизелиновые обои, которые не нуждаются в бумажной основе – они однородны с лицевой и изнаночной сторон. Их можно использовать практически на всех основах, применяемых при отделке помещений.

Ассортиментный анализ выпуска различных видов нетканых и композиционных материалов показывает, что область их применения разнообразна: продукция, используемая в качестве основы под полимерное покрытие (линолеум, столовая клеенка, мягкая кровля, обои и слоистые пластики, прокладочные полотна для швейной промышленности); гео- и агротекстиль; полотна, используемые в качестве теплозвукоизоляции при производстве одежды и обуви,

автомобилей, строительстве трубопроводов, промзданий и жилых домов; фильтрованные, протирачные, медицинские, сангигиенические полотна.

Интересным направлением в разработке ассортимента продукции из текстильных отходов также являются фильтрованные и сорбционные материалы. В настоящее время разработаны фильтрованные материалы для очистки воздуха в деревообрабатывающей, мукомольной, металлургической промышленности. Разработаны композиционные нетканые материалы для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности земли, а также с поверхности воды.

Вторичная переработка отходов – это единственный способ удовлетворения потребностей человечества при минимальном вреде, наносимом окружающей среде, который обладает рядом преимуществ: сбережение ресурсов, сокращение загрязнений, экономическая выгода и др. По результатам системного анализа проблемы переработки текстильных отходов установлено, что:

- одной из актуальных проблем, связанных с ухудшением качества окружающей природной среды, является нерациональное, экологически опасное и неорганизованное размещение отходов. Количество утилизируемых в Республике Беларусь отходов возрастает, опережая их переработку;

- для переработки отходов требуется совершенствование существующих технологий, освоение новых способов производства материалов с использованием отходов;

- проектирование новых видов материалов в соответствии с потребительским спросом и свойствами текстильных отходов, их составляющих.

Основными путями развития технологий материалов с применением текстильных отходов в соответствии с тенденциями развития являются:

- привлечение научно-производственного потенциала к разработкам фирм-производителей;

- использование уже известных конструкторских решений, опыта и знаний сторонних предприятий-производителей различных материалов с использованием текстильных волокон.

Обеспечение наиболее полной переработки текстильных отходов производства в материалы и изделия, пригодные для дальнейшего применения, следует считать главной задачей научно-технического прогресса в области использования вторичных ресурсов.

2 ПРОИЗВОДСТВО НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Текстильные отходы и восстановленные волокна широко используются для производства нетканых материалов, которые изготавливают, минуя стадию выработки пряжи. К нетканым относятся материалы, для изготовления которых не используются ткацкие технологии. Производство нетканых материалов имеет следующие преимущества:

- сокращается производственный цикл и интенсифицируется производство;
- существует возможность использования регенерированных волокон и быстро сменять ассортимент выпускаемой продукции;
- снижается себестоимость продукции;
- сокращается расход материальных и энергетических ресурсов.

Нетканые текстильные материалы (НТМ) получают различными способами. Свойства НТМ зависят от их структуры, на которую влияют характеристика волокнистого сырья, технология формирования и закрепления холста, расположение волокон в холсте и другие параметры технологических процессов.

Наиболее высокими темпами развиваются нетканые материалы, получаемые формированием из расплавов полимеров, а также водоструйной или воздушной укладкой волокнистой массы [93, 94]. Структура потребления данных нетканых материалов охватывает такие незаменимые сферы жизнеобеспечения, как фильтрация, сорбенты, медицина, гигиена, одежда и эластомеры.

Композитные нетканые материалы занимают существенное место в мировом производстве нетканых полотен, сфера их применения значительна – это сельское хозяйство, автомобилестроение, строительная техника, ковровые покрытия, геотекстиль [112].

На рисунке 2.1 представлена схема мирового потребления нетканых материалов в различных сферах производства.

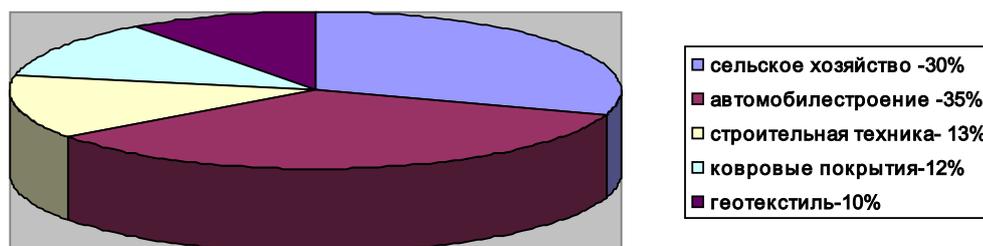


Рисунок 2.1 – Схема мирового потребления нетканых материалов

Процесс получения нетканых материалов в общем случае складывается из следующих основных этапов:

- выбор волокнистого сырья, его разрыхление, смешивание, очистка;
- формирование холста из равномерно распределенных в нем волокон или создание сетки из продольно и поперечно уложенных нитей;
- скрепление волокнистого холста или сетки из нитей различными способами;
- отделка с целью придания нетканому полотну определенных свойств.

От состава сырья зависят основные потребительские свойства нетканого материала. В качестве сырья могут быть использованы натуральные и химические волокна и нити, их смеси, отходы производства химических волокон, отходы трикотажной и швейной промышленности и отходы потребления, состоящие из изношенных текстильных изделий бытового и технического назначения.

2.1 Классификация и общая характеристика ассортимента нетканых материалов

Нетканые материалы классифицируют по различным признакам.

По назначению:

- по срокам использования:
 - на материалы долгосрочного использования (ковры, искусственный мех, геотекстиль);
 - на материалы краткосрочного использования (бинты, салфетки);
- по сфере использования:
 - технические (мебельные, фильтровальные, изоляционные материалы для строительства и сельского хозяйства);
 - бытовые (материалы для изготовления одежды, обуви, ватина, войлока);
 - медицинские (тампоны, перевязочный материал);
 - упаковочные (тарные);
- по сырьевому составу: хлопчатобумажные, полшерстяные, шелковые, льняные, из смешанных волокон;
- по способу производства (в зависимости от технологии и используемого оборудования):

– полученные механическим способом, путем скрепления холста, системы нитей, текстильных полотен и (или) их сочетания с другими (каркасными) материалами:

- вязально-прошивные:
 - нитепрошивные;
 - холстопрошивные;
 - каркаснопрошивные;
- иглопробивные:
 - бескаркасные (холст);
 - каркасные;
- валяльные:
 - бескаркасные;
 - каркасные;
- струйные:
 - бескаркасные;
- полученные физико-химическим способом:
 - клеевые:
 - на основе жидких связующих;
 - на основе твердых связующих;
 - термоскрепленные;
 - полученные бумагоделательным способом;
 - фильерные;
- полученные комбинированным способом.

Механический способ производства. По этому способу нетканые полотна получают путём скрепления холста, системы нитей, текстильных полотен и (или) их сочетания с другими (так называемыми каркасными) материалами. Скрепление происходит за счёт сил трения и сцепления различных компонентов друг с другом при воздействии рабочих органов оборудования на волокнистый материал [96].

В основе вязально-прошивного способа лежит принцип прошивания системы основных и уточных нитей параллельными строчками стежков различных переплетений. В отличие от процесса ткачества, где полотно образуется при переплетении двух систем нитей основы и утка, при выработке прошивных полотен участвуют три системы нитей. На всех машинах для выработки вязально-прошивных нетканых материалов осуществляется процесс петлеобразования, как при производстве трикотажа за исключением того, что на каждую иглу прокладывается отдельная нить [102]. Такие нетканые материалы используются в качестве теплоизоляционных (взамен тканого ватина и др.) или упаковочных материалов, как основа в производстве искусственной кожи и др. На рисунке 2.2 приведена технологическая схема вязально-прошивной машины.

Волокнистый холст 1 подается по решетке 2 в зону петлеобразования, проходит между столом подвижных 3 и 4 неподвижных пластин, выполняющих функции, аналогичные подвижным и неподвижным пластинам на машине ВП-180, уплотняющим холст в момент прокола его пазовыми движковыми иглами, расположенными в игольнице 5. Нити для прошива разматываются с навоев 8 и 9 и с помощью ушковых игл 6 и 7 прокладываются на пазовые иглы. Накатка готового товара осуществляется в верхней части машины на товарный валик 10.

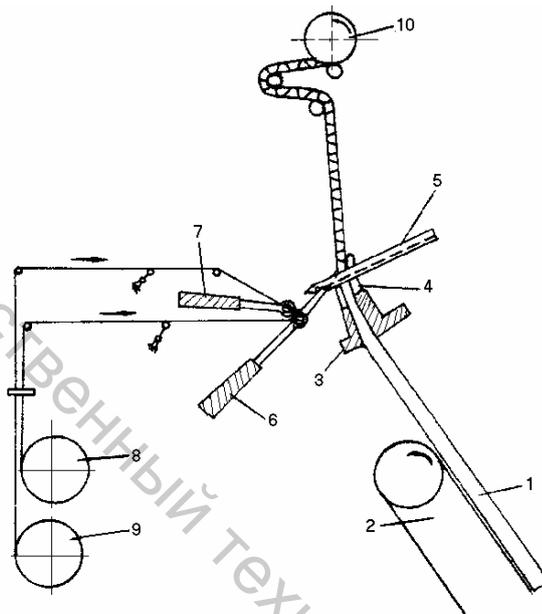


Рисунок 2.2 – Технологическая схема машины «Арахне»

Холстопршивные полотна изготавливаются путем прошивания волокнистого холста нитями, которые закрепляются на вязально-пршивной машине системой нитей любым трикотажным переплетением. Особенностью полотна этого типа является наличие крупной зигзагообразной цепочки. Они находят применение в качестве теплоизоляционных (например, ватин), упаковочных материалов, основ при производстве искусственной кожи.

Нитепрошивные полотна целиком состоят из нитей. Они образуются при прошивании системы из двух нитей – продольных и поперечных – третьей системой на вязально-пршивной машине путем их провязывания. Они имеют пористое строение. Так получают декоративные полотна, полотенца, верхнюю одежду.

Тканепрошивные полотна по своему строению могут быть махровыми и ворсовыми. Изготавливаются на базе легкого каркаса, прошитого системой ворсовых нитей. Каркасом может служить ткань, трикотажные полотна, нитепрошивные полотна. В качестве

характеристик нетканых вязально-прошивных полотен используют плотность прошива по длине, по ширине, длину нити в петле.

Иглопробивная технология производства нетканых полотен заключается в перепутывании волокон между собой при прокалывании холста специальными иглами с зазубринами с помощью иглопробивных машин. В результате образуется очень плотная пространственная структура, отличающаяся высокой прочностью к механическим воздействиям. Этой технологией вырабатываются сукна шириной до 15 м для бумагоделательных машин, технические «рукава», узорчатые петельные материалы, рельефные напольные покрытия, изделия с заданной формой, одеяла, фильтры. При их производстве наиболее часто используется технология «спанбонд», позволяющая обеспечить высокие физико-механические свойства (в частности, изотропность), а также стойкость к различным химическим соединениям (щелочам, кислотам). Получаемый при этом материал не подвержен гниению, воздействию грибков и плесени, прорастанию корней. К таким полотнам относится и иглопробивной синтепон, он выглядит более плотным и внешне кажется менее теплым. Связи между волокнами устанавливаются на специальном оборудовании игольчатыми гребёнками, которые переплетают между собой волокна внешних слоев. Такой синтепон гарантирует сохранение своих свойств после стирки [93, 94].

Типичный механизм процесса одностороннего иглопробивания представлен на рисунке 2.3.

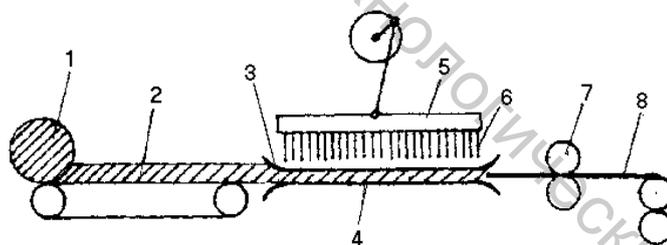


Рисунок 2.3 – Принципиальная схема работы иглопробивной машины

Холст 1, подаваемый транспортером 2, подвергается воздействию игольной плиты 5 (с иглами 6), приводящейся в движение кривошипно-шатунным механизмом. В зоне иглопрокалывания холст находится между перфорированными плитами 4 и 3. Нижняя перфорированная плита 4 поддерживает холст и служит для регулировки глубины прокалывания, ее часто называют подкладочным столом. Верхняя перфорированная плита 3 поднимает холст и служит для очистки игл от волокон при обратном их движении. Оттягивающие валки 7 оттягивают готовый материал 8 и одновременно протягивают холст через зону иглопрокалывания.

У большинства иглопробивных машин подача волокнистого материала осуществляется прерывисто. Однако в последние годы в различных конструкциях иглопробивных машин, особенно работающих с повышенной частотой прокалывания 16–20 Гц (800–1200 мин⁻¹), предпочтение отдается непрерывной подаче.

Валяльно-войлочным способом получают нетканые материалы из чистошерстяных волокон или смеси их с химическими (до 40 %) путем механических воздействий на волокнистый слой во влажной среде при повышенной температуре [118]. Шерстяные волокна в этих условиях свойлачиваются (перемещаются, переплетаются, уплотняются), образуя войлок. Полученный полуфабрикат подвергают валке на различных машинах для дальнейшего уплотнения, усадки и придания ему заданной формы и размеров. Затем валяное полотно или изделие направляют на мокрую отделку, сушку и сухую отделку. Этим способом получают войлоки, валяные и фетровые изделия (валенки, головные уборы).

Струйные полотна. Метод основан на скреплении волокнистого холста тонкими струями жидкости или газа, которые выбрасываются под давлением с большой скоростью. Наиболее распространено применение струй воды. Одним из представителей струйных полотен является нетканое полотно из микроволокон – микроспан.

Технология Спанлейс (рис. 2.4) появилась в 60-х годах прошлого века, но впервые была официально представлена фирмой DuPont в 1973 году (материал Сонтара®). В 90-х годах прошлого века струйная технология значительно шагнула вперед и стала более производительной и доступной для многих производителей нетканых материалов.

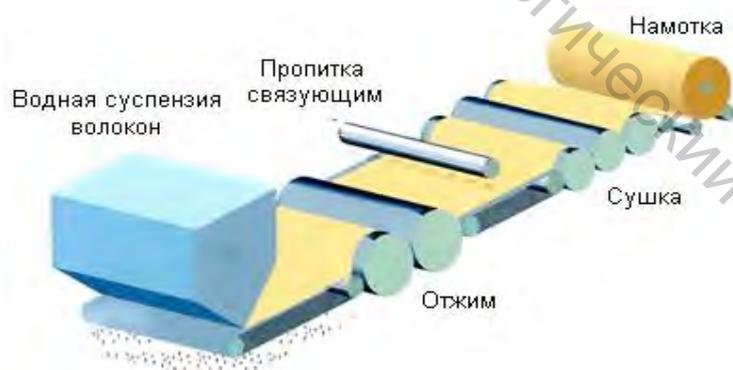


Рисунок 2.4 – Технологический процесс получения Спанлейс-полотна

Технология гидросплетения основана на переплетении волокон материала высокоскоростными струями воды под высоким давлением. Обычно полотно скрепляется на перфорированном барабане с помощью струй воды, бьющих под высоким давлением из форсуночных балок. За счет этих струй волокна холста связываются между собой.

Лидером и новатором в области технологии спанлейс является фирма Rieter.

При аэродинамическом способе подготовленные (прочесанные) волокна увлекаются потоком воздуха и переносятся по каналу (диффузору) на сетчатый барабан или транспортер, где укладываются с образованием холста беслойной структуры (неориентированное расположение волокон). Гидравлическим (мокрым) способом холст формируют из водной суспензии коротких непрядомых волокон на сетке бумагоделательной машины. Принцип аэродинамического холстообразования можно рассмотреть на примере агрегата Mat Former французской фирмы Laroche (рис. 2.5).

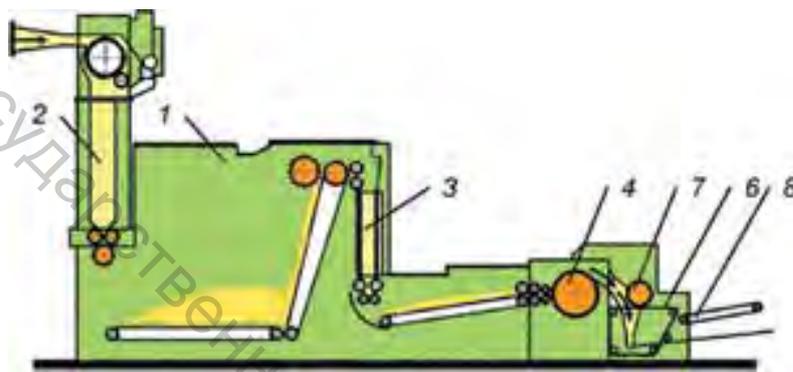


Рисунок 2.5 – Аэродинамический способ производства нетканых материалов

Волокна предварительно разрыхляются и перемешиваются в питателе 1 с наклонной игольчатой решеткой, который заполняется бункером 2, оборудованным разрыхляющим барабаном. Далее через бункер 3 материал подается на быстро вращающийся расчесывающий барабан 4, находящийся в зоне действия воздушного потока. Частота вращения барабана до 4500 мин^{-1} . Под действием центробежной силы и воздушного потока, создаваемого в транспортирующем канале за счет подсоса из канала 5, волокна отделяются от гарнитуры барабана и транспортируются на поверхность перфорированного барабана или, как в нашем примере, сетчатого конвейера 6, где оседают за счет подсоса воздуха и образуют волокнистый настил. Настил уплотняется барабаном 7 и выводится конвейером 8 из машины.

Физико-химические способы производства нетканых материалов. Эти способы считаются наиболее прогрессивными. В их основу положены быстропротекающие физико-химические процессы скрепления волокон (или нитей) за счет сил адгезии (склеивания). Склеивание может осуществляться: жидкими связующими, твердыми связующими, термоскреплением, скрепленные бумагоделательным способом, фильерным способом. Приемы получения полотен по этой

технологии разнообразны: пропитка связующими, формирование из расплава или раствора полимера, термоскрепление и т. д. Самым известным является способ получения нетканых полотен путем пропитки связующими, или клеевой способ [104].

Склеивание жидкими и твердыми связующими. Связующие при нагревании или растворении размягчаются и склеивают структуру полотна. Их можно вводить в структуру полимера на этапе подготовки волокнистой массы в виде порошка, сетки, плёнки и пр. По этой технологии получают так называемые клеёные нетканые материалы. Их основой является волокнистый холст, сформированный из однородных волокон или их смесей с массой 1 м^2 от 10 до 1000 г. Скрепление волокон в холсте осуществляется жидкими полимерными связующими, чаще всего водными дисперсиями полимеров (латексами на основе каучуков или термопластичных полиакрилатов).

Склеивание твердыми связующими основано на скреплении волокон и нитей полотна термопластичными связующими при нагревании. Они вводятся в структуру полотен в виде порошка, легкоплавких волокон и др.

Бумагоделательный способ получения нетканых полотен основан на формировании волокнистого холста гидродинамическим способом из суспензии волокон, содержащей связующее. Данным способом нетканые материалы получают из коротких текстильных волокон (2–12 мм), к которым иногда добавляют древесную целлюлозу, на обычном бумагоделательном оборудовании и из волокон повышенной длины (40 мм и более) на бумагоделательных машинах с наклонной сеткой. Связующие – синтетические латексы, легкоплавкие волокна (обычно поливинилхлоридные), фибриды и бикомпонентные волокна вводят в полотно до или после его отливки на бумагоделательной машине. Затем полотно сушат и подвергают термообработке, как в предыдущем способе пропитки. Таким способом получают полотна медицинского назначения [12, 16].

На рисунке 2.6 приведена схема плоскосеточной бумагоделательной машины, включающей вспомогательное оборудование, предназначенное для подготовки бумажной массы перед подачей её на сетку [47].

Более прогрессивным, чем пропитка, является способ термоскрепления, так как исключается применение жидких связующих, не требуется очистка сточных вод и т. д. При этом можно получить нетканые материалы различных структур и свойств.

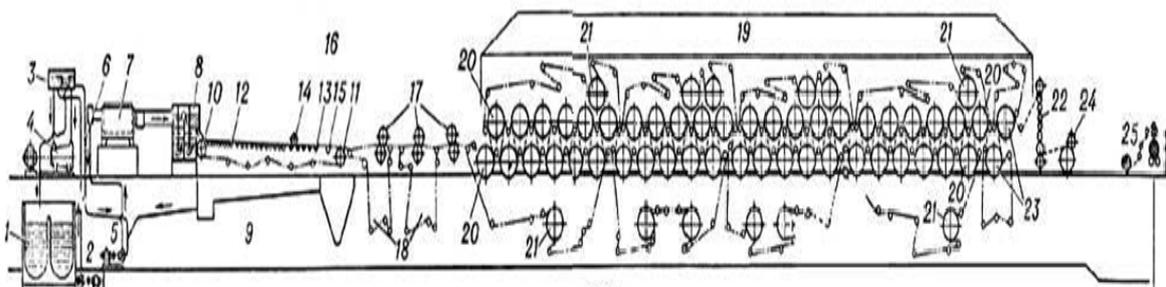


Рисунок 2.6 – Схема плоскосеточной бумагоделательной машины:
 1 – машинный бассейн; 2 – насос; 3 – бак постоянного напора;
 4 – коническая мельница; 5 – смесительный насос; 6 – задвижки;
 7 – очистная аппаратура; 8 – напорный ящик; 9 – сеточная часть;
 10 – грудной вал; 11 – гауч-вал; 12 – регистровые валики;
 13 – отсасывающие ящики; 14 – равнительный валик (эгутер);
 15 – правильный валик; 16 – прессовая часть; 17 – вальцовые
 прессы; 18 – шерстяные сукна; 19 – сушильная часть; 20, 21 –
 сушильные цилиндры; 22 – каландр; 23 – холодильный цилиндр;
 24 – накат; 25 – продольно-разрезной станок

Фильерный способ производства нетканых материалов из растворов и расплавов полимеров развивается ускоренными темпами (на его долю приходится уже 30 % производства нетканых материалов от их общего объема). Данный способ основан на склеивании волокон или нитей сразу после их формования из растворов или расплавов полимеров. На выходе из фильер происходит практически одновременная укладка их в холст. Этот способ совмещает производство химических волокон и нетканых материалов. Волокна (нити) в холсте, сформированном на сетке приемного, движущегося транспортера (после выхода волокон из фильер), склеиваются друг с другом в местах пересечения аутогезионно, если они не потеряли своей «липкости», в противном случае их скрепляют провязыванием, иглопрокалыванием. Основное преимущество фильерного способа перед другими технологическими процессами – исключение операций подготовки волокнистого сырья, совмещение стадий получения волокон и холста [12]. На рисунке 2.7 представлена схема фильерного способа производства нетканых материалов.

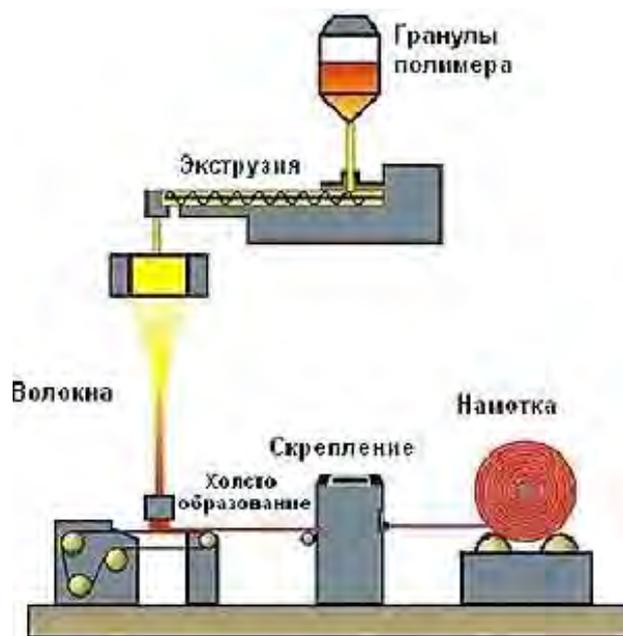


Рисунок 2.7 – Фильтрный способ производства нетканых материалов

Комбинированный способ – это способ, в котором сочетаются механическая и физико-химическая технологии (иглопробивное или струйное скрепления холста с дальнейшим соединением его связующими; прошивка каркаса ворсовыми нитями с одновременным закреплением их с помощью связующих реагентов).

К этому способу можно отнести способ электрофлокирования, при котором короткие волокна ориентированно наносят на предварительно покрытую клеем основу (ткань, трикотажное полотно) в электрическом поле высокого напряжения в электрофлокировальной машине. Этим способом изготавливают искусственные замши, меха, флокированные ковровые покрытия и т. д. Данный способ дает возможность производить полотно из сверхтонкого волокна с диаметрами волокон в наноразмерном диапазоне. Хотя об экономической целесообразности электрофлокирования было известно уже на протяжении нескольких десятилетий, за последнее время интерес к нему значительно возрос благодаря уникальным свойствам волокна, которое можно производить по индивидуальным заказам за счет управления условиями прядения и принимаемыми решениями. В последнее время сфера применения нетканых материалов, полученных с помощью электрофлокирования, расширилась от медицинских до фильтрационных, и от военных до потребительских.

Заключительная отделка нетканых материалов – процесс придания нетканым материалам необходимых свойств, таких как водонепроницаемость, воздухопроницаемость, негорючесть, стойкость на разрыв и т. д. Для того чтобы придать материалу те или иные свойства, прибегают к следующим процессам: пропитка

специальными составами, как правило, это происходит путем погружения материала в специальную ванну с дальнейшей сушкой материала в специальных печах.

Одним из лидеров в области производства химических средств и новых способов отделки тканых и нетканых материалов является компания Huntsman Corp. Разрабатывает новые нетканые материалы с комплексом традиционных и специальных свойств, начиная от мягкого грифа и стабильности размеров и заканчивая приданием материалу антимикробного эффекта [15, 116].

Таким образом, заключительная отделка способна придать нетканым материалам новые, порой уникальные свойства и значительно расширить области их использования.

Ассортимент нетканых материалов и область применения достаточно разнообразны. Например, все нетканые полотна бытового назначения можно подразделить на материалы для одежды, для обуви, для домашнего обихода.

Материалы для одежды – полотна для верха одежды, прокладочные, утепляющие.

Полотна для верха одежды изготавливают различными методами, по составу они могут быть хлопчатобумажные, полшерстяные, шелковые; по назначению: пальтовые, костюмные и платьевые, для домашней и пляжной одежды. Указанные полотна различаются массой 1 м², внешним оформлением и другими свойствами.

Пальтовые нетканые полотна вырабатываются холстопрошивным и тканепрошивным методами по типу аналогичных тканей, по составу – полшерстяные (подвергаются валке, ворсованию), масса 1 м² – 340–600 г. Основные требования: соответствующий внешний вид, достаточно высокая теплозащитность. Эти полотна могут вырабатываться по типу драпов, пальтовых тканей (отличаются большим разнообразием внешнего оформления), сукон. Большинство их гладкокрашеные, некоторые пестровязанные.

Костюмные и платьевые нетканые полотна имеют массу 1 м² – 180–300 г, вырабатываются холстопрошивным, нитепрошивным, тканепрошивным, комбинированными методами, могут быть хлопчатобумажными, полшерстяными, шелковыми. Отличаются разнообразием внешнего оформления в зависимости от более узкого назначения, имитирующим соответствующие ткани. Могут быть гладкокрашенными, меланжевыми, отбеленными, с цветными полосами, набивными, с начесом. Основные требования – соответствующая назначению масса 1 м², внешний вид (фактура, колористика), формоустойчивость. В большинстве случаев эти полотна подходят для женской и детской одежды, отдельные виды могут быть использованы для мужских сорочек.

Для домашней и пляжной одежды выпускаются тканепошивные махровые полотна, масса $1 \text{ м}^2 - 300-370 \text{ г}$, гладкокрашенные, в полоску, набивные.

Прокладочные нетканые полотна используются в качестве прокладок в верхних изделиях (борта, воротники), в воротниках мужских сорочек, в галстуках, в спальнях мешках, одеялах, халатах, для корсетных изделий (для оформления поясов брюк, юбок). Эти полотна вырабатывают клееным и иглопробивным методами. Иглопробивные могут быть с клееным покрытием. Основные требования – небольшая масса $1 \text{ м}^2 - 100-200 \text{ г}$, достаточная жесткость и упругая эластичность, полотна для корсажных лент должны иметь малую растяжимость, соответствующее внешнее оформление и приятное туше. Могут быть хлопчатобумажными, полушерстяными, шелковыми, льняными. Некоторые из рассматриваемых материалов могут быть прокладочно-утепляющими.

Прокладочные материалы делятся на неклеевые и клеевые. К прокладочным неклеевым материалам относятся льняная бортовка, бязь хлопчатобумажная мадаполам, миткаль и т. д. К клеевым материалам относятся: флизелин, прокламелин, клеёное полотно «Сюнт», фильц, дублерин, клеевая кромка, клеевая паутинка и т. д.

Флизелин, используемый для прокладки в борта, воротники, хлястики, клапаны, шлицы, листочки у карманов, в низ рукава изделия.

Прокламелин используют как прокладки для платьев, костюмов, пальто.

Дублерин – это клеевые прокладочные материалы на тканой или трикотажной основе, которые применяются для дублирования стрейч-материалов и трикотажа, а также для деталей крупных размеров.

Клеевая нить – моноволокно в виде жилки из термопластичного полимера. Применяется для крепления подогнутых и обтачных краев деталей.

Паутинка термоклеевая представляет собой нетканый клеевой материал, изготовленный из расплава методом аэродинамического формования. Выпускается на бумажной основе и без бумаги, шириной от 10 до 40 мм. Используется для подгибки низа изделий.

Клеевая сетка изготовлена из полимеров высокого давления, имеет ячеистую структуру, предназначена для формоустойчивости мелких деталей.

Кромка клеевая предохраняет от растяжения срезы проймы, горловины, линии перегиба лацкана, борта и пр. Выпускается на бязевой основе или на основе из нитепрошивного флизелина. Она более эластична, легче укладывается вдоль закругленных линий изделия. Ширина клеевой кромки – 10, 15 и 20 мм. Она также бывает выкроена по косой и усилена строчкой или сутажом.

Утепляющие нетканые полотна используют как утепляющие прокладки и подкладки для пальто и курток, а также перчаток и других изделий. Эти полотна должны быть теплозащитными, мягкими, упругими в массе. Могут быть различного волокнистого состава (хлопчатобумажные, полшерстяные, шелковые, льняные), различными по методу производства: холстопршивные, иглопробивные, тканепршивные, комбинированные. К утепляющим полотнам относится ватин различных способов производства (холстопршивной и иглопробивной, в том числе на марле), различного волокнистого состава и назначения (кроме верхней одежды, для одеял, мебели); каркасные тканепршивные и иглопробивные, утепляющие полотна, полотна по типу меха, вырабатываемые главным образом по тканепршивному (тафтинговому) методу.

Разработаны следующие виды нетканых полотен и наполнители существенно снижает трудозатраты в швейном производстве.

Холлофайбер медиум – это полотно особо чувствительно к микроклимату человеческого тела и поэтому самый удобный, экологически чистый, не аллергичный материал, для изготовления детских комплектов. Материал обладает быстрой восстанавливаемостью после смятия, что позволяет делать качественную мебель без «промятых мест» и «лишних складок» на обивке после длительного сидения, а также является лучшим наполнителем для создания мягкой игрушки.

Синтепон – высококачественный нетканый наполнитель изготавливается из полиэфирных волокон, скрепление которых осуществляется термическим способом. В качестве связующего материала используется полиэфирное волокно с легкоплавким покрытием. Применяя дополнительное технологическое оборудование, получают структуру полотна, имеющую больший объем при меньшей плотности: Синтепон Эконом™; Синтепон Стандарт™; Синтепон Шерсть; Синтепон Меланж™ (содержит натуральный хлопок). Все виды синтепона могут быть армированы дополнительным слоем. Синтепон используют для утепляющей прокладки в одежде, мягкой мебели, матрасов, постельных принадлежностей, стеганых, швейных, декоративных изделий нового поколения.

Файбертек – это нетканый материал, представляющий собой объемный слой из тонких пустотелых волокон с элементами объемного термоскрепления, специально обработанных силиконом. Эти волокна движутся независимо друг от друга, и в результате утеплитель ФАЙБЕРТЕК не сбивается, не слеживается и сохраняет форму даже после намочения. Для достижения требуемой прочности и стабильности поверхность слоя армирована полипропиленовым волокном и механически простегана. ФАЙБЕРТЕК производится в виде слоёв различной плотности, ширины, толщины. Слои могут быть изготовлены

без внешней оболочки, с односторонней и двухсторонней внешней оболочкой с простёгиванием с интервалом 10–25 см [1].

Прокладочные и утепляющие полотна занимают значительное место (особенно ватин) в общем объеме производимых нетканых материалов, обладают в целом хорошими потребительскими свойствами, пользуются большим спросом.

Материалы для обуви подразделяются на полотна для верха обуви и оформления ее внутренней части.

Для верха обуви применяют полушерстяные полотна и полотна из химических волокон (шелковые), их изготавливают холстопрошивными, холстопрошивными с каркасом (например, капроновым, трикотажным) и другими методами. Полотна для оформления внутренней части обуви могут быть подкладочными, для прокладки, простилки, для стелек. Эти полотна выпускают хлопчатобумажными, полушерстяными, из химических волокон (шелковые). Используют холстопрошивной, иглопробивной способы (стельки).

Для обуви основу изготавливают также холстопрошивным и клеевым способами.

Материалы для изделий домашнего обихода включают полотна для полотенец и простыней, одеяла, мебельно-декоративные, покрытия для пола и стен, тентовое полотно.

Полотна для полотенец и простыней вырабатывают хлопчатобумажными, рыхлой структуры, нитепрошивными и тканепрошивными (махровыми) методами. Выпускаются в отбеленном, гладкокрашеном виде (светлые тона), пестровязаными (в продольную полосу), а также набивными.

Полотна для одеял вырабатывают полушерстяными иглопробивным и холстопрошивным способами.

Мебельно-декоративные включают полотна для обивки мебели, полотна для занавесей, скатертей. Могут быть хлопчатобумажные, шелковые, льняные. Для их выработки применяют холстопрошивной, нитепрошивной и клеевой методы. Могут быть гладкокрашенные, пестровязанные, набивные. Внешнее оформление и основные свойства должны соответствовать назначению.

Холлофайбер хард – это жесткое синтетическое нетканое полотно. Оно применяется в особенно сильно нагруженных элементах мягкой мебели, салонов автомобилей и т. д., как хороший заменитель поролона (при большой толщине), для изготовления матрасов, является хорошим звуко- и теплоизолятором.

ХоллоТек – представляет собой однородное полотно, состоящее из нескольких слоев, расположенных параллельно друг другу. Свое название ХоллоТек получил от английских слов hollow – полый, тек – текстура и потому, что состоит из полых спиральноизвитых полиэфирных волокон, покрытых силиконом. В качестве связующего

материала используется полиэфирное волокно с легкоплавким покрытием. Для снижения трения между слоями и увеличения однородности полотна после формирования слои частично перемешиваются между собой. Применяется ХоллоТек в качестве наполнителя при производстве мягкой мебели; для производства постельных принадлежностей: покрывал, одеял и подушек; обладая низкой миграцией волокон, его используют в производстве верхней одежды.

Покрывания для пола и стен включают иглопробивное меланжевое полотно из химических волокон для оформления стен внутри помещения, иглопробивное напольное полотно для жилых зданий и оформления салонов самолетов, клееные полотна коврового типа [6].

Анализ способов производства нетканых материалов, их видов и области применения показал, что НТМ широко используются в различных отраслях промышленности, однако не все текстильные отходы можно использовать. Например, остается проблема переработки отходов коврового производства. Поэтому целесообразно разработать технологические процессы по переработке неиспользуемых в настоящее время отходов на имеющемся на предприятиях оборудовании без существенных капитальных вложений, что позволит улучшить экономическую ситуацию в республике, расширить ассортимент нетканых материалов или получить материалы с новыми улучшенными свойствами.

2.2 Технологический процесс подготовки текстильных отходов к вторичной их переработке

Подготовка текстильных отходов заключается в их измельчении с целью дальнейшего использования.

Эффективность и качество полученного волокнистого материала в процессе измельчения текстильных отходов зависят от рационального проведения процессов обработки их резанием, которое достигается в том случае, если:

- режущая часть инструмента имеет оптимальные геометрические параметры и качественную заточку лезвий;
- резание материалов осуществляется с технически и экономически обоснованными подачами материала и скоростями резания;
- максимально используются возможности механизмов оборудования для измельчения [41].

Современные тенденции развития машиностроения, связанные с автоматизацией производственных процессов, созданием новых видов материалов с еще недостаточно изученными свойствами, требуют

поиска новых подходов к исследованию процесса резания, основанных на достижениях фундаментальных наук, разработки новых видов обработки резанием, режущих инструментов и станков [101].

На практике для определения режимов резания пользуются одним из методов расчета:

- 1) табличным (выбор параметров режима резания по специальным таблицам);
- 2) аналитическим (расчет по эмпирическим зависимостям);
- 3) графическим (построением графических зависимостей номограмм в логарифмической системе координат) [68, 69].

Аналитическое описание процесса резания текстильных материалов возможно лишь при выявлении взаимосвязи между следующими группами факторов, влияющих на ход процесса и определяющих его результаты: технологическими требованиями к процессу, деформационно-прочностными свойствами материалов, типом и характеристиками режущего инструмента и оборудования, характером и параметрами деформационно-разрушающего воздействия, особенностями силового взаимодействия лезвия с объектом обработки [68].

2.2.1 Процессы резания текстильных материалов, применяемые в легкой промышленности

В области изучения процесса резания текстильных материалов имеется большой теоретический и экспериментальный материал, разработанный профессором И.И. Капустиным [52].

Успехи, достигнутые в области изучения механических свойств высокополимерных материалов, и выявление роли межмолекулярных связей в изменении их физико-механических свойств позволяют в настоящее время рассматривать поведение текстильных материалов в процессе растяжения, сжатия и других механических воздействий.

Изучению релаксации текстильных волокон посвящено много работ. Среди них выделяются работы, проведенные Г.Н. Кукиным, А.Н. Соловьевым, Ф.Х. Садыковой [49, 68].

Процесс резания нитей, текстильных материалов, объединенных в жгут, сходен с процессом резания неметаллических материалов. Основоположником исследования технологического процесса резания сельскохозяйственных продуктов лезвием является В.П. Горячкин, который разделяет процесс резания на две разновидности: в одном случае лезвие перемещается в направлении разреза только в нормальном к его кромке направлении, в другом – одновременно с этим оно перемещается и параллельно кромке.

В.А. Желиговский объясняет эффект скользящего движения лезвия тем, что при скольжении лезвия по материалу оно захватывает

неровностями частицы материала, стремится сдвинуть их с места и увлечь за собой. Между смещаемыми и соседними частицами материала возникают нормальные напряжения сдвига вместо напряжения смятия, то есть сжатия [17].

А.А. Ивашко объясняет эффект скользящего резания наличием микроскопических зубцов, возникающих при заточке лезвия абразивами.

Н.Е. Резник эффект скользящего резания объясняет кинематической трансформацией угла заточки лезвия. При анализе силового взаимодействия лезвия с материалом усилие резания становится наиболее важным объектом исследования. Н.Е. Резник рассмотрел взаимодействие лезвия с материалом в наиболее простом случае при внедрении его в материал в нормальном относительно кромки направлении [17].

В работе И.И. Капустина представлена диаграмма изменений усилий, действующих на резак, по мере погружения его в материал. Он установил, что интенсивный рост нагрузки происходит при погружении резака на глубину, равную примерно половине толщины разрезаемого материала, по мере дальнейшего погружения резака в него интенсивность роста усилий уменьшается [52].

Значительный вклад в исследование процесса резания кожи и меха был внесен М.М. Майзелем [82].

А.Ф. Прошков процесс резания жгутового химического волокна делит на три стадии: введение ножа в соприкосновение с волокнами жгута, уплотнение жгута, разрезание и дальнейшее уплотнение [38].

Определение силы резания одиночной нити проводили В.Н. Гарбарук, Г.Б. Рыжкова; жгута из химических нитей – И.Я. Ильин, а резания трикотажа и ворса – К.А. Гаврилов, Е.В. Ромашкина, Д.Р. Амирханов; Г.А. Абдуллаев, Л.А. Доркин; жгута на ленточно-штапелирующих машинах – В.Е. Слываков, С.С. Рябцев [38].

Анализ работ в области резания показывает, что наиболее распространенным способом резания является резание дисковым ножом. Большое внимание уделяется резанию и раскрою лучом лазера в работах В.А. Михайлова-Теплякова. В них разработана конструкция станка с программным управлением и подобраны рабочие режимы [38].

Исследования способов физического резания (раскаленной проволокой, струей плазмы, воды или разогретого газа, электрической искрой, ультразвуком) проводились многими авторами как в нашей стране, так и за рубежом, но широкого практического распространения эти способы не получили.

Соколов В.В. рассматривает процесс резания текстильных материалов лезвием. В своей работе он дает толкование базовых понятий и определений теории и систематизации разновидностей технологического резания лезвием (рис. 2.8), по мнению автора, более

точно отражающим сущность и назначение этого процесса [38]. Резание текстильных материалов может выполняться методами пиления, ножа и ножниц [38].

Резание методом пиления осуществляется ножом, движущимся по двум направлениям, что обеспечивается движением ножа перпендикулярно к поверхности материала и движением машины или материала по вырезаемому контуру. Относительно большая скорость движения ножа обеспечивает при методе пиления чистоту срезаемого слоя и небольшие усилия резания [38].

Разрезание методом ножа характеризуется тем, что нож входит в материал перпендикулярно к линии резания. При этом нож испытывает давление со стороны материала, представляющее собой сопротивление смятию разрезаемого материала и сопротивление раздвиганию разрезаемого материала. Кроме того, при разрезании ножом материала возникают силы трения. Следовательно, усилие резания зависит от состояния режущего инструмента и свойств материала [38].

Разрезание методом ножниц осуществляется двумя режущими лезвиями, расположенными по обеим сторонам разрезаемого материала. При вдавливании лезвий в материал сопротивление их продвижению возникает из-за деформации смятия. Резание методом ножниц применяют при небольшой толщине материала, так как усилия резания растут пропорционально квадрату толщины [52].

В промышленности широко используется оборудование для измельчения материалов. Измельчение часто сопровождается разломом, в результате которого достигается изменение объемных и поверхностных свойств материалов. Изменения материалов в процессе измельчения зависят как от природы самого материала, так и от условий проведения процесса, особенностей применяемого оборудования.

Для измельчения крупных кусков материалов применяют резальные и рубильные машины. Более мелкие частицы материала получают на дробильных машинах (вальцовых, молотковых) и бегунах. Тонкое измельчение волокнистых материалов производят на роллах, мельницах и гидроизмельчителях. Сыпучие материалы измельчают в сухом состоянии и в смеси с жидкостями. В первом случае измельчение ведут на струйных мельницах в потоках инертного газа, во втором – применяют краскотерки, вибромельницы и гидродинамические установки. Пластичные материалы измельчают на червячных машинах [38].

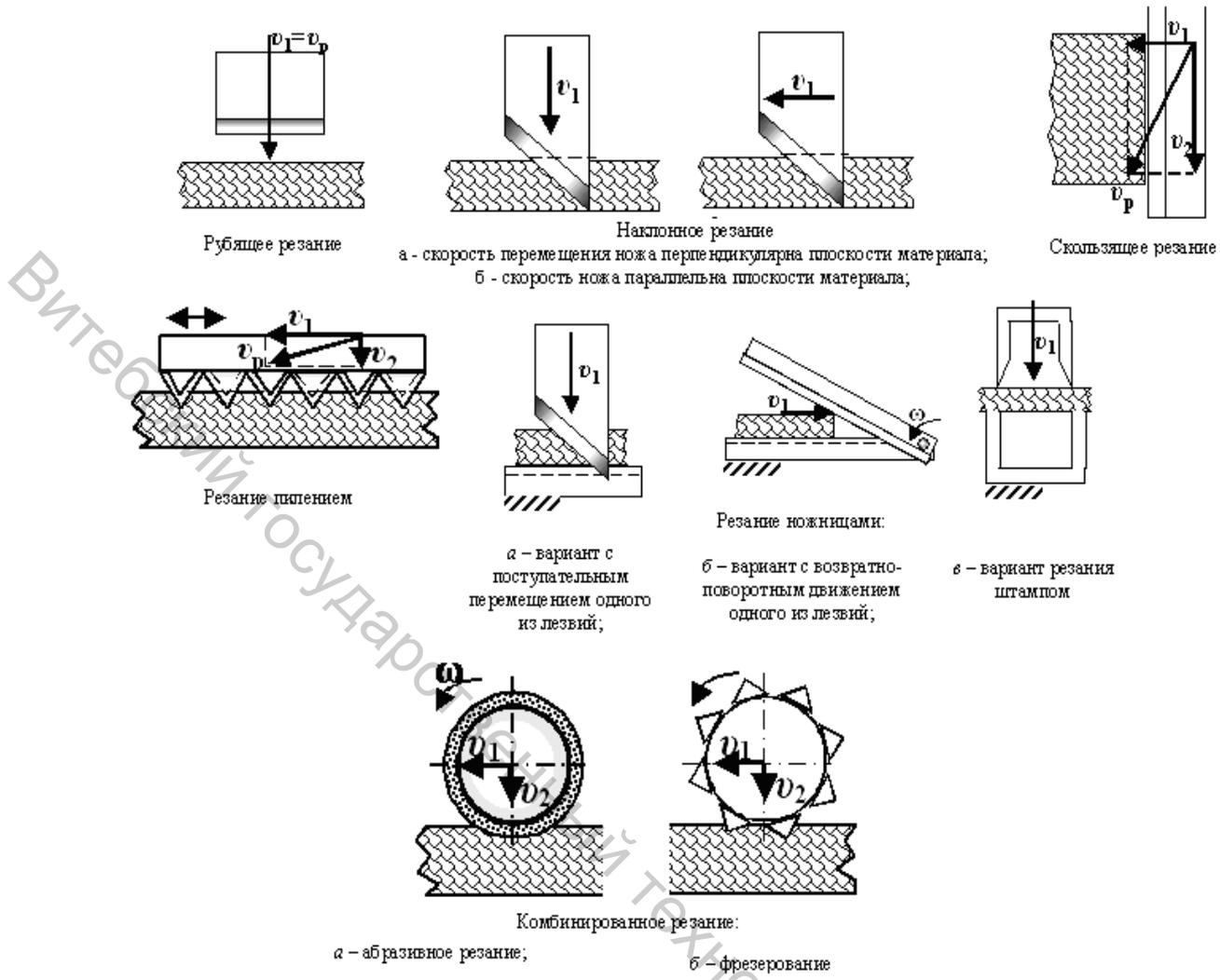


Рисунок 2.8 – Разновидности технологического резания лезвием

Известен способ непрерывной рубки нити, жгута, ленты и тому подобных материалов и устройство для его осуществления (рис. 2.9). Способ заключается в подаче исходного материала так, что его конец свободно безопорно выступает из подающего устройства на заданную длину отрубаемого отрезка, в рубке высокоскоростным ударом и пневмоудалении рубленого продукта путем отсоса, направление которого совмещают с направлением подачи исходного материала. Устройство для осуществления способа содержит подающее приспособление 1, рубящий орган 3, закрепленный на приводном валу его привода, водило рубящего органа 4, закрепленное одним его концом на приводном валу 5 его привода, и камеру пневмоудаления рубленого продукта, выполненную в виде сопла 2, раструбом обращенного к подающему приспособлению, а узкой частью присоединенного к вакуумному насосу. При этом корпус привода рубящего органа закреплен на другом конце водила, рубящий орган выполнен в виде пластины, диска, крестовины или другого плоского элемента [38].

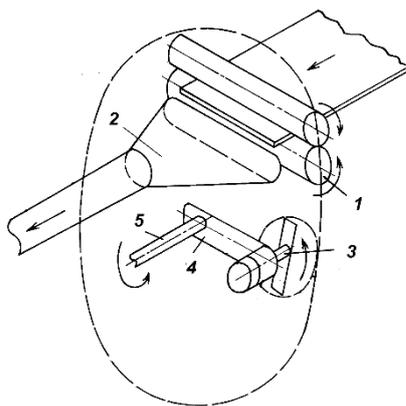


Рисунок 2.9 – Устройство для непрерывной рубки нити, жгута, ленты и тому подобного материала: 1 – подающее приспособление, 2 – сопло, 3 – рубящий орган, 4 – водило, 5 – приводной вал

В настоящее время в разработках способов и устройств для непрерывной рубки различных материалов на отрезки заданной длины появилась необходимость универсализации как способов, так и устройств. Известные на данный момент способы и устройства для рубки рассчитаны, как правило, на конкретный вид материала, что резко ограничивает их возможности. Способы и устройства для рубки волокна или нити не пригодны для рубки жгута или ленты и наоборот. Способы и устройства для рубки низкопрочного материала непригодны для рубки высокопрочного материала. Способы и устройства для рубки лент из неволоконистых материалов типа пленочных низкопроизводительны и маломощны.

Известные контактные способы рубки нити, жгута или ленты, которые предполагают подачу материала в зону контакта рубящего органа и прижимного элемента, захват и рубку материала на плоскости или между двумя опорами. В устройствах, реализующих известные способы, рубящим органом является нож, лезвие которого тупится и вызывает необходимость в остановках процесса рубки на замену или заточку лезвия. В качестве прижимного элемента, а также плоскости, на которой производится рубка, в известных устройствах используют резиновый валик или диск, которые также приходится заменять по мере их износа.

Известен способ рубки стеклонити, заключающийся в подаче нити между упругим и ножевыми валами и в рубке ее на отрезки путем заглубления ножей в упругий вал [38].

Известен способ рубки жгутов, заключающийся в подаче жгутов между валком, имеющим эластичное покрытие, и ножами и рубке их на отрезки определенной величины за счет контакта, совершающего планетарное движение валка с ножами [38].

В этих устройствах используется принцип «контакта» ножей с прижимным элементом со всеми вышеописанными последствиями

этого (затупление ножей, выход из строя эластичного покрытия прижимного элемента).

Известно устройство для повторяющейся выдачи пучков со случайной ориентацией волокон (рис. 2.10). Устройство позволяет получать заготовки в виде хлопьев достаточно высокого качества, а также делает возможным автоматизирование добавки усиливающих волокон в продукт [38]. Подача материала в зону резания осуществляется прижимными роликами 1, резание – роликом с ножевыми пластинами 2.

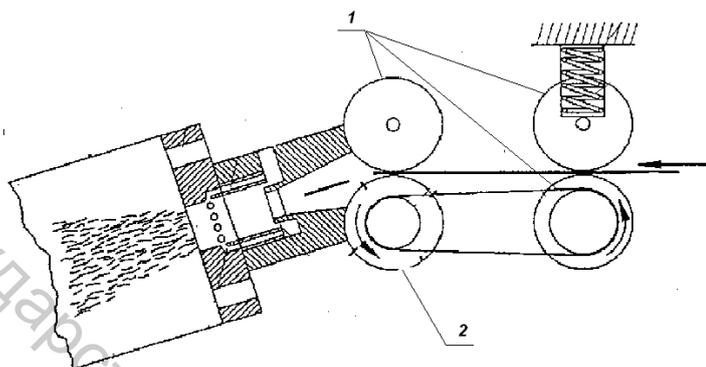


Рисунок 2.10 – Устройство для повторяющейся выдачи пучков со случайной ориентацией волокон: 1 – прижимные подающие ролики, 2 – ролик с ножевыми пластинами

По всем представленным способам линия реза получается неточная. Кончики нитей разволокняются. Анализ показал, что наиболее приемлемым является процесс резания по принципу ножниц. Исследованием данных процессов занимались академик Горячкин В.П., Крамаренко Ю.Б. В их работах рассматривается механика ножниц, описывается методика экспериментов, приводятся некоторые результаты, которые могут быть применены к резанию текстильных материалов. Вопросы геометрии ножниц изложены также в работах профессора Гарбарука В.Н. В работах, посвященных исследованиям процесса резания древесины Н.М. Вальщикова, И.Т. Глебова, рассматриваются вопросы взаимодействия лезвия с разрезаемым материалом, приводятся рекомендации по выбору геометрии лезвий и режимов резания. В этих работах указывается, что скольжение при резании оказывает большое влияние на величину усилий резания и предложены экспериментальные зависимости для учета этого влияния [38].

В работе Гаврилова К.А. представлены исследования дисковых фрикционных ножниц и возможность их применения для разрезания штучных тканых изделий [38].

Известно устройство для резания материалов, волокон, тканей ленточным ножом [38].

Однако необходимо отметить, что вопросы резания текстильных материалов изучены недостаточно. Отсутствуют какие-либо рекомендации по выбору режущего инструмента, определению усилий резания, расчету необходимого скоростного режима, расходу мощности на резание при измельчении упругопластичных материалов.

2.2.2 Теоретические исследования процесса резания текстильных материалов

Анализ силового взаимодействия ножа с нитью в процессе резания. Основопологающей в теории механического резания продолжает оставаться задача наиболее полного описания процессов взаимодействия лезвий с обрабатываемыми материалами, в которую входили бы показатели физико-механических свойств этих материалов и основные технологические параметры управления процессом.

Важной задачей является исследование силовых факторов процесса резания, определение влияния основных технологических и конструктивных параметров оборудования на качество обработанной режущим инструментом поверхности (или поверхности реза) и стабильность выполнения технологических операций механического резания.

Разделению материала на части под воздействием лезвийного инструмента предшествует процесс предварительного сжатия до возникновения на кромке ножа разрушающего контактного напряжения G_p [68].

Момент возникновения G_p (Па) определяется значением усилия P , прикладываемого к ножу. При резании упругопластических материалов усилие P , при котором завершается процесс сжатия и начинается резание, является максимальным или критическим.

Рассмотрим взаимодействие ножа с односторонней заточкой с разрезаемой нитью (рис. 2.11). При углублении ножа в нить диаметром d_H (м) на некоторую величину $h_{сж}$ (м) на режущей кромке ножа возникает разрушающее контактное напряжение G_p и начинается процесс разрушения нити. На нож действуют следующие силы: $P_{рез}$ – сила сопротивления разрушению материала под кромкой лезвия; $P_{обж}$ – сила обжатия материалом, имеющая горизонтальное направление и действующая на боковую грань лезвия.

На наклонную грань ножа действует сила нормального давления N и силы трения T_1 и T_2 .

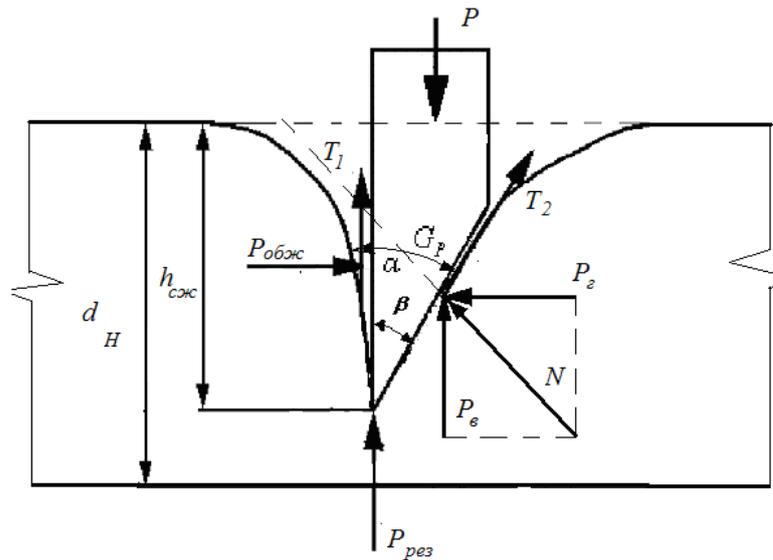


Рисунок 2.11 – Схема взаимодействия ножа с односторонней заточкой с нитью в процессе резания

Представим силу нормального давления N , как

$$\begin{cases} P_2 = N \cos \beta \\ P_6 = N \sin \beta \end{cases} \quad (2.1)$$

После преобразования получим

$$N = \frac{P_2 \sin \beta + P_6 \cos \beta}{\sin 2\beta}, \text{ Н.} \quad (2.2)$$

На фаске ножа возникает сила трения T_2 , равная

$$T_2 = Nf, \text{ Н,} \quad (2.3)$$

где $f = \operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент трения нити о материал ножа (φ – угол трения, град.).

Выразим силу N через угол трения

$$N = \sqrt{P_2^2 + P_6^2} \cos \varphi. \quad (2.4)$$

На вертикальную грань ножа действует сила трения T_1 , равная

$$T_1 = Nf. \quad (2.5)$$

Вертикальная составляющая силы трения T_2 , равна

$$T_2' = T_2 \cos \beta . \quad (2.6)$$

Подставив в уравнение (2.6) значение силы N (2.2) и силы трения T_2 (2.3), получим

$$T_2' = \left(\frac{P_2 \sin \beta + P_6 \cos \beta}{\sin 2\beta} \right) f \cos \beta , \quad (2.7)$$

$$T_2' = \frac{f}{\sin 2\beta} (0.5P_2 \sin 2\beta + P_6 \cos^2 \beta) . \quad (2.8)$$

В момент начала резания сила резания P , приложенная к ножу, равна

$$P = P_{рез} + P_6 + T_1 + T_2' , \text{ Н.} \quad (2.9)$$

Определим каждую из составляющих уравнения (2.9)

$$P_{рез} = G_p \delta d_H , \text{ Н} \quad (2.10)$$

или

$$P_{рез} = E \frac{h_{сжс}}{d_H} \delta d_H = E h_{сжс} \delta , \quad (2.11)$$

где E – модуль упругости нити (65007000 Н/м^2); δ – острота лезвия ($((0,5-1,5)10^{-3})$, м; $h_{сжс}$ – величина сжатия материал ($((0,3-0,5)d_H)$, м).

Вертикальная составляющая P_6 является сжимающей силой и равна

$$P_6 = E \varepsilon h_{сжс} \delta , \quad (2.12)$$

где ε – относительная деформация в вертикальном направлении

или

$$P_6 = E \frac{h_{сжс}^2}{d_H} \delta . \quad (2.13)$$

Сила трения T_1 определяется по формуле (2.5) и равна

$$T_1 = \sqrt{P_2^2 + P_6^2} \cos \varphi , \quad (2.14)$$

$$P_2 = \frac{E}{2(1+\mu)} h_{сжс} \delta \cos \beta , \quad (2.15)$$

где μ – коэффициент Пуассона (0,6–0,7).

Тогда

$$T_1 = \sqrt{\left(\frac{Eh_{\text{сж}}\delta \cos \beta}{2(1+\mu)}\right)^2 + \left(\frac{Eh_{\text{сж}}^2\delta}{d_H}\right)^2} \cos \varphi. \quad (2.16)$$

Угол трения φ определяется как $\varphi = \arctg f$, $f \approx 0,2 \div 0,21$, тогда $\varphi = 6^\circ$, $\cos \varphi = 0,995$.

Вертикальная составляющая силы трения T_2 определяется по формуле (2.8) и равна

$$T_2' = \frac{f}{\sin 2\beta} \left(\frac{0,25Eh_{\text{сж}}\delta \cos \beta \sin 2\beta}{1+\mu} + \frac{Eh_{\text{сж}}^2\delta \cos^2 \beta}{d_H} \right) \quad (2.17)$$

или

$$T_2' = f \left(\frac{0,25Eh_{\text{сж}}\delta \cos \beta}{1+\mu} + \frac{Eh_{\text{сж}}^2\delta \cos^2 \beta}{\sin 2\beta} \right), \quad (2.18)$$

$$T_2' = fEh_{\text{сж}}\delta \cos \beta \left(\frac{0,25}{1+\mu} + \frac{h_{\text{сж}} \cos \beta}{\sin 2\beta} \right) = fEh_{\text{сж}} \cos \beta \left(0,145 + \frac{h_{\text{сж}}}{2 \sin \beta} \right)$$

или

$$T_2' = fEh_{\text{сж}} \left(\frac{0,3 \sin \beta + h_{\text{сж}}}{2 \operatorname{tg} \beta} \right). \quad (2.19)$$

Тогда результирующая сила P определяется по формуле

$$P = Eh_{\text{сж}}\delta + \frac{Eh_{\text{сж}}^2\delta}{d_H} + \sqrt{\left(\frac{Eh_{\text{сж}}\delta \cos \beta}{2(1+\mu)}\right)^2 + \left(\frac{Eh_{\text{сж}}^2\delta}{d_H}\right)^2} \cos \varphi + fEh_{\text{сж}} \left(\frac{0,3 \sin \beta + h_{\text{сж}}}{2 \operatorname{tg} \beta} \right). \quad (2.20)$$

При двухсторонней заточке ножа (рис. 2.12)

$$P = P_{\text{рез}} + 2P_{\text{г}} + 2T' \quad (2.21)$$

или

$$P = Eh_{\text{сж}}\delta + \frac{2Eh_{\text{сж}}^2\delta}{d_H} + fEh_{\text{сж}} \left(\frac{0,3 \sin \beta + h_{\text{сж}}}{\operatorname{tg} \beta} \right). \quad (2.22)$$

экспериментальные и полученные по формуле (2.24) расчетные значения усилий резания представлены на рисунке 2.13.

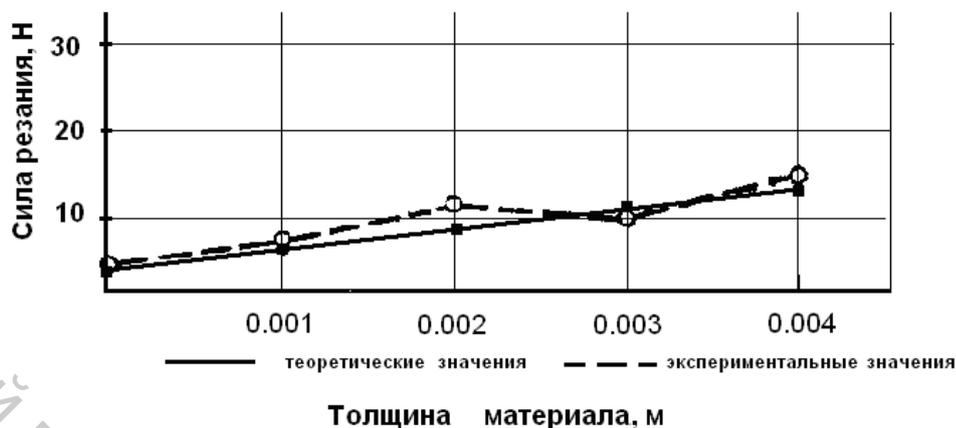


Рисунок 2.13 – Зависимость сил резания от толщины материала для ножа с односторонней заточкой

Отклонение экспериментальных значений от полученных расчетных не превышает 5 %, что дает возможность использовать математические модели (2.24, 2.25) для определения усилий резания материалов, учитывая их свойства. Разработанные математические модели применимы для описания динамического взаимодействия лезвия с нитью и позволяют определять параметры процесса резания текстильных материалов [68].

Анализ процесса резания от толщины материала для ножа с односторонней заточкой. Как отмечалось ранее, текстильные отходы в виде кромок, обрезки, межлекальных выпадов имеют различные размеры, для их измельчения чаще всего используют ножевые дробилки и барабанные мельницы (роторные дробилки).

Основной характеристикой процесса измельчения является степень измельчения (i), которая определяется соотношением средневзвешенных размеров частиц материала до и после измельчения:

$$i = \frac{d_n}{d_k}, \quad (2.26)$$

где d_n – размер частиц до измельчения, мм; d_k – размер частиц после измельчения, мм.

Степень измельчения отражает технологию и определяет параметры измельчителей. Требуемый размер частиц после измельчения зависит от области их дальнейшего применения.

Производительность роторных дробилок Q определяют по формуле

$$Q = W \frac{(D-d)^2}{8} h \cdot z, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.27)$$

где h – высота ножа, м; D – диаметр ротора по кромке ножей, м; W – угловая скорость ротора, с^{-1} ; d – диаметр ротора у основания ножей, м; z – количество ножей.

Тогда производительность по массе равна

$$Q_m = Q \cdot \rho, \text{ кг/с}, \quad (2.28)$$

где ρ – плотность материала, кг/м^3 .

$$Q_m = W \frac{(D-d)^2}{8} h \cdot z \cdot \rho. \quad (2.29)$$

Большой диаметр ротора позволяет:

- установить большое количество ножей при постоянном шаге, благодаря чему минутная подача на нож возрастает, а следовательно, повышается производительность;
- увеличить массу ротора и длину дуги контакта ротора с материалом, что улучшает теплоотвод, а следовательно, увеличивается стойкость ножей и самого ротора к износу;
- сделать большое посадочное отверстие, то есть применить более жесткую оправку, что позволит вращаться ротору на высоких скоростях без вибрации.

Однако увеличение диаметра ротора повышает крутящий момент, а следовательно, и расход энергии; увеличивает расход стали для изготовления режущего инструмента.

Поэтому необходимо подбирать конструкцию ротора с наибольшим диаметром посадочного отверстия и возможно меньшим наружным диаметром.

Число ножей – важный элемент ротора в измельчителе, от которого зависит торцевой шаг и работоспособность ротора. Чем меньше количество ножей у ротора одного и того же диаметра, тем больше объем канавок для размещения волокнистого материала. Также чем больше ножей, тем меньше сила резания, приходящаяся на один нож. Поэтому число ножей должно быть оптимальным. Следовательно, расчет конструктивных элементов ротора сводится к определению его диаметра, числа ножей, диаметра оправки ротора, а также расчету элементов ножей – их высоты.

Особенности процесса резания с помощью роторного измельчителя:

- каждый нож работает с перерывами, периодически цепляя материал (рис. 2.14). Отрицательным в данном случае является то, что врезание ножа в материал происходит с ударом;

- срезаемый материал должен свободно размещаться во впадине между ножами, а поэтому объем впадины должен быть больше объема срезанного материала.

Для анализа толщины и площади сечения среза материала сначала определим значение угла контакта δ , то есть центрального угла, соответствующего дуге контакта ротора с материалом.

Из треугольника OBC

$$\cos \delta = \frac{OC}{OB} = \frac{\frac{D}{2} - t}{\frac{D}{2}} = 1 - \frac{2t}{D};$$

$$\delta = \arccos\left(1 - \frac{2t}{D}\right). \quad (2.30)$$

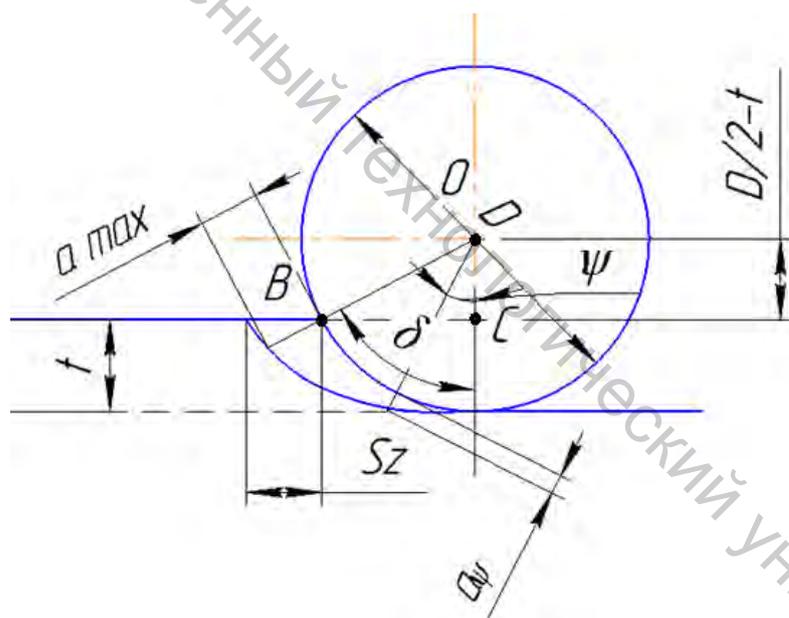


Рисунок 2.14 – Схема срезания материала одним ножом ротора

Толщина слоя срезанного материала a – это расстояние между двумя последовательными положениями траекторий двух смежных ножей, измеренное по нормали, то есть в радиальном направлении, t – толщина материала.

На рисунке 2.15 точка B соответствует моменту выхода первого ножа из зоны контакта с материалом, точка E – то же для второго ножа, δ – угол контакта.

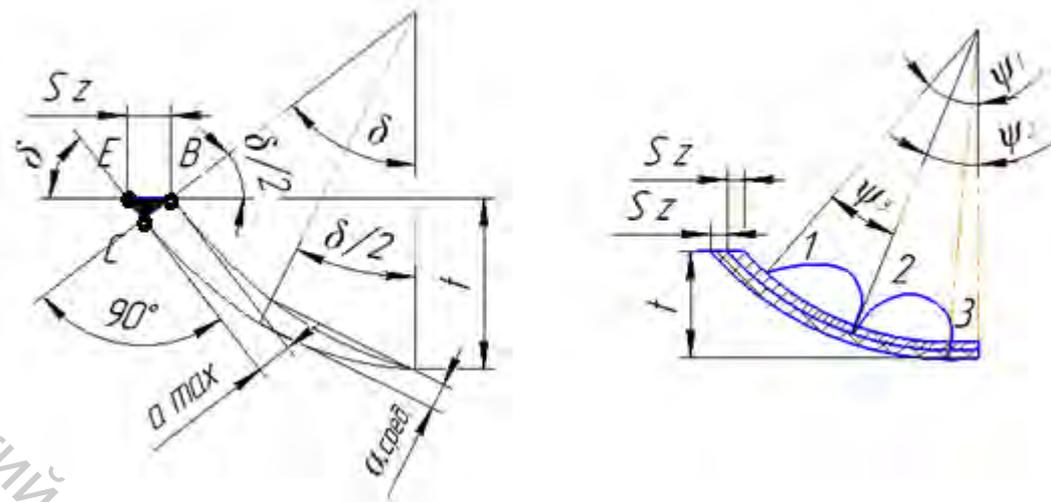


Рисунок 2.15 – Схема определения толщины среза и суммарной площади срезаемого слоя

Из треугольника BCE имеем

$$BC = a_{max} = S_z \cdot \sin \delta \quad (2.31)$$

В общем случае

$$a_{\psi} = S_z \cdot \sin \psi. \quad (2.32)$$

где ψ – мгновенный угол контакта, заключенный между вертикалью и радиусом, проведенным в точку контакта вершины ножа с материалом.

Зная ширину среза B (ширина материала, попадающая под нож) и a_{max} , можно определить площадь поперечного сечения среза, снимаемого одним ножом f

$$f = B \cdot a;$$

$$f_{max} = B \cdot a_{max} = B \cdot S_z \cdot \sin \delta. \quad (2.33)$$

Так как

$$\sin \delta = \sqrt{1 - \cos^2 \delta} = \sqrt{1 - \left(1 - \frac{2t}{D}\right)^2} = 2\sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}}, \quad (2.34)$$

получаем

$$f_{max} = 2B \cdot S_z \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}} \quad (2.35)$$

Учитывая, что при измельчении одновременно работают несколько ножей, вводится понятие суммарной площади поперечного сечения срезаемого слоя. Для ее определения необходимо знать, сколько ножей одновременно находится в работе и мгновенный угол контакта для каждого ножа.

Количество одновременно работающих ножей m будет равно

$$m = \frac{\delta}{\eta}, \quad (2.36)$$

где $\eta = \frac{360}{z}$ – центральный угол между двумя соседними ножами.

Учитывая формулу (2.14),

$$m = \frac{\arccos\left(1 - \frac{2t}{D}\right) \cdot z}{360}. \quad (2.37)$$

Следовательно, значение m будет тем больше, чем больше t , число ножей и чем меньше диаметр ротора по кромкам ножей.

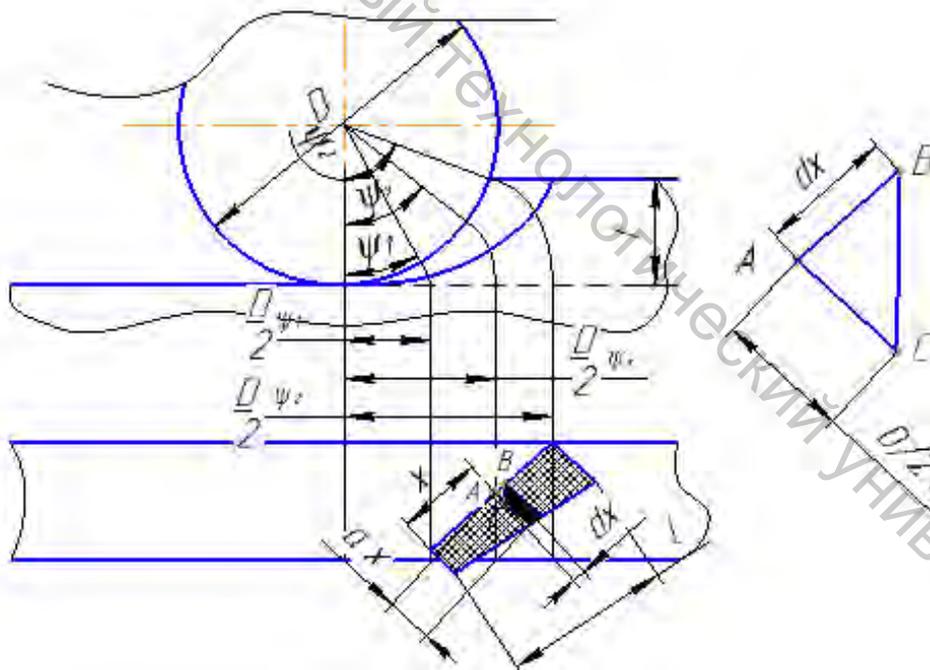


Рисунок 2.16 – Схема определения площади среза

Мгновенные углы контакта для ножей 1, 2, 3 (рис. 2.16) соответственно равны

$$\psi_1 = \delta; \quad \psi_2 = \delta - \eta; \quad \psi_3 = \delta - 2\eta \quad \text{и т. д.}$$

Так как для каждого ножа площадь срезаемого слоя равна

$$f_i = B \cdot S_z \cdot \sin \psi_i, \quad (2.38)$$

суммарная площадь сечения среза

$$F = \sum f_i = B \cdot S_z (\sin \psi_1 + \sin \psi_2 + \dots + \sin \psi_m) = B \cdot S_z \sum_1^m \sin \psi_i. \quad (2.39)$$

Так как f – это сечение среза, снимаемое одним ножом, а l – длина ножа, элементарный участок лезвия ножа dx срезает слой толщиной a_x и поперечным сечением

$$df = a_x dx, \quad (2.40)$$

$$dx = \frac{D}{2} \cdot \frac{d\psi}{\sin \gamma}, \quad (2.41)$$

где γ – угол наклона ножей.

Тогда

$$df = a_x \frac{D}{2} \cdot \frac{d\psi}{\sin \gamma} = S_z \sin \psi \frac{D}{2} \cdot \frac{d\psi}{\sin \gamma}. \quad (2.42)$$

Следовательно, площадь среза равна

$$f = \int_{\psi_1}^{\psi_2} df = \frac{D}{2} \cdot \frac{S_z}{\sin \gamma} \int_{\psi_1}^{\psi_2} \sin \psi d\psi = \frac{D}{2} \cdot \frac{S_z}{\sin \gamma} (\cos \psi_1 - \cos \psi_2), \quad (2.43)$$

а для количества ножей, равным m :

$$F = \sum f = \frac{D}{2} \cdot \frac{S_z}{\sin \gamma} \sum_1^m (\cos \psi_1 - \cos \psi_2). \quad (2.44)$$

При мгновенной толщине срезаемого слоя, равной

$$S_z = \frac{S_m \cdot \pi}{30 \cdot W \cdot z} \sin \psi, \quad (2.45)$$

где S_m – подача материала в минуту, мм.

При условии, что материал подается под действием собственной силы тяжести

$$S_z = \frac{gt^2 \cdot \pi}{30 \cdot W \cdot z} \sin \psi = \frac{mt^2}{\rho^* \cdot a^* \cdot t^2 \cdot 2} \cdot \pi \sin \psi = \frac{m \cdot \pi}{\rho^* \cdot a^* \cdot 60 \cdot W \cdot z} \sin \psi, \quad (2.46)$$

где ρ^* – поверхностная плотность материала, г/м²; a^* – ширина подаваемого материала, м.

Тогда формула (2.22) примет вид

$$F = \frac{D \cdot m \cdot \pi}{120 \cdot \rho^* \cdot a^* \cdot W \cdot z \cdot \sin \gamma} \sum_1^m (\cos \psi_1 - \cos \psi_2). \quad (2.47)$$

Для подтверждения расчетных значений был проведен эксперимент. Принятые при проведении эксперимента параметры работы измельчающего устройства представлены в таблице 2.1. Поверхностная плотность испытуемых образцов равна 200 г/м².

Таблица 2.1 – Основные параметры устройства для измельчения при проведении испытаний

Показатель	Единицы измерения	Значение
1	2	3
Диаметр ножевого ротора по кромкам ножей	мм	200
Рабочая длина ножей	мм	250
Частота вращения ротора	мин ⁻¹	900
Число ножей	шт.	3
Угол наклона ножей	град.	45

Значения площади частиц, полученные экспериментальным и теоретическим путем, представлены на рисунке 2.17.

Из рисунка 2.17 видно, что значение площади частицы, полученной расчетным путем, – 4,6 мм², попадает в интервал 4,0–5,8 мм² размеров частиц, полученных в результате проведенного эксперимента.

В результате произведен анализ основных закономерностей процесса резания текстильных материалов. Установлено, что, варьируя технологическими параметрами режущего инструмента: количеством ножей, диаметром ротора, высотой, длиной ножей и углом их наклона, волокнистая масса достигает равномерной консистенции, а размеры частиц измельчаются до требуемой величины. Получена математическая модель для определения показателей измельчения материалов с позиции размера частиц в общей волокнистой массе [37].

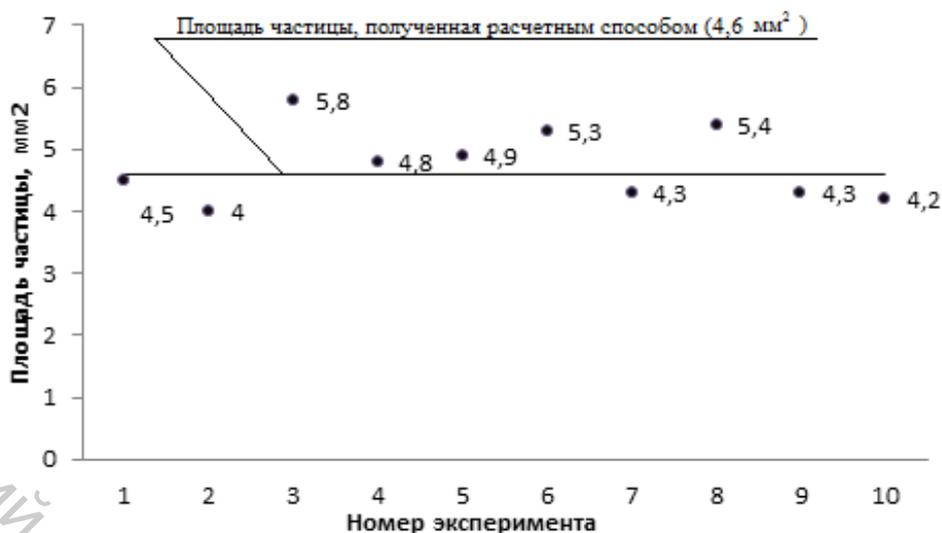


Рисунок 2.17 – Результаты замеров частиц, полученные расчетным и экспериментальным способами

2.2.3 Технологический процесс подготовки текстильных отходов к вторичной их переработке

Подготовка текстильных отходов заключается в их измельчении. Так как отходы имеют различные размеры, для их измельчения чаще всего используют ножевые дробилки и барабанные мельницы (роторные дробилки).

Для подготовки текстильных отходов предлагается использовать универсальный роторный измельчитель ИУР 200 производства «Металлополимер», г. Гомель (рис. 2.18).



Рисунок 2.18 – Универсальный роторный измельчитель ИУР 200

Характеристика предлагаемого для измельчения оборудования представлена в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Универсальный роторный измельчитель ИУР 200

Наименование параметра	Величина параметра
Производительность, кг/ч (в зависимости от измельчаемого материала)	до 200
Частота вращения ножевого ротора, об/мин	900
Число ножей ротора, шт.	3
Число неподвижных ножей, шт.	2
Диаметр ножевого ротора по кромкам ножей, мм	200
Рабочая длина ножей, мм	250
Привод ножевого ротора двигатель АИР132S4У3	N=7,5 кВт, n=1440 об/мин
Габаритные размеры измельчителя, мм	
– длина;	410,5
– ширина;	610
– высота	1395
Масса, кг	400±20

Устройство роторного измельчителя представлено на рисунке 2.19 [115].

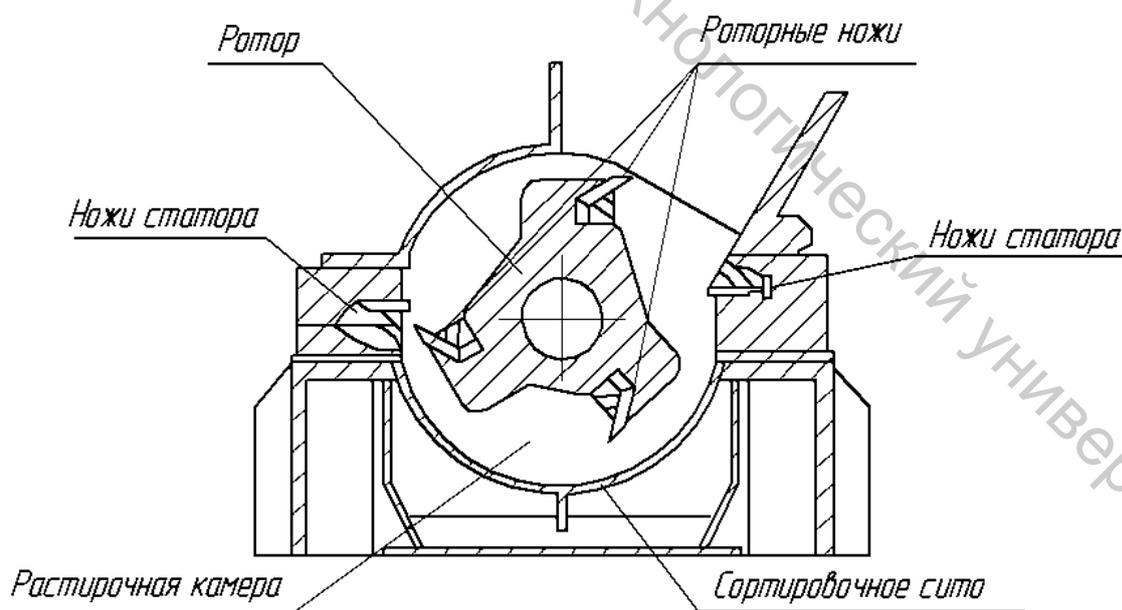


Рисунок 2.19 – Устройство роторного измельчителя ИУР 200

Внешний вид волокнистой массы, подготовленной из текстильных отходов способом измельчения, представлен на рисунке 2.20.

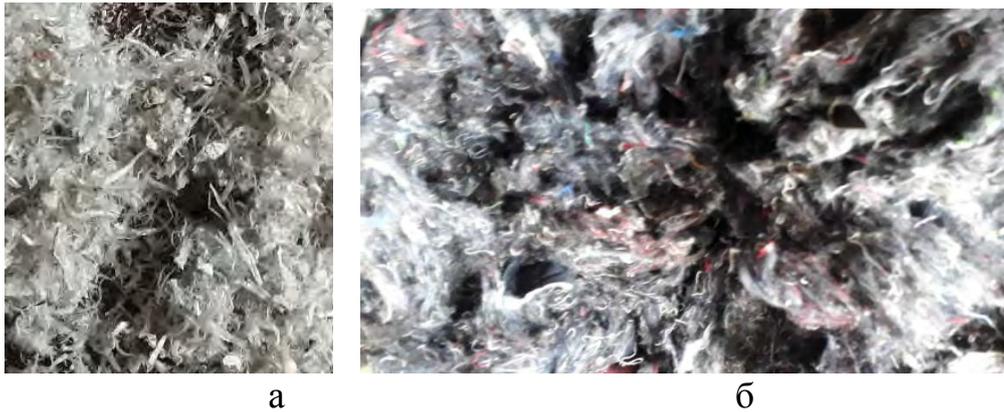


Рисунок 2.20 – Волокнистый материал из измельченной кромки грунтовой ткани: а – отходы кромки грунтовой ткани (ОАО «Витебские ковры»), б – межзаводские выпадки (ОАО «Знамя индустриализации»)

В процессе приготовления смеси ведущей операцией является дозирование материала на один замес смесителя. На заводах используют в основном весовые дозаторы, которые обеспечивают дозирование составляющих по массе с точностью $\pm 1-2\%$. От точности дозирования зависит точность состава.

Процесс измельчения рассмотрен на примере кромки грунтовой ткани. В таблице 2.3 представлена характеристика основных свойств кромки грунтовой ткани до измельчения.

Таблица 2.3 – Поверхностная плотность кромки грунтовой ткани до дробления

Параметры	Кромка	Полипропилен	Нетканый материал
Длина	30 см	30 см	30 см
Ширина	5,5 см	5,5 см	2,4 см
Масса	64 г	3,13	3,32 г
Поверхностная плотность	$387,88 \text{ г/м}^2$	$18,97 \text{ г/м}^2$	$46,11 \text{ г/м}^2$

Основные параметры измельчительного оборудования, которые определены выше, обеспечивают принципиальную возможность получать частицы волокнистого материала необходимого размера, однако не дают полного представления о процессе подготовки отходов кромки грунтовой ткани к вторичной переработке [53, 54].

Актуальными остаются вопросы продолжительности процесса резания, повышения производительности работы измельчителя за счет увеличения частоты вращения ротора и качества получаемой смеси частиц при определенных параметрах процесса резания.

Для решения перечисленных вопросов поставлены следующие задачи:

- исследовать технологический процесс получения однородной волокнистой массы из отходов кромки грунтовой ткани;
- установить степень влияния исследуемых технологических параметров процесса подготовки на качество получаемой волокнистой массы;
- определить оптимальные технологические параметры работы измельчителя для получения волокнистой массы с заданными показателями качества.

Основная цель многофакторного эксперимента – получение математической модели исследуемого процесса в условиях помех со стороны неизвестных или малоизвестных факторов, кроме того, оптимизация управляемого процесса с использованием метода последовательного поиска и оценки эффективности каждого этапа исследования.

Предполагается, что в общем случае получаемая модель будет иметь вид:

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \dots + \sum b_{ii} x_i^2 . \quad (2.48)$$

Во время определения оптимальных параметров подготовки необходимой по степени равномерности волокнистой массы основной целью является получение продукта, в котором частицы будут определенных размеров. Так как форма получаемых при резании кромки грунтовой ткани частиц имеет неправильную форму и вычислить их точную площадь не всегда получается возможным, равномерность процесса подготовки будем оценивать по массе частиц и ее вариации.

В результате анализа измельчителя установлено, что частота вращения ножевого ротора – не менее 900 мин^{-1} , количество ножей – 3 шт., неподвижных ножей – 2 шт.

Минимальный размер частиц определяется разводкой между подвижными и стационарными ножами. Следовательно, с учетом анализа влияния различных факторов свойства волокнистой массы при проведении эксперимента в качестве входных параметров были приняты:

- длительность процесса обработки, мин, X_1 ;
- частота вращения ротора, мин^{-1} , X_2 .

В качестве критериев оптимизации были приняты следующие качественные показатели измельченных отходов:

Y_1 – средняя масса частиц, мм;

Y_2 – коэффициент вариации по массе, %.

Для исследования технологического процесса подготовки волокнистой смеси был использован план-матрица Коно. Уровни и интервалы варьирования факторов были установлены с учетом анализа литературных источников, а также проведенных предварительно расчетов, и приведены в таблице 2.4.

Исследования и оптимизация процесса подготовки коротковолокнистых отходов к вторичной переработке проводились в условиях опытной лаборатории УО «ВГТУ». По каждому варианту был проведен опыт из 30 испытаний.

Таблица 2.4 – Интервалы и уровни варьирования факторов

Наименование фактора	Обозначение	Уровни варьирования			Интервал варьирования
		-1	0	1	
Длительность процесса обработки, мин	X_1	1	2	3	1
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	X_2	900	1000	1100	100

Значимость коэффициентов регрессии в каждой модели установлена по стандартной методике путем сравнения расчетного значения критерия Стьюдента (tR) с табличным (tT). Если расчетное значение критерия Стьюдента больше табличного ($tR > tT$), то коэффициент регрессии значим. Оценка значимости коэффициентов регрессии определялась и по значению уровня Р-фактора (P-level). Коэффициент считается значимым, если уровень Р-фактора меньше 0,05.

Таким образом, математические модели исследуемых параметров подготовки отходов кромки грунтовой ткани имеют следующий вид (формулы 2.49, 2.50).

Средняя масса частиц после измельчения

$$Y_1 = 1,53 - 0,43X_1 - 0,15X_2. \quad (2.49)$$

Анализ полученных данных показал, что средняя масса частиц после подготовки (Y_1) находится в линейной зависимости от длительности процесса обработки (X_1) и от частоты вращения ротора (X_2). Масса частиц уменьшается при увеличении длительности процесса измельчения, но до определенного предела. Разводка между подвижными и неподвижными ножами является пределом измельчения. Уменьшение массы можно объяснить увеличением числа ударов подвижных ножей на одну и ту же частицу в течение установленного времени. При увеличении частоты вращения ротора увеличивается скорость ножей и, следовательно, сила воздействия подвижных ножей на материал. Чем больше это воздействие, тем меньше средняя масса частиц.

Масса частиц определялась путем их взвешивания при помощи весов аналитических ХА120/250/У, характеристика которых представлена в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Характеристика весов марки ХА120/250/У

Показатель	Значение
Наибольший предел взвешивания	120/250 г
Наименьший предел взвешивания	1 мг
Дискретность	0,01 мг/0,1 мг
Диапазон тарирования	250 г
Цена поверочного деления	1 мг
Пределы допускаемой погрешности	От НмПВ до 50 г вкл. $\pm 0,5$ мг
Среднее время стабилизации	4 с
Размеры камеры взвешивания	170x200x220 мм

Коэффициент вариации по массе

$$Y_2 = 16,56 - 16,5X_1 - 6,5X_2 + 5,17X_1^2 + 2,17X_2^2 + 3,5X_1^2X_2. \quad (2.50)$$

Коэффициент вариации по массе частиц после процесса подготовки уменьшается при увеличении длительности обработки исходного материала (воздействие ножей на материал) (X_1). Это объясняется тем, что увеличивается кратность воздействия измельчающих органов на частицы. С увеличением частоты вращения ротора (X_2) увеличивается количество массы, которая заполняет пространство между ножами, подвижными и неподвижными. Центробежная сила увеличивается и заставляет движущийся волокнистый поток прижиматься к стенке дробилки и неподвижным ножам. Вследствие чего в большей степени увеличивается доля волокон, которые подвергаются обработке рабочими органами машины.

С помощью полученных математических моделей возможно определить характер влияния каждого фактора на свойства получаемой волокнистой массы. А при их рассмотрении в совокупности определить допустимые уровни факторов, которые обеспечивают возможность получения волокнистой массы с заданными свойствами.

В зависимости от требуемых показателей качества получаемой волокнистой смеси с необходимым размером частиц следует вырабатывать ее с определенным сочетанием длительности обработки и частоты вращения ротора дробилки. В результате экспериментальных исследований получена область оптимальных значений.

При частоте вращения ротора 1050 мин^{-1} в течение 1,3 минуты получается дробленый материал, в которой частицы равномерны по массе 1,53 г, с коэффициентом вариации 22 %, что позволяет в дальнейшем использовать в различных технологиях [39].

2.3 Технология производства нетканых материалов иглопробивным способом с использованием кромки грунтовой ткани

На предварительных этапах были проведены исследования отходов кромки грунтовой ткани. Свойства составляющих кромки грунтовой ткани, имеющие значение при производстве нетканых материалов, представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Свойства составляющих кромки грунтовой ткани

Вид составляющих	Процентное содержание в кромке, %	Температура плавления, °С	Температура воспламенения, °С
Полипропилен	20,0	130-170	325-350
Полиамид	12,5	254-260	355-435
Полиэфир	14,6	258-260	341-349
Аппретирующая смесь	52,9		

Как отмечалось ранее, подготовка отходов кромки грунтовой ткани заключается в ее измельчении. В результате измельчения количество аппретирующей смеси в отходах снижается приблизительно в два раза вследствие потерь в воздуховоде дробилки. Свойства смеси после измельчения представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Свойства смеси после измельчения

Объемная плотность, г/м ³	Коэффициент вариации частиц по массе, не более, %	Средняя масса 1-й частицы, г	Процентное содержание, %			
			полипропилен	полиамид	полиэфир	аппретирующая смесь
$242/0,016 =$ 15125 г/м^3 $= 15,1 \text{ кг/м}^3$	22	1,53	31,0	19,0	23,0	27,0

Экспериментальные исследования возможности использования образующихся на предприятии ОАО «Витебские ковры» отходов были проведены на ООО «Нетканый мир» в г. Пружаны.

Технологический процесс складывается из следующих основных этапов:

- подготовка волокнистого сырья;
- разрыхление сырья, смешивание;
- формирование прочёса – тонкого слоя холста из равномерно распределённых в нём волокон или образование сетки из продольно и поперечно уложенных нитей;

- скрепление элементов структуры волокнистого холста из нитей иглопробивным способом;
- отделка с целью придания нетканому полотну определённых свойств.

Весь процесс производства нетканого материала можно представить в виде схемы, представленной на рисунке 2.21.



Рисунок 2.21 – Схема технологического процесса производства нетканого материала иглопробивным способом

Техническая схема технологического процесса получения иглопробивного полотна представлена на рисунке 2.22.

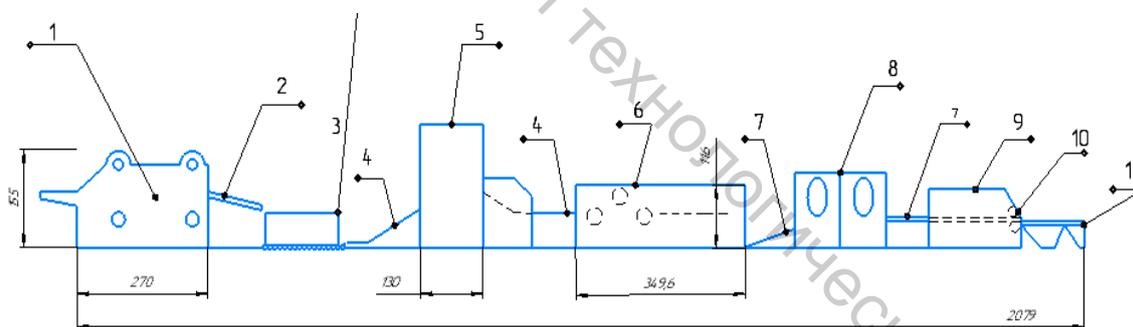


Рисунок 2.22 – Техническая схема технологического процесса получения иглопробивного полотна: 1 – двухбарабанный разволокнитель NSX-QT210, 2 – транспортёр подающий, 3 – телега для сбора сырья, 4 – транспортёр направляющий, 5 – машина подачи волокна, 6 – преобразователь прочеса ПП-250, 7 – роликовый транспортёр, 8 – иглопробивная машина, 9 – печь для термосоединения с 1 лентой ОТ с охлаждающим каландром, 10 – каландры, 11 – стол для нарезки полотна

Технология получения таких нетканых материалов не отличается от существующей. Особенностью является волокнистый состав полученных материалов, в котором есть разный процент содержания измельченной кромки грунтовой ткани.

В результате были наработаны образцы, характеристика которых представлена в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Характеристика образцов

Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм
1	2	3

Полученные полотна могут служить основой для производства строительных, отделочных и других подобных материалов. Технический результат заключается в повышении прочности, расширении функциональных возможностей нетканого иглопробивного материала и использовании отходов, которые ранее утилизировались.

Предполагается, что полученный материал обладает хорошими эксплуатационными и звукоизолирующими свойствами, а кроме этого, является отличным утеплителем, поэтому может широко применяться:

- в мебельном производстве (мебель для дома, матрасы, автomeбель);
- в швейном деле (изготовление спальных мешков, а также зимней рабочей одежды и спецодежды);
- другое (гладильные доски, утепления для стальных дверей и т. д.).

2.4 Технология производства нетканых материалов способом термоскрепления с использованием кромки грунтовой ткани и межлекальных выпадов

Технология получения нетканых материалов способом термоскрепления включает следующие основные операции: подготовку сырья, формирование волокнистой основы, скрепление волокон [39].

Испытания проводились на ООО «Акотерм Флакс», г. Ореховск. Предприятие оснащено линией по производству нетканых материалов компании Cormatex, системой Airlay, получившую также название Lap FormAir (рис. 2.23). Система имеет базовые отличия от существующих аэродинамических установок, поскольку основана на принципе формирования холста в камерах повышенного давления, в отличие от традиционных декомпрессионных систем, использующих разрежение воздуха внутри перфорированных рабочих органов, на поверхности которых накапливаются слои материала. Система Lap FormAir относится к установкам вертикального типа, в то время как традиционные технологии используют горизонтальный принцип формирования холста.

Преимуществом технологии Cormatex является исключительная однородность получаемого холста в трех измерениях благодаря качественному поэтапному перемешиванию различных, в том числе абсолютно разнородных компонентов, до финальной стадии накопления смеси в конденсирующей камере повышенного давления при поддержании автоматического контроля равномерного заполнения на каждом квадратном сантиметре площади материала.

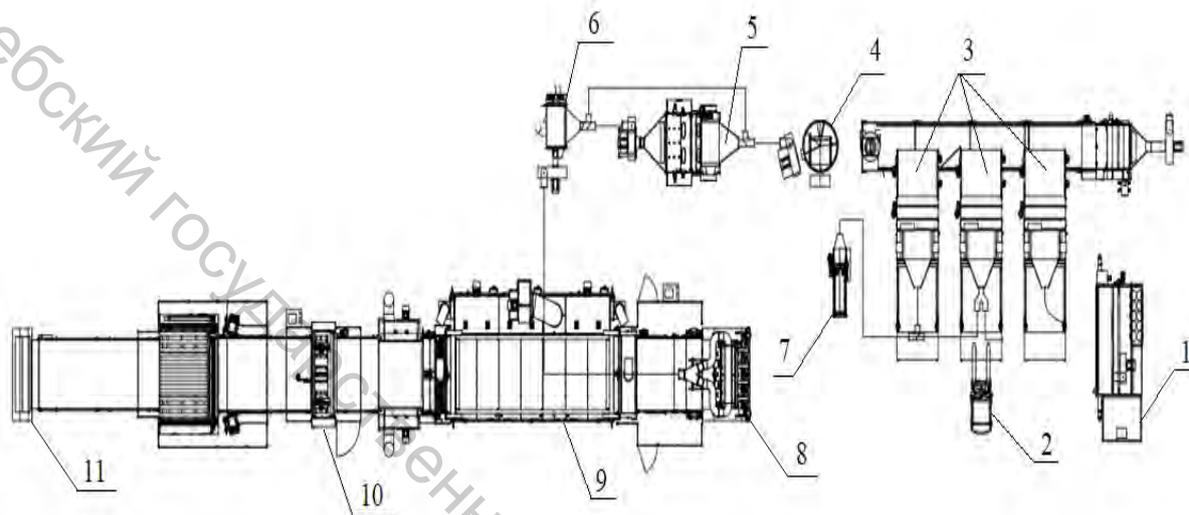


Рисунок 2.23 – Линия по производству нетканых материалов Lap FormAir компании Cormatex: 1 – кипоразрыхлитель, 2 – электроштабелер, 3 – поперечный накопительный конвейер с предварительным разрыхлителем, 4 – замасливающая камера, 5 – тонкий разрыхлитель, 6 – промежуточный башенный питатель, 7 – измельчитель отходов, 8 – lap formair, 9 – термосвязывающая печь, 10 – продольный и поперечный резак, 11 – намотчик

Также преимуществом технологии Lap FormAir является возможность перерабатывать как однородные волокна любого качества, так и смеси, состоящие из волокон и любых неволокнистых материалов, длина и форма которых не оказывает никакого отрицательного влияния на качество получаемого материала. Это возможно благодаря отсутствию в Lap FormAir каких-либо расчесывающих рабочих органов, обычно применяющихся в традиционных системах Airlay.

Для экспериментальных исследований и наработки опытной партии нетканых материалов с использованием отходов кромки грунтовой ткани было выбрано три состава смеси, представленные в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Экспериментальные составы смеси

№ образца	Волокнистый состав	Процентное содержание, %
1	– отходы кромки грунтовой ткани;	42
	– полиэфирное бикомпонентное волокно марки 4DE51Слон (производство Корея);	15
	– полиэфирное волокно марки 6DE64 (производство Корея)	43
2	– отходы кромки грунтовой ткани;	65
	– полиэфирное бикомпонентное волокно марки 4DE51Слон (производство Корея);	15
	– регенерированное волокно (измельченные межлекальные отходы швейного производства)	20
3	– отходы кромки грунтовой ткани	100

Полиэфирное бикомпонентное волокно марки 4DE51Слон (производство Корея) (рис. 2.24) является термосвязывающим (скрепляющим) волокном, имеет температуру плавления 130–150 °С.

Полиэфирное волокно марки 6DE64 (производство Корея) (рис. 2.25) – полое высокоизвитое несиликонизированное волокно (non-Silicon polyester fiber (HCnS)).



Рисунок 2.24 – Полиэфирное бикомпонентное волокно марки 4DE51Слон (производство Корея)



Рисунок 2.25 – Полиэфирное волокно марки 6DE64 (производство Корея)

Отходы швейного производства на предприятие поступают в виде межлекальных выпадов и подвергаются измельчению с помощью кипоразрыхлителя, представленного на рисунке 2.26.

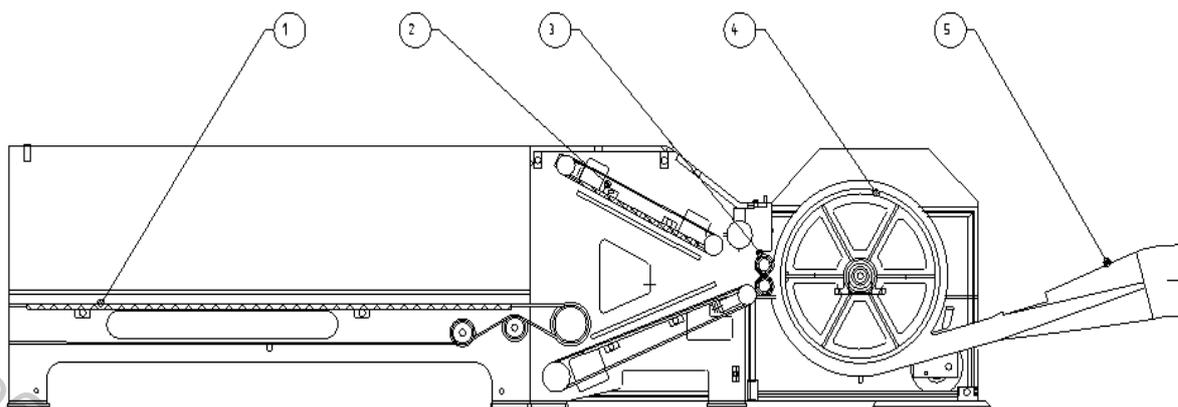


Рисунок 2.26 – Кипоразрыхлитель

Кипоразрыхлитель состоит из 1 подающей ленты, 2 цилиндра, 3 секции подачи, 4 режущего цилиндра, 5 выпускного бункера. Кипоразрыхлитель работает по принципу роторной дробилки, измельчение в которой достигается за счет вращающегося режущего цилиндра. Задача машины заключается в выполнении первого разрыхления волокна, называемого предварительным разрыхлением. Волокнистый материал вручную загружается на ленточный транспортер, прижимается прессовым цилиндром для уменьшения объема перед загрузкой в машину. Загрузка выполняется с помощью набивных (питающих) цилиндров. Операция разрыхления осуществляется благодаря тому, что разрыхлительный (режущий) цилиндр 4, вращающийся на периферийной скорости около 1000 м/мин и облицованный снаружи металлическими иглами, старается разорвать материал, который подается и одновременно удерживается питающими цилиндрами. Разрыхленный таким образом материал затем всасывается вентилятором через канал и направляется на последующую обработку.

Затем все компоненты подаются на поперечный накопительный конвейер с предварительным разрыхлителем (рис. 2.27) – секция дозирования.

Питающий ленточный передний транспортер изготовлен из пластикового материала, усиленного пластиковыми поперечными планками. Весы состоят из камеры с нижней частью, открываемой с помощью механизма, управляемого пневматическим цилиндром. Они крепятся под верхней частью машины с помощью пары стальных тросов, которые в свою очередь прикреплены к паре тензодатчиков.

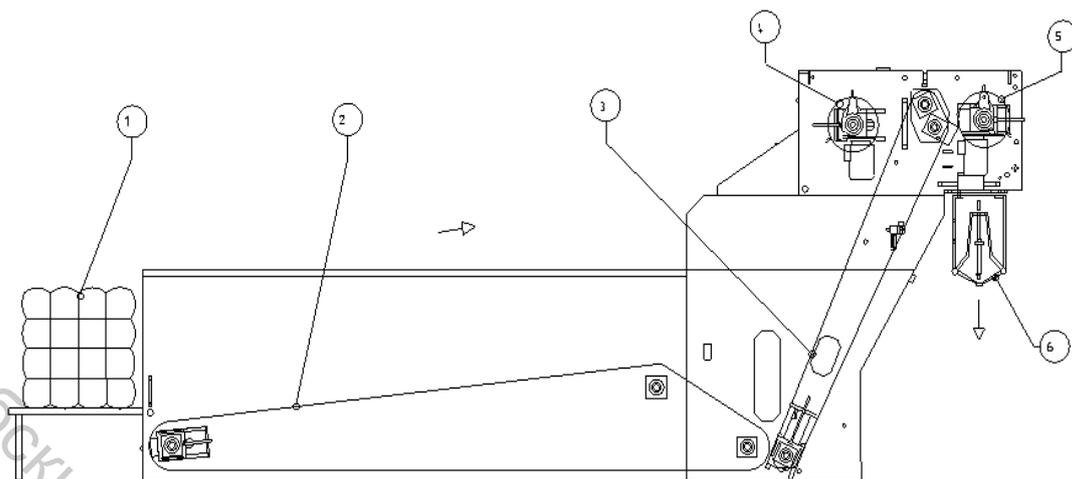


Рисунок 2.27 – Поперечный накопительный конвейер с предварительным разрыхлителем: 1 – прессованные тюки, 2 – питающий ленточный передний транспортер, 3 – загрузочный игольчатый ленточный транспортер, 4 – дозирующий цилиндр, 5 – выпускной цилиндр, 6 – весы

Материал, поступающий с игольчатого ленточного транспортера, подается внутрь бункера до достижения желаемого веса. Только после достижения этого момента весы могут открыться и выполнить подачу материала в дальнейшую обработку. Таким образом, в секции дозирования осуществляется подача материала в необходимом процентном соотношении согласно таблице 2.18.

Ширина загрузочной поверхности – от 2000 до 4000 мм, длина загрузочной поверхности – до 15000 мм, производительность – до 3000 кг/час в зависимости от типа используемого волокна и рабочей ширины линии.

На данном этапе за счет содержания в измельченных отходах кромки грунтовой ткани аппретирующей смеси, которая при измельчении приобретает порошкообразную массу и при подаче на игольчатый транспортер не захватывается. Состав отходов, подающийся на весы, изменяется (табл. 2.10).

Таблица 2.10 – Свойства отходов кромки грунтовой ткани при подаче на весы

Процентное содержание, %			
полипропилен	полиамид	полиэфир	аппретирующая смесь
39,0	24,0	30,0	7,0

Термофиксация нетканого материала в печи происходит при температуре 180 °С, а температура плавления полипропилена составляет 130–170 °С. За счет содержания в смеси 39 % полипропилена было

выдвинуто предположение о возможности изготовления нетканого материала из 100 % измельченных отходов кромки грунтовой ткани (образец смеси № 1).

Затем по воздуховоду материал поступает в замасливающую камеру (рис. 2.28).

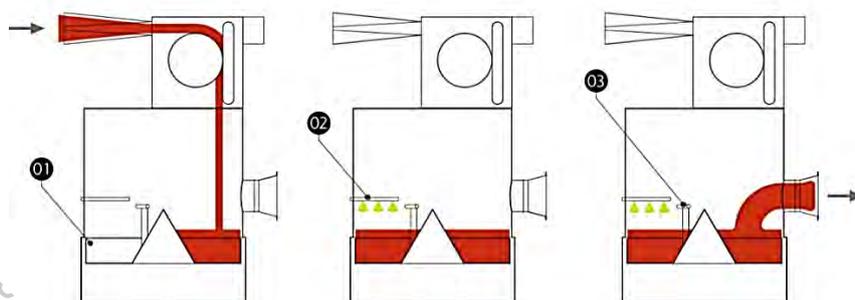


Рисунок 2.28 – Замасливающая камера: 1 – конденсор питания, 2 – вращающаяся пластина из нержавеющей стали, 3 – распыляющие сопла

Волокно подается в замасливающую камеру циклоном или конденсором питания 1 и падает на вращающуюся пластину 2, которая перемещает его под распыляющими соплами 3. Детектор волокон определяет наличие волокна и приводит в действие распыляющие сопла. Затем волокно подается пневмотранспортом на последующие стадии процесса.

Затем материал поступает в тонкий разрыхлитель (рис. 2.29).

Материал с конвейера, расположенного над камерой питания 1, спускается в камеру объёмного типа 2, где утрамбовывается, а затем питающими валиками 3 подаётся в систему питания. Система питания набирает волокна и направляет их на главный барабан 5. Все действия выполняются на довольно небольшом пространстве, что способствует выполнению высокой степени разрыхления материала. Затем с помощью вытяжного устройства материал выбрасывается через бункер выхода 6.

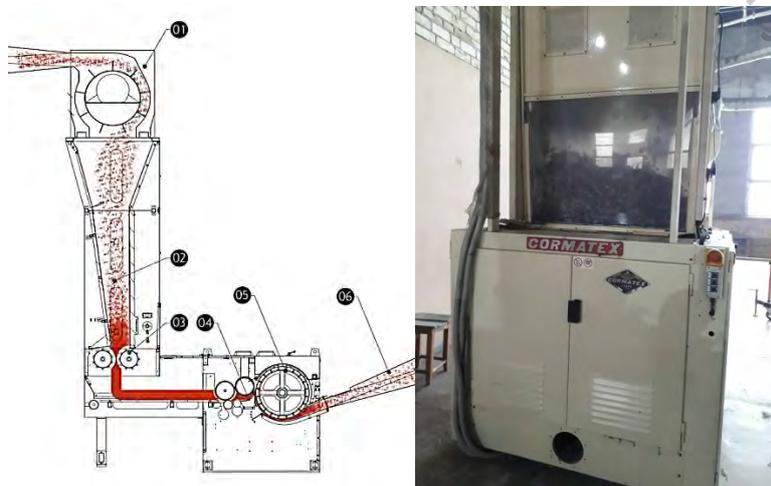


Рисунок 2.29 – Тонкий разрыхлитель

Затем материал подается в башенный питатель (рис. 2.30). Конструкция нижней камеры из нержавеющей стали, верхняя и нижняя камеры с неподвижными стенками и окнами для проверки, машина имеет специальные регулируемые воздухопроводы для удаления избыточного воздуха, реле давления на канале подачи волокна для контроля количества подачи волокон, дифференциальное реле давления на нижней камере для контроля уровня наполнения волокном и его равномерного распределения вдоль рабочей ширины машины. Диапазон поверхностной плотности: до 3000 г/м².

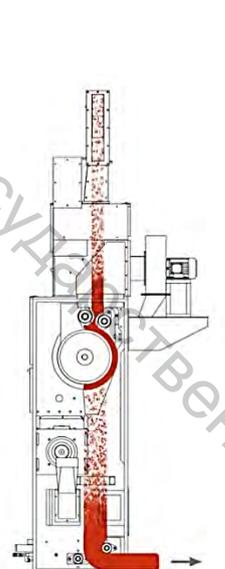


Рисунок 2.30 – Башенный питатель

Далее волокнистая масса по воздухопроводу попадает в машину Lap FormAir (рис. 2.31).

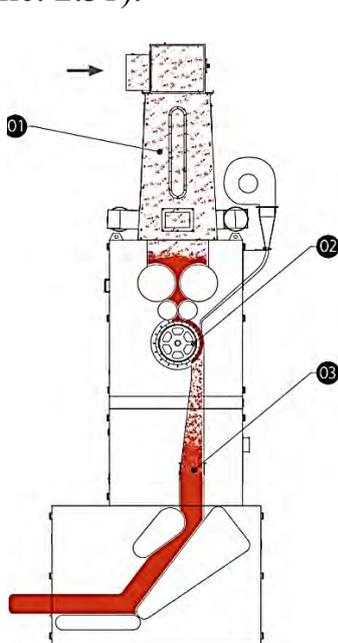


Рисунок 2.31 – Lap FormAir

Волокно пневматически подается в верхнюю формирующую камеру 1, где накапливается, формируя партию волокна, равномерно распределенную вдоль рабочей ширины машины. Специальная модулирующая система питания (промежуточный башенный питатель) гарантирует равномерный и постоянный уровень материала в верхней формирующей камере. Затем материал подается через секцию разрыхления 2 в нижнюю формирующую камеру 3, где он равномерно наслаивается. В нижней формирующей камере создается повышенное давление воздуха электровентиляторами и специальной системой автоматического контроля удаления избыточного воздуха, позволяющими точно контролировать распределение волокон и плотность окончательного продукта даже при обработке неоднородных материалов.

Техническая характеристика Lap FormAir представлена в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Техническая характеристика Lap FormAir

Показатель	Значение
Рабочая ширина	от 1000 до 4000 мм
Производительность	до 500 кг/ч на метр ширины
Диапазон поверхностной плотности продукта	от 300 и более 8000 г/м ² , в зависимости от перерабатываемого материала
Окончательная толщина материала	до 200 мм
Диапазон длин волокон	от 20 до 150 мм
Максимальное отклонение плотности	± 5%
Ориентация волокон	беспорядочно распределенное вертикальными слоями

Затем сформированный настил поступает в печь термоскрепления (рис. 2.32) по ленточному транспортеру.



Рисунок 2.32 – Печь термоскрепления

Технические характеристики печи термоскрепления представлены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Технические характеристики печи термоскрепления

Показатель	Значение
1	2
Рабочая ширина, мм	3400
Количество камер термоскрепления	4 – общая длина 9000 мм
Нагрев	с помощью 3 газовых горелок прямого нагрева
Количество конвейеров	2 (верхний – для калибровки, нижний – для транспортировки волокон)
Максимальное расстояние между конвейерами, мм	250
Линейная скорость, м/мин	0-15
Циркуляция воздуха	контролируемый цикл вдувания/всасывания
Направление воздушного потока	двунаправленное в каждой камере (всего 8 разных направлений)
Рабочая температура, °С	80-180

Регулирование толщины готового материала достигается с помощью верхнего транспортера в печи и прижимным выпускным каландром секции охлаждения и ламинирования (рис. 2.33).



Рисунок 2.33 – Секция охлаждения и ламинирования

Образцы под № 1 при выходе из печи не зафиксировали свою форму. Это может быть связано с потерей полипропиленовых волокон в процессе переработки смеси вследствие слишком мелкой фракции подготовки отходов кромки грунтовой ткани.

Готовый материал поступает на продольный и поперечный резак (узел резки) (рис. 2.34).

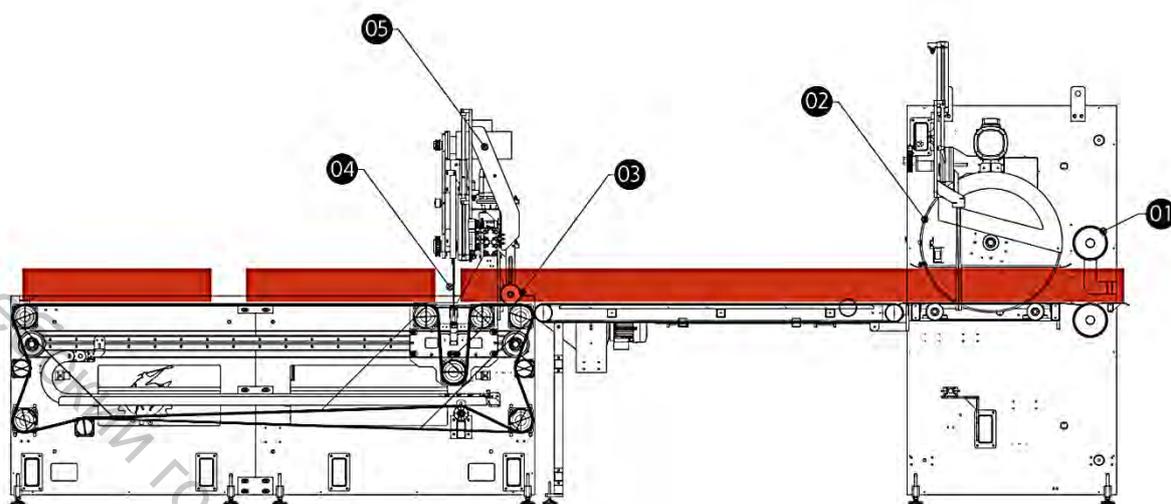


Рисунок 2.34 – Узел резки

Узел резки состоит из следующих основных элементов:

- боковины – две стальные пластины, соединенные двумя поперечинами, представляющими собой несущую конструкцию машины, на которых смонтированы все органы управления и передачи, необходимые для движения обрабатываемой ленты,

- узла поперечной резки, состоящего из электрического двигателя, шкива-маховика с фрикционной муфтой, пары зубчатое колесо – зубчатый венец с винтовыми зубьями, эксцентриковой системы с двумя рычагами, соединенными передаточным валом, держателей ножа, ножа и упорной поперечины,

- каландра, состоящего из нижнего и верхнего цилиндров, подвижных стальных скоб, с одной стороны соединенных с пневматическими поршнями и с другой – с опорами верхних цилиндров,

- узла продольной резки, состоящего из поперечины из трубчатого профиля, жестко соединенной с двумя боковинами, для крепления устройства продольной резки, пневматических цилиндров с двойным действием, скоб для крепления цилиндров и точек опор для рычагов суппорта ножа и дисков из обработанной и заточенной стали.

Материал подается на группу продольной нарезки 2 и направляется парой каландрирующих валиков 1 с автоматической регулировкой давления. Группа продольной нарезки оснащена резаком давилного типа. Другая пара каландрирующих валиков 3 направляет материал вперед на поперечный резак 4 с сохранением абсолютно выправленного положения. Группа поперечной нарезки оснащена резаком гильотинного типа. Группа поперечной нарезки установлена на

передвижную тележку 5 с целью выполнения идеально прямого реза без останова линии.

В случае задействования двух групп резки (продольной и поперечной) на выходе имеем плиты размером 600x1000 мм. При отключении ножа в узле поперечной резки материал сматывается в рулон.

В результате были наработаны образцы нетканых материалов, свойства которых и область их дальнейшего применения представлены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Свойства полученных образцов

№ образца	Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м ²	Область применения
1	50	34	теплоизоляция
	40	46	
	20	65	тепло- и шумоизоляция
2	50	59	теплоизоляция
	15	46	тепло- и шумоизоляция
	5	46	подложка под ламинат и линолеум
3	-	-	-

Полученные материалы из полиэфирных волокон с использованием отходов кромки грунтовой ткани, по сравнению с аналогичными материалами без добавления отходов, имеют более высокую плотность (табл. 2.14), что увеличит теплоизоляционные и шумоизоляционные свойства. Материалы с использованием регенерированного волокна по поверхностной плотности остались неизменными.

Таблица 2.14 – Свойства нетканых полотен аналогов без отходов кромки

Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м ²	Состав
50	18	полиэфирное бикомпонентное волокно марки 4DE51Слон (производство Корея) – 15 %, полиэфирное волокно марки 6DE64 (производство Корея) – 85 %
40	25	
20	35	
50	55	полиэфирное бикомпонентное волокно марки 4DE51Слон (производство Корея) – 15 %, регенерированное волокно (измельченные межлекальные отходы швейного производства) – 85 %
15	45	
5	45	

Полученные теплоизоляционные плиты благодаря уникальному расположению волокон и однородности продукции сохраняют форму и размер плит при эксплуатации как в горизонтальном, так и вертикальном положении. По согласованию с заказчиком возможно изготовление плит разного размера.

Таким образом, введение отходов кромки грунтовой ткани в состав нетканых материалов позволило увеличить их массу, плотность, жесткость и каркасность, что положительно скажется на эксплуатационных свойствах готовых материалов [33, 34].

2.5. Практическое применение полученных нетканых материалов

Полученные нетканые материалы были внедрены в различные виды продукции [24–28].

Внедрение нетканых материалов в производственный процесс мебели и ее составляющих. Все используемые материалы, составляющие пакет для изготовления мягкой мебели, представлены на рисунке 2.35. Внедрение проводилось на ЗАО «Молодечномебель».



Рисунок 2.35 – Пакет материалов для изготовления мягкой корпусной мебели

Так же были изготовлены на матрацники и составляющая часть матрасов, разрез которых представлен на рисунке 2.36.

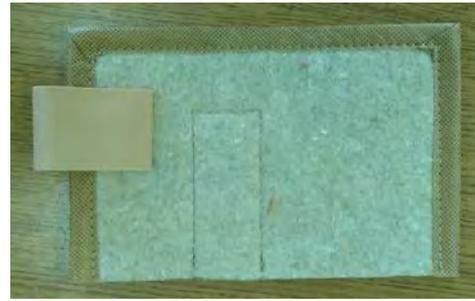
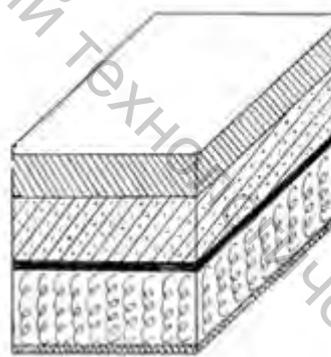


Рисунок 2.36 – Использование нетканых материалов в матрасах и наматрацниках

Использование нетканых материалов в производстве аксессуаров для автомобилей. На производстве предприятия ЧУПП «Матекспром» предлагается использование нетканых материалов, полученных из текстильных отходов при производстве чехлов (рис. 2.37) – для уплотнения поверхности сиденья, с целью устранения провисания и растяжения ткани в процессе эксплуатации, что увеличит срок эксплуатации изделия [34].



Ткань
 Пенополиуретан
 SN3540
 Нетканый материал
 Пружинный блок
 Спандбонд

Рисунок 2.37 – Использование волокнистых плит при изготовлении автомобильных чехлов

Так же использование волокнистых плит предлагается в производстве органайзера складного в багажник автомобиля (рис. 2.38). В боковые стенки изделия вставляется пластик – дорогостоящий материал, который значительно поднимает цену на готовое изделие, а замена его на прессованный нетканый волокнистый материал позволит снизить себестоимость готовой продукции [36].

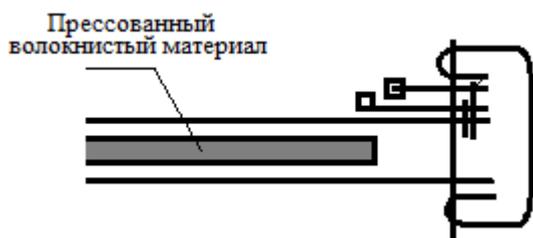


Рисунок 2.38 – Использование волокнистых плит при изготовлении автомобильных органайзеров

Нетканое полотно толщиной 5 мм предложено использовать при изготовлении накладки-корректора ремня безопасности. Основным страховочным устройством в современных автомобилях является ремень безопасности. Он одинаково эффективен как для взрослых, так и для подростков. При этом имеется существенный недостаток, связанный с тем, что по своей конструкции он регулируется под рост от 150 сантиметров. Если же ребенок ниже, ремень, затянутый по максимуму, будет располагаться под самой шейей. Это неудобно и опасно.

Адаптер ремня безопасности (накладка-корректор ремня безопасности) имеет следующие преимущества:

- прекрасно подходит как для задних, так и для передних сидений;
- максимально прост в использовании;
- установка занимает меньше минуты;
- использование не требует специальных навыков;
- подходит под любую весовую категорию;
- удобный и максимально безопасный.

Внешний вид адаптера и методы обработки представлены на рисунке 2.39.

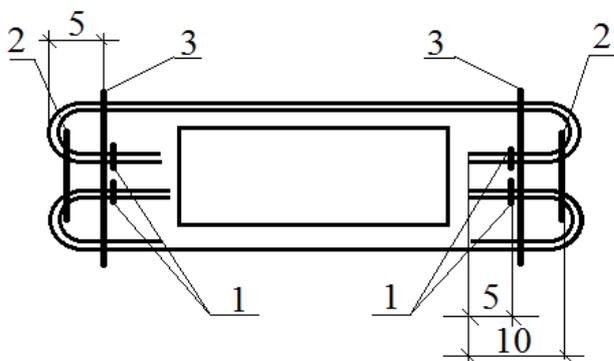


Рисунок 2.39 – Внешний вид и методы обработки адаптера ремня безопасности

Особая популярность таких изделий вызвана невысокой ценой и простотой использования. Адаптер пристегивается к ремню безопасности и укрепляется на талии или под грудью ребенка.

Использование нетканых материалов при изготовлении подушек для животных. Каждое животное нуждается в собственном уголке, где его никто не потревожит. Однако спать на полу, в пластиковой коробке или на жесткой подстилке питомцу совсем не в радость.

Сейчас этот рынок стремительно развивается. К примеру, пару лет назад домик для домашних животных можно было приобрести только под заказ или в сети Интернет, а сейчас они продаются в каждом магазине. Владельцы домашних питомцев любят своих подопечных и стараются как можно лучше обеспечить для них максимальный комфорт. Домашние питомцы в любом случае найдут для себя уютное любимое место, а для того чтобы уберечь от этой роли кровать или кресло, владельцы приобретают специальные предметы мебели, которые предназначены только для животных. Хозяева собак и кошек с радостью покупают интересные предметы мебели, особенно это подходит к жителям городов и мегаполисов.

Все разнообразие мебели для домашних животных изготавливается из мягких материалов. Внутри мебели непременно должен присутствовать наполнитель из мягких материалов. Питомцам это очень нравится. А снаружи оформляется в разнообразных цветовых решениях из износостойких тканей. Поэтому при изготовлении мебели для животных учитывается то, что владельцы покупают мебель, прежде всего для себя, а потом уже для питомца. Это говорит о том, что необходимо создавать мебель универсальную, под любой интерьер.

Найти канал сбыта в настоящий момент довольно просто. На рынке пока еще мало фирм, занимающихся изготовлением мебели для домашних животных, и благодаря этому есть возможность без труда выбрать способ сбыта мебели для домашних животных. Кроме выставок товара в зоомагазинах, есть возможность устроить размещение объявлений о мебели в ветеринарных клиниках, аптеках и прочих заведениях, которые посещает принципиальный покупатель.

Приняв вышеизложенное во внимание, было предложено использовать нетканый материал и сами отходы при изготовлении подушек для животных в производственных условиях унитарного предприятия «Пинскдрев-Евро-Мебель».

На рисунке 2.40 изображен внешний вид и методы обработки подушки для животных.



Рисунок 2.40 – Внешний вид и методы обработки подушки для животных

Чехол стачивается шириной шва 10 мм (строчка 1). В шве стачивания частей чехла оставляется нестачанный участок длиной 20–25 см. Далее в отверстие вставляются выкроенные по лекалу детали наполнителя из нетканого материала.

Закрепление наполнителя производится по заранее намеленной линии на универсальной машине челночного стежка (строчка 2). Края подушки наполняются отходами (без клеевого связующего), что дает возможность получить объемную форму. Оставленное отверстие дотачивается, либо обрабатывается застежка на тесьму-молнию.

Использование нетканых материалов при изготовлении спецодежды. К спецодежде для целого ряда производств предъявляются специальные требования, достижение которых возможно только при использовании тканей и фурнитуры с определенными свойствами, которые обладают повышенной стойкостью относительно воздействий таких факторов, как высокая или низкая температура, газы, кислоты и щелочи, термические и механические воздействия (искры металла, искр, брызг расплавов, агрессивных химических веществ, щепки и пр.). В соответствии с данными повышенными требованиями к спецодежде фабрики по изготовлению тканей применяют в процессе производства не только классические исходные материалы растительного происхождения (хлопок или лен), животного происхождения (шерсть, шелк), но также искусственные материалы и синтетические волокна (капрон, лавсан, хлорин, фторлон), в том числе с включением добавок на полимерной и композитной основе [48].

Растущая популярность нетканых материалов и изделий из них обусловлена несколькими факторами:

- по сравнению с традиционными способами производства в текстильной промышленности (ткачеством и прядением) создание нетканых материалов отличается относительной простотой технологии. Соответственно, изделия, в т. ч. СИЗ, получают дешевле тканых аналогов;

– характеристики нетканых материалов при более простой технологии производства ничуть не уступают, а во многих случаях даже превосходят характеристики текстильных изделий;

– широкий спектр применения технологических решений позволяет разрабатывать и изготавливать нетканые материалы под индивидуальные требования (в т. ч. с учетом специфики загрязнения производственной территории и конкретных рабочих мест) с принципиально новыми эксплуатационными свойствами, что недоступно при классическом производстве текстильной продукции.

Именно благодаря широкой варьированности свойств нетканых материалов они находят разнообразное применение. Из них шьют повседневную и специальную одежду. Огнеупорные нетканые материалы используются в качестве прокладочных для одежды пожарных и других специалистов, работающих в условиях повышенных температур. Кислотозащитные нетканые материалы нужны для производства спецодежды для работников химической промышленности. Широко применяются нетканые материалы при изготовлении различных фильтров для жидкостей и техники для вентиляции и кондиционирования, специальные фильтры для пылесосов, при производстве ковров. Незаменимы такие их свойства, как внешняя схожесть с текстилем, отличная воздухопроницаемость и повышенная износостойкость.

Наработанный нетканый материал рекомендуется использовать в качестве прокладочного материала в наколенниках и налокотниках. Мягкость и формоустойчивость нетканого материала позволит улучшить эксплуатационные свойства изделия. На рисунке 2.41 изображены внешний вид и методы обработки данного узла.

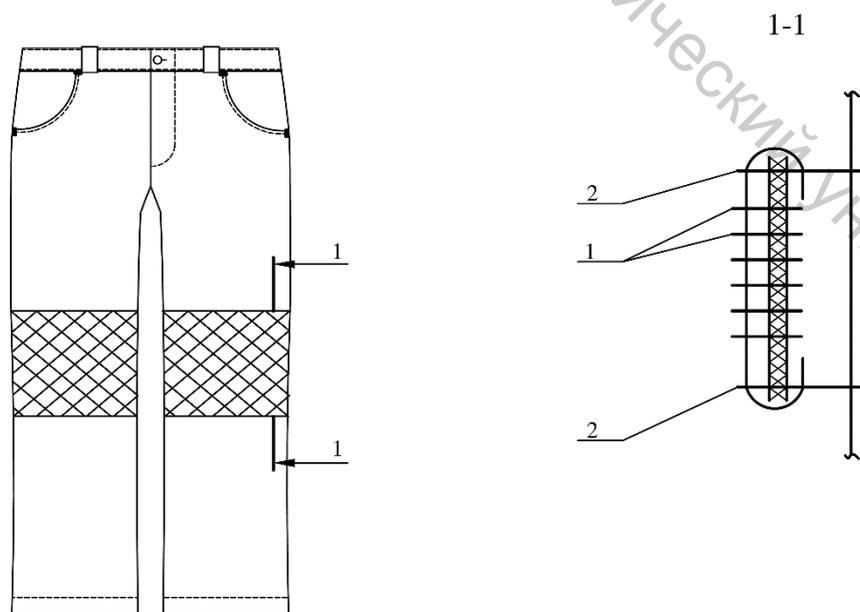


Рисунок 2.41 – Обработка наколенников на передних частях брюк

Наколенник с нетканой прокладкой предварительно простегивается на многоигольной машине (строчка 1). Затем поперечные края подгибаются и настрачиваются на передние части брюк, шириной шва 2 мм (строчка 2). Окончательное закрепление наколенника происходит при стачивании боковых и шаговых срезов.

На рисунке 2.42 изображены методы обработки налокотников на рукавах рабочей куртки. Технология обработки налокотников аналогична обработке наколенников. Окончательное закрепление налокотников происходит при стачивании швов рукава.

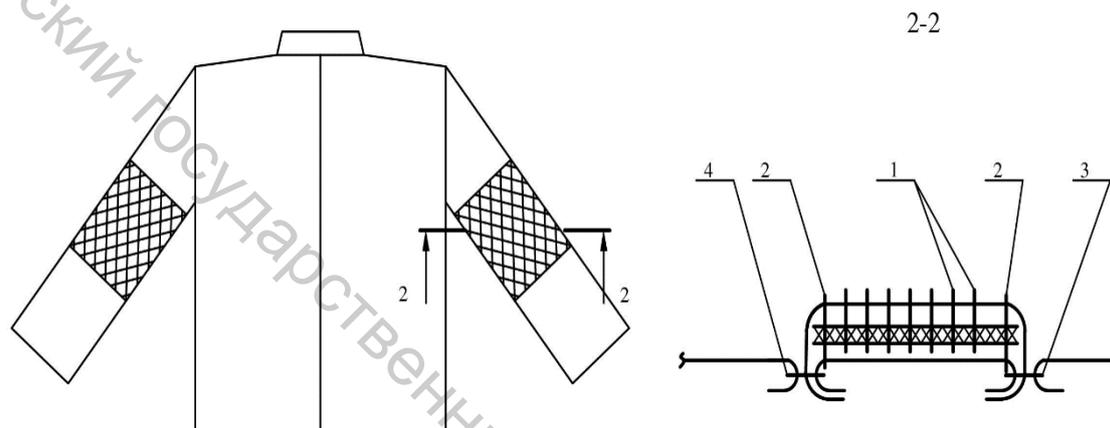


Рисунок 2.42 – Обработка налокотников на рукавах куртки

Использование нетканых материалов при изготовлении чехлов для фотоаппаратов. Нароботан опытный образец чехла для оптических приборов (фотоаппарата) ИП «БЕЛТЕКС ОПТИК», г. Лида (рис. 2.43).



Рисунок 2.43 – Чехол для оптических приборов

Чехол изготовлен из п/э ткани и мягкого неопрена толщиной 2,5 мм. В качестве прокладки используется нетканый материал, полученный с использованием текстильных отходов. Чехол пропускает воздух, предотвращая образование ржавчины. Защищает оптику от мелких брызг и морозящего дождя. Плотно облегает фотоаппарат и предохраняет от ударов и царапин.

Витебский государственный технологический университет

3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОВЫШЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ СПОСОБОМ СМЕШИВАНИЯ И ВИБРАЦИИ

В настоящее время на строительном рынке появляются новые материалы и технологии. Одним из новшеств является многофункциональная армирующая добавка для бетонов и строительных растворов – волокно строительное микроармирующее (ВСМ) (синтетическое фиброволокно, фибра). Бетоны, армированные таким фиброволокном, принято называть фибробетонами.

Бетонные конструкции, выполненные из фибробетона по технологии микроармирования, обладают значительными преимуществами по сравнению с обычными:

- практически полностью исключается усадочное трещинообразование;

- исключается расслоение смеси при формовании и особенно транспортировании;

- увеличивается производительность изготовления конструкций (за счет ускоренного набора прочности смеси до 50);

- после нанесения полимерного покрытия на бетонную поверхность полностью исключается эффект отскока или отслоения покрытия, вздувания;

- повышается ударная вязкость до 500 % (при падении тяжелого предмета на конструкцию бетон не трескается, а образуется небольшая вмятина, при этом не требуется производить ремонтные работы по заделке трещины);

- повышается прочность бетона на сжатие на 25 %;

- повышается прочность бетона на растяжение при изгибе на 35 % (бетонный пол становится более деформативным, пластичным, это особенно важно, когда в новом построенном здании идет процесс усадки);

- увеличивается износостойкость, устойчивость к истиранию и пылению;

- увеличивается водонепроницаемость;

- повышается морозостойкость;

- повышается долговечность конструкций;

- волокна в фибробетоне не создают экранирующего эффекта, что ведет к отсутствию помех радиосвязи, приёма ТВ, телефонной связи;

- волокна в фибробетоне отлично сочетаются с токопроводящими коммуникациями (хороший электроизолятор), пластиковыми и металлическими трубами;

– волокна обладают высокой инертностью и незаменимы в условиях агрессивных сред.

В настоящее время фибра для бетона делится на две группы:

– металлическая – производится из стали, может иметь различную конфигурацию и размеры (диаметр может составлять от 0,1–0,5 мм, длина 10–50 мм) (рис. 3.1);

– неметаллическая фибра, которая может быть представлена волокнами следующих материалов: стекло (рис. 3.2); полиэтилен; полипропилен; полиамид; акрил; хлопок; вискоза; нейлон; полиэфир; базальт; асбест; карбон; углерод.



Рисунок 3.1 – Металлическая фибра



Рисунок 3.2 – Фибра из стекловолокна

В настоящее время наиболее популярны металлические и стеклянные волокна, хотя все большее признание обретает фибра из полипропилена. Углеродная и базальтовая фибра используются достаточно редко по причине своей высокой стоимости. Добавление волокон хлопка вискозы и нейлона в бетон, армированный стальной фиброй, позволяет получить материалы с весьма разнообразными свойствами. В разрезе фибробетонная конструкция выглядит как однородный материал, пронизанный во всех направлениях тончайшими волокнами, материал которых и определяет свойства бетона.

Производство фибробетонных конструкций предусматривает следующие виды технологий, определяемые по названию основного технологического приема. В настоящее время для получения бетонов и фибробетонов, как материалов высокой жесткости, известны следующие технологии:

– **струйная технология перемешивания смеси**, суть которой заключается в том, что на составные компоненты воздействуют турбулентными потоками сжатого воздуха или перегретого пара, которые подаются в струйный смеситель специальной конструкции. Смеситель состоит из двух сварных труб диаметром 150 мм. Внутри каждой трубы имеется продольный полый вал, куда подается сжатый воздух. По диаметру валов расположены штуцеры для выхода воздуха.

Скорость вращения валов струйного смесителя производительностью 3 м³/ч находится в пределах 600–1500 мин⁻¹;

– *технология получения раствора методом перемешивания с одновременным нагревом до 60⁰С*, для чего в смеситель подаётся струя горячего пара, которая обеспечивает более быстрое и эффективное перемешивание, чем при использовании электрического обогрева или предварительно нагретой воды;

– *технология с применением вибросмесителей (премиксинг с виброуплотнением и пригрузом)*, которые сочетают в себе функции перемешивания и вибрации. При определённом режиме вибрации силы сцепления и трения между частицами смеси нарушаются, и сила тяжести начинает противодействовать давлению возбуждения смеси. Она переходит во взвешенное состояние, её подвижность повышается, что способствует интенсивному перемешиванию [117].

Для производства смесей и материалов высокой жесткости с использованием текстильных отходов предлагается использовать технологию с использованием вибросмесителей. Так как воздействие горячего пара и высокой температуры, используемых в двух других способах, отрицательно воздействует на текстильную составляющую смеси, вызывая ее оплавление и спекание.

Схема реализации фибробетонных конструкций, полученных способом премиксинга с виброуплотнением и пригрузом, и разработчики данной технологии приведены в таблице 3.1.

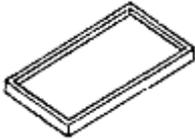
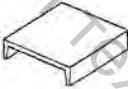
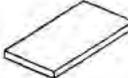
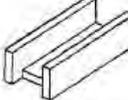
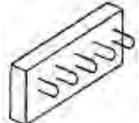
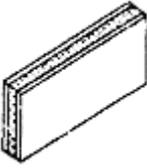
Процесс производства строительных материалов высокой жесткости способом перемешивания и вибрации состоит из следующих этапов: подготовка текстильных отходов, дозирование составляющих смеси, смешивание с вибрацией, сушка и отлежка.

Кроме основных компонентов в смесях могут быть введены дополнительные вещества, улучшающие те или иные характеристики, например, его пластичность, морозоустойчивость, шумо- и теплоизоляцию или скорость твердения. На рисунке 3.3 представлены области использования различных видов волокон для фибрового армирования конструкций [20].



Рисунок 3.3 – Области эффективного использования различных видов волокон для фибрового армирования конструкций

Таблица 3.1 – Рекомендуемые конструкции и изделия из фибробетона

Наименование конструкции	Заменяемый аналог	Элементы		Разработчик технологии
1	2	3		4
Элементы несъемной опалубки	Опалубка типа «Монолит-72» и др.	Несъемная опалубка 		НИИЖБ, АрмНИИСА (г. Ереван, Армения)
Сантехкабины и элементы	Типовые конструкции УП-1 (на базе унифицированных объемных элементов УОЭ) и т. п.	Поддон сантехкабины 		фирма «Фибробетон»
Элементы инженерных коммуникаций (кольца смотровых колодцев, каналы теплотрасс и др.)	Железобетонные конструкции серии 3.006.1-2/82	Кольца горловин колодцев 	Опорные кольца люков колодцев 	фирма «Фибробетон» ЦОМЭ (г. Воронеж)
		Лотковые перекрытия типа ЛП 	Лотковые днища типа ЛД 	
		Плиты перекрытий каналов теплосетей 	Трубы безнапорные 	
		Лоток отстойника 	Блок берегоукрепляющий 	
Трехслойные стеновые панели с наружными слоями из стеклофибробетона для жилых и промышленных зданий	Типовые трехслойные железобетонные стеновые панели	Стеновая панель трехслойная 		НИИЖБ, АрмНИИСА (г. Ереван, Армения), фирма «Фибробетон»

Для технологии получения бетонных смесей способом смешивания и вибрации большое значение имеет влажность волокнистой массы.

Дробленая крошка грунтовой ткани высушивалась при температуре 80–100 °С. В пустой сосуд массой 560 грамм, насыпали дробленый материал и измеряли массу на весах, до сушки и после сушки. В среднем сосуд с дроблённым материалом весит 804 г. Производилось 5 взвешиваний. В результате средняя масса отходов 242 г. Результаты взвешиваний представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты взвешиваний

№ замера	Масса до сушки, г	Масса после сушки, г
1	244	242
2	243	241
3	244	242
4	245	243
5	244	242
среднее	244	242

Объём сосуда

$$V_{\text{сосуда}} = R^2 \cdot h = 8 \cdot 20 = 160 \text{ м}^3 . \quad (3.1)$$

Можно сделать вывод, что влажность незначительно уменьшилась.

Потеря влажности, %:

$$P_{\text{вл}} = m_{\text{до сушки}} - m_{\text{после сушки}} = 244 - 242 = 2\% . \quad (3.2)$$

Поверхностная плотность $\Gamma / \text{м}^2$:

$$P_{\phi} = \frac{m}{S} , \quad (3.3)$$

где m – масса; S – площадь.

3.1 Технология смешивания с вибрацией. Дозирование составляющих смеси

Степень однородности смеси является показателем эффективности смешивания. Согласно ранее принятому в отечественной литературе определению интенсивность действия

смешивающего устройства (она же интенсивность смешивания) характеризуется следующими величинами:

– временем достижения конкретного технологического результата при постоянной частоте вращения или частотой вращения (окружной скоростью смешивающих лопастей) смешивающего механизма при постоянной продолжительности процесса;

– мощностью, расходуемой на смешивание, приведенной к единице объема или массы смешиваемого материала.

Для производства фибробетонных конструкций может быть использовано как специальное отечественное или импортное технологическое оборудование, так и серийно выпускаемое отечественное оборудование, гарантирующее получение фибробетонных смесей с требуемыми свойствами и фибробетона с заданными проектными характеристиками [32].

При выборе технологического оборудования в соответствии с конкретными видами фибробетона и особенностями используемой технологии следует руководствоваться нижеследующими положениями.

В технологии, реализуемой «методом предварительного перемешивания», используется:

– серийное смесительное оборудование отечественного производства;

– спирально-вихревые смесители марок ССВ-0,01 и ССВ-0,3;

– прутково-шнековые смесители марок СПШ;

– импортные смесители предварительного перемешивания, например, марки «Экономи-2», «серии 100» в виде базового модуля.

Для виброуплотнения фибробетонных смесей, в том числе с пригрузом, вакуумированием, может быть использовано серийное технологическое оборудование, применяемое для изготовления обычных железобетонных конструкций.

Технология предварительного перемешивания смесей («премиксинг») с последующим уплотнением различными технологическими приемами рекомендуется к применению для массового производства сборных фибробетонных конструкций в заводских условиях при относительно небольшой номенклатуре изделий и значительных объемах производства.

Принципиальная схема производства фибробетонных конструкций по технологии предварительного перемешивания в заводских условиях представлена на рисунке 3.4.

При реализации технологии производства фибробетонных конструкций методом «премиксинга» следует учитывать особенности устройства в них закладных деталей.

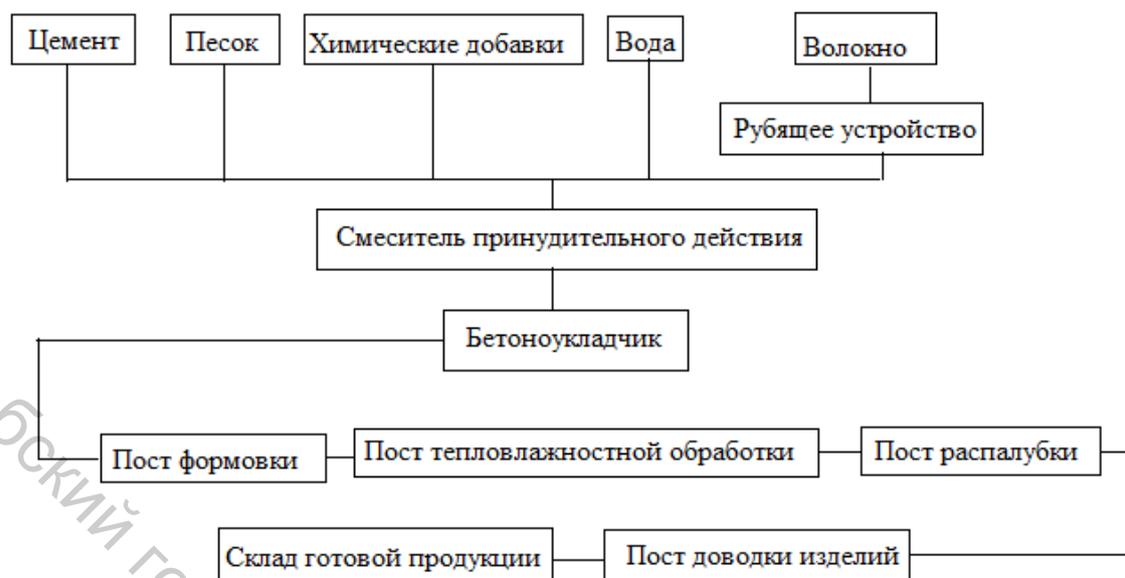


Рисунок 3.4 – Технологическая схема заводского производства фибробетонных изделий методом предварительного перемешивания

Технологическая схема опытно-промышленной линии по производству фибробетонных листовых элементов представлена на рисунке 3.5 [44].

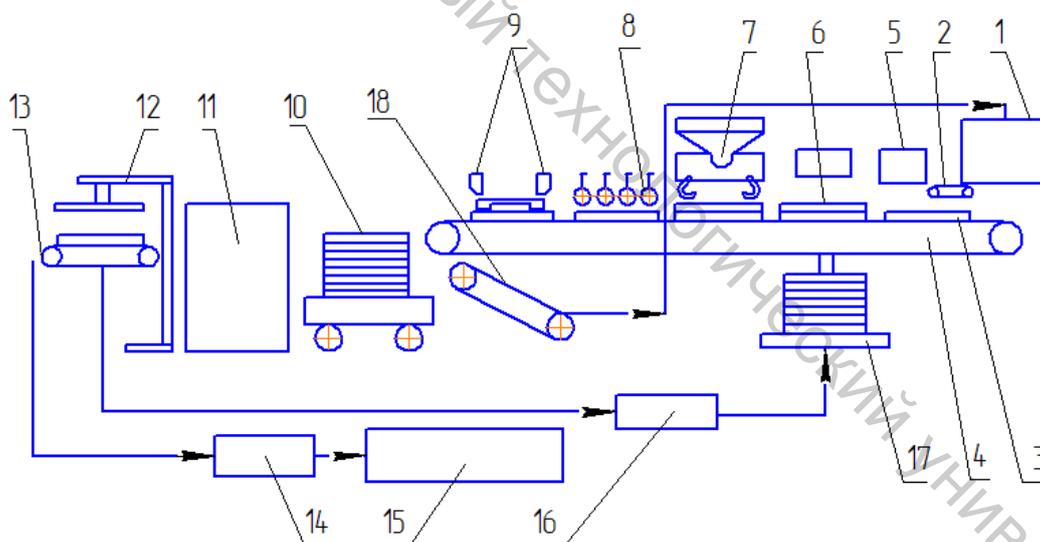


Рисунок 3.5 – Технологическая схема опытно-промышленной линии по производству фибробетонных листовых элементов: 1 – смесительная установка; 2 – питатель-дозатор; 3 – поддонукладки смеси; 4 – конвейер формовки изделий; 5 – разравниватель; 6 – поддон формовки изделий; 7 – опрокидыватель-перебросчик; 8 – виброролики; 9 – ножницы; 10 – тележка; 11 – камера предварительного твердения; 12 – распалубовщик; 13 – конвейер; 14 – конвейер влажного твердения; 15 – склад готовой продукции; 16 – пост чистки и смазки поддонов; 17 – перебросчик

На рисунке 3.6 представлен процесс введения фибры в смеситель с использованием процесса ее приготовления из проволоки для дозирования и управления интенсивностью потока [20].

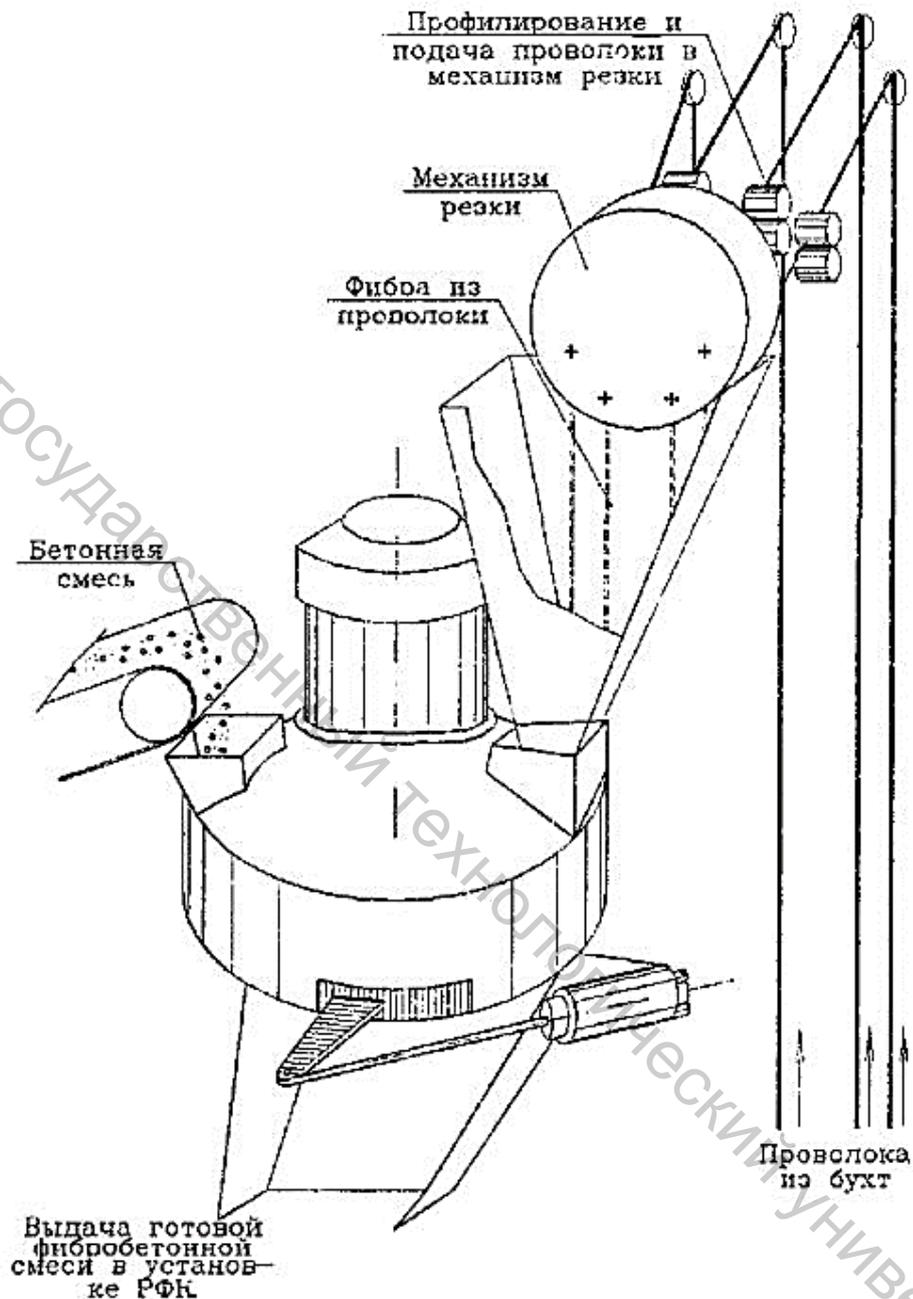


Рисунок 3.6 – Введение стальной фибры в смеситель с использованием процесса ее приготовления из проволоки для дозирования и управления интенсивностью потока

На рисунке 3.7 представлен процесс введения стальной фибры в смеситель диспергатором при использовании ее запаса [20].

На рисунке 3.8 представлен процесс введения фибры и бетонной смеси в смеситель совместным потоком путем укладки фибры на проходящую по конвейеру бетонную смесь [20].

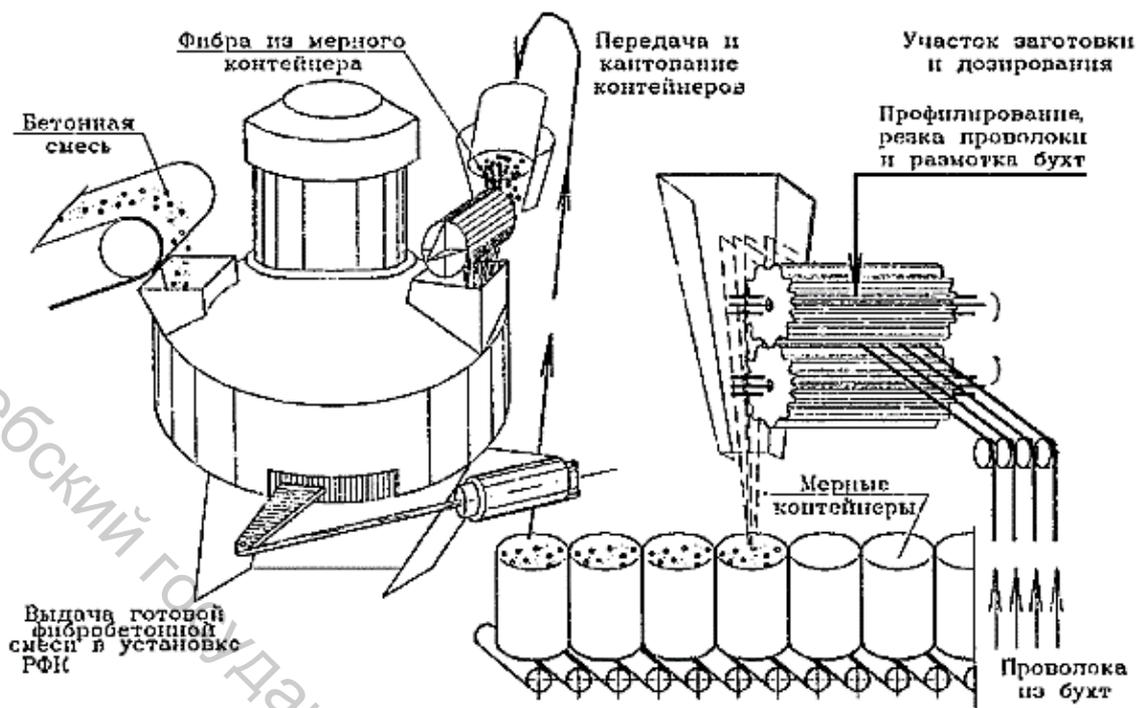


Рисунок 3.7 – Введение стальной фибры в смеситель диспергатором при использовании ее запаса

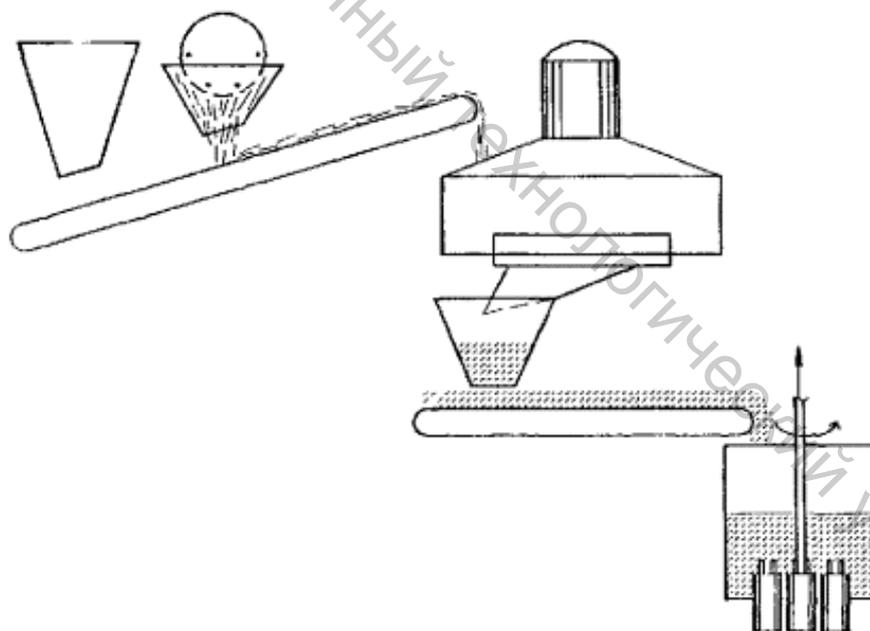


Рисунок 3.8 – Введение фибры и бетонной смеси в смеситель совместным потоком, путем укладки фибры на проходящую по конвейеру бетонную смесь

Так как в нашем случае текстильные отходы предварительно измельчаются, схема производства фибробетонных конструкций по технологии предварительного перемешивания примет вид, представленный на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9 – Технологическая схема производства фибробетонных изделий с использованием текстильных отходов методом предварительного перемешивания

На основании исследований процессов введения фибры в бетонную смесь и свойств полученных измельченных отходов предлагается использовать бункер, с которого в определенный момент времени порциями будет подаваться масса продукта в смеситель принудительного действия.

Для накопления и объемного дозирования волокнистого материала разработан роторный дозатор. Он состоит из корпуса 1 (рис. 3.10). В корпусе закреплен на валу ротор 2 с лопастями 3. Материал поступает в пространство между лопастями и торцовыми стенками ротора, при вращении ротора продукт поочередно, из каждого отделения между лопастями, высыпается в смеситель.

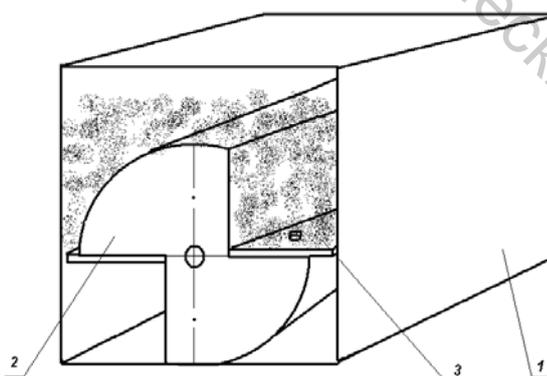


Рисунок 3.10 – Схема роторного объемного дозатора:
1 – корпус, 2 – ротор, 3 – лопасти

Производительность дозатора (кг/с) определяется по формуле

$$P_p = 0,785 \rho \psi z_p n_p V_n, \quad (3.4)$$

где ρ – плотность материала, кг/м^3 ; ψ – коэффициент разрыхления материала; z_p – число полостей в роторе, шт.; n_p – частота вращения ротора, с^{-1} ; V_n – объем полости, м^3 .

Ротор поворачивается и приводится в движение электродвигателем, соединенным с валом. Частота вращения ротора, а соответственно производительность дозатора, зависит от частоты вращения электродвигателя. Количество подаваемого материала, в зависимости от сырьевого состава, можно регулировать величиной выступа лопастей.

На массовый расход материала будет оказывать влияние количество пластин ротора, что проверено экспериментально и результаты отражены на графике (рис. 3.11).

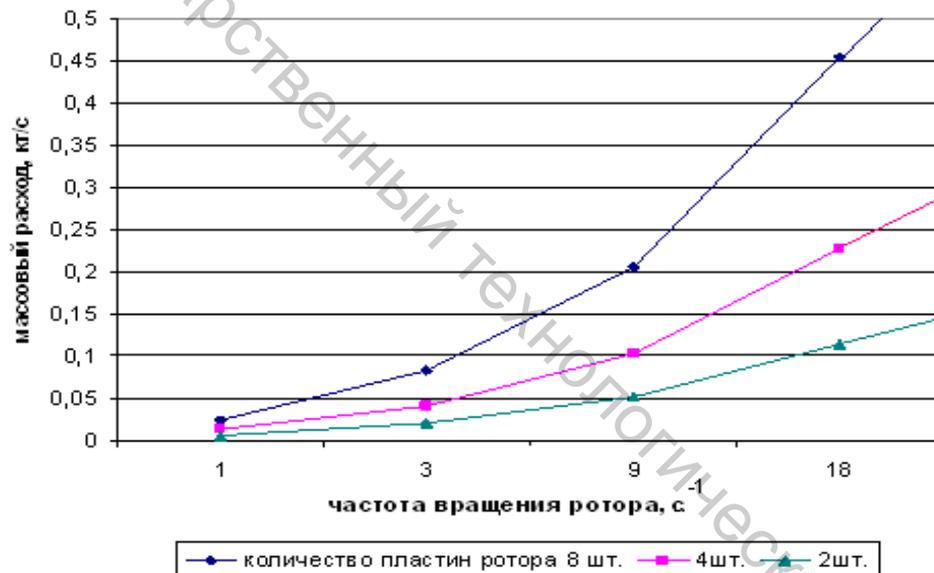


Рисунок 3.11 – График зависимости массового расхода продукта от количества лопастей роторного дозатора

Из графика видно, что увеличение количества пластин роторного дозатора увеличивает массовый расход волокнистого материала. При оптимизации параметров роторного дозатора необходимо учитывать свойства наносимого волокнистого материала, а именно его плотность и количество фибры, необходимой для ввода в смесь.

Для равномерной подачи волокнистого материала в бетонную смесь разработано устройство (рис. 3.12), позволяющее разбивать волокнистую массу на отдельные частицы.

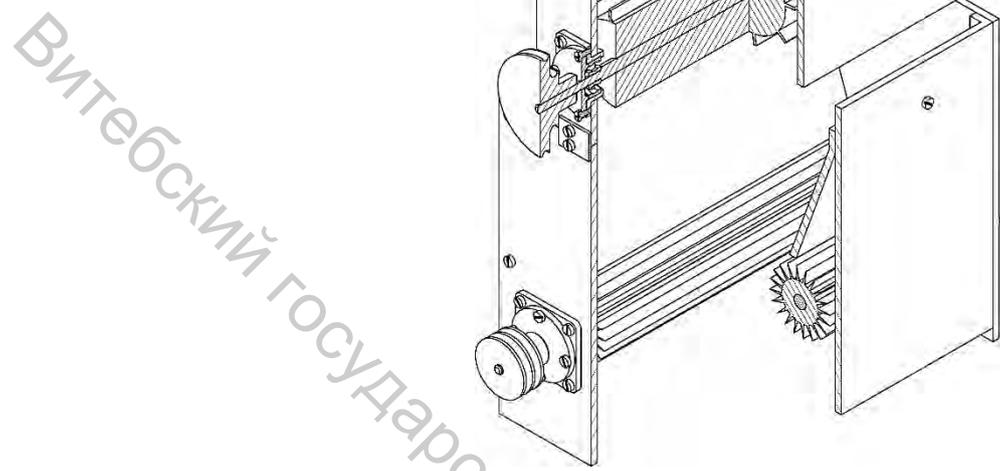


Рисунок 3.12 – Устройство для подачи волокнистого материала в бетонную смесь

Предлагаемое устройство состоит из загрузочной шахты 1, механизма подачи материала в смеситель, включающего валики 2 и щетки 3 (рис. 3.13), поверхность валиков выполнена в виде иголок (рис. 3.14).

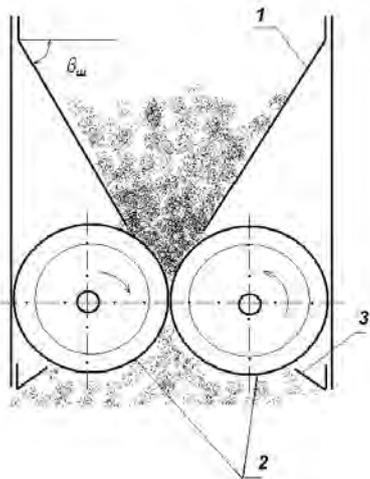


Рисунок 3.13 – Схема устройства для подачи волокнистого материала в смеситель: 1 – загрузочная шахта, 2 – питающие валики, 3 – уплотняющий валик, 4 – щетки

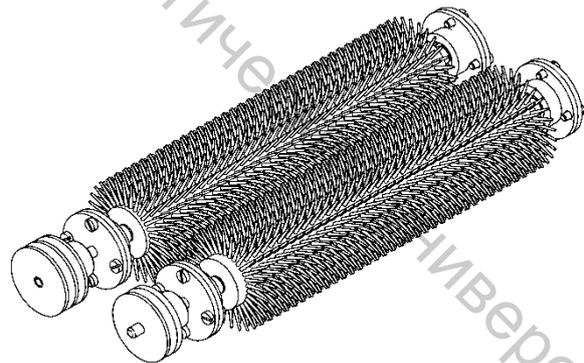


Рисунок 3.14 – Питающие валики

Устройство работает следующим образом: волокнистый материал из загрузочной шахты 1 по наклонным стенкам под силой тяжести попадает на питающие валики 2, которые разрыхляют и распределяют волокнистый материал и равномерно подают его в смеситель. Установленные на корпусе съемные щетки 3 исключают накапливание волокнистого материала на валиках. Материал, попадая в смеситель, смешивается с основными компонентами, и готовая смесь подается в зону формования.

Шахта 1 выполнена в виде конуса, под углом к питающим валикам 2. Угол наклона стенок питающей шахты ($\beta_{ш}$) изменяется в зависимости от свойств волокнистого продукта, его массы и требуемого количества в смеси, обеспечивая непрерывную подачу под действием силы тяжести волокна. Для непрерывной подачи материала необходимо выполнение условия

$$\beta_{ш} \geq \arctg f_{ш} , \quad (3.5)$$

где $f_{ш}$ – коэффициент трения материала о стальную поверхность.

Диаметры питающих валиков равны между собой. В устройстве предусмотрено регулирование расстояния между питающими валиками, что обеспечивает возможность дозирования подачи материала.

Производительность устройства можно определить по формуле

$$P = S_{щ} V_{в} \mu_{г} , \quad \text{кг/с}, \quad (3.6)$$

где $S_{щ}$ – площадь щели между валиками, м^2 ; $V_{в}$ – скорость валиков, м/с ; $\mu_{г}$ – плотность продукта, зажимаемого выпускными валиками, кг/м^3 .

$$S_{щ} = a_{щ} b_{щ} , \quad \text{м}^2 , \quad (3.7)$$

где $a_{щ}$ – длина щели между валиками, м ; $b_{щ}$ – ширина щели между валиками, м .

Для равномерной подачи, а соответственно и улучшения процесса смешивания необходимо, чтобы продукт поступал в смеситель равными порциями в единицу времени, т. е. необходимо изменять скорость его подачи в зависимости от требуемого количества. В равные промежутки времени через питающие валики должно проходить одно и то же количество материала по объему.

Вследствие предложенных мероприятий процесс введения фибры и бетонной смеси в смеситель представлен на рисунке 3.15 [50, 65].

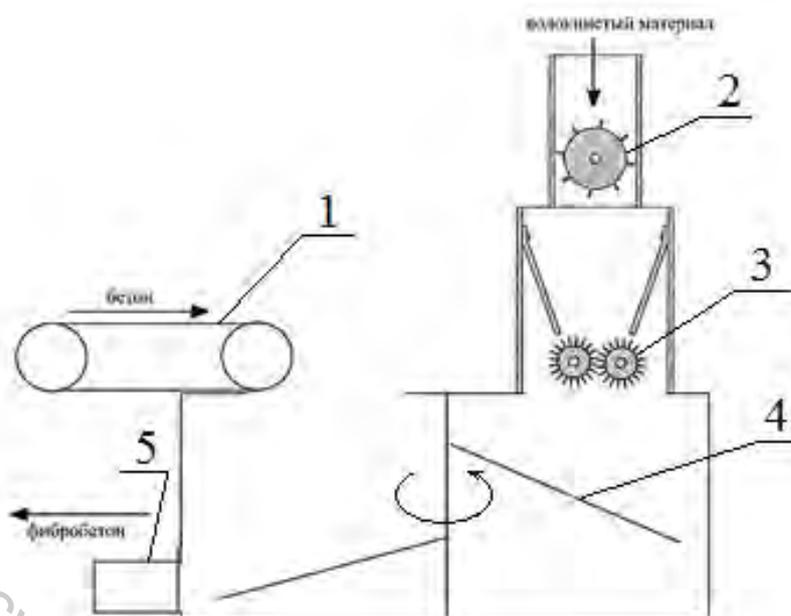


Рисунок 3.15 – Разработанный процесс введения фибры (волокнистого материала в виде измельченных отходов) и бетонной смеси в смеситель: 1 – питатель-дозатор бетонной смеси, 2 – роторный объемный дозатор волокнистой массы, 3 – питающие валики, 4 – смесительная установка, 5 – выход готовой фибрированной смеси

С целью определения оптимального состава смеси с использованием текстильных отходов был проведен эксперимент.

Первоначальный объемный состав бетонной смеси был следующий: 1 часть цемента, 2,6 части песка, 4,5 части щебня. В нашем случае дополнительно в состав смеси вводится от 1 до 5 % от полученной массы раствора измельченных текстильных отходов ОАО «Витебские ковры». В данном случае говорят о проценте фибрового армирования по массе – отношение в процентах массы фибр, содержащихся в единице объема фибробетона, к массе этой единицы объема.

На рисунке 3.16 представлены зависимости продолжительности этапа «окончательное смешивание» от количества добавленных отходов в общем цикле, полученных путем замеров и фиксации временных затрат каждого этапа.

При одинаковых параметрах работы смесителя установлено, что при введении в общий состав смеси большого количества отходов кромки грунтовой ткани увеличивается продолжительность цикла смешивания и затрудняется сам процесс вследствие гидрофильности волокнистого материала. Например, при добавлении 1 % отходов этап «окончательное смешивание» увеличивается на 4 с.

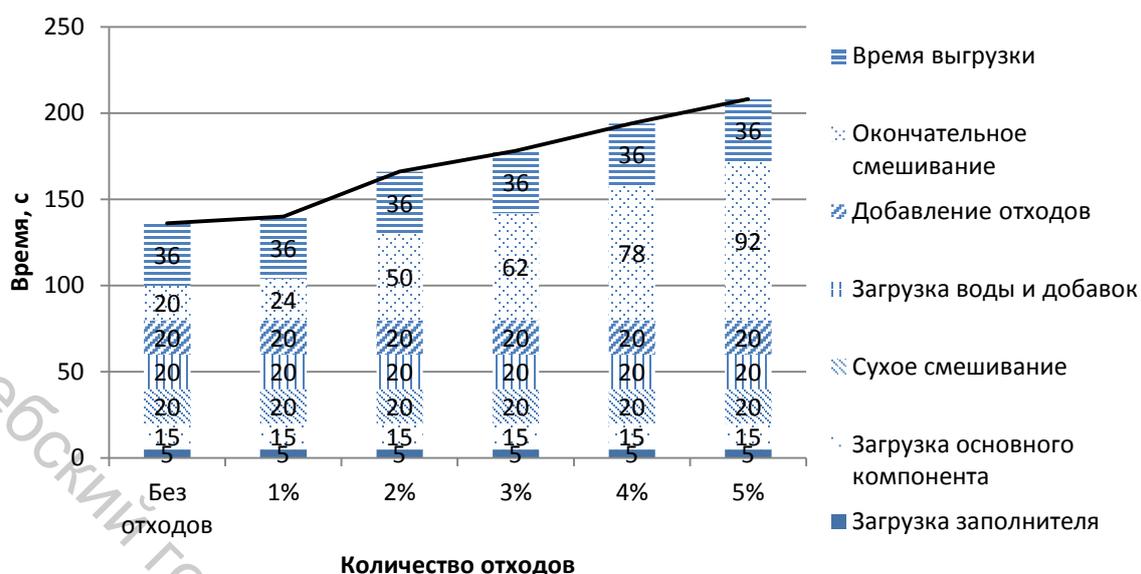


Рисунок 3.16 – Цикл смешивания смеси при добавлении отходов кромки грунтовой ткани

В результате установлено, что лучшим составом смеси является состав с содержанием отходов 1 %, так как при увеличении процента добавляемых отходов образуется неоднородная масса.

Бетонные смеси характеризуют следующими технологическими показателями качества: удобоукладываемость; средняя плотность; расслаиваемость; пористость; температура; сохраняемость свойств во времени; объем вовлеченного воздуха.

При проведении испытаний качество смеси определяется по ее усадке и содержанию воздушных пор, тогда как качество затвердевшей смеси оценивают значениями предела прочности при сжатии через 28 дней. Также определяется масса образцов после отлежки.

Готовый материал должен приобрести проектную прочность к определенному сроку и обладать качествами, соответствующими назначению изготавливаемой конструкции (водостойкостью, морозостойкостью, плотностью и т. д.). Для получения изделий высокого качества необходимо, чтобы смесь имела консистенцию, соответствующую методам ее укладки и уплотнения. Консистенцию смеси оценивают показателями ее подвижности или жесткости. Подвижность смеси – способность ее растекаться под собственной массой. Для определения подвижности используют конус, который послойно в три приема заполняют смесью, уплотняя ее штыкованием (рис. 3.17).

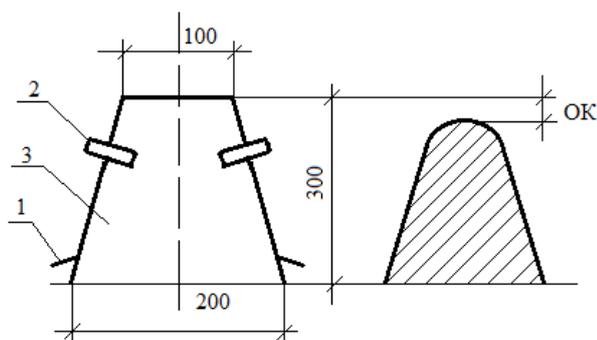


Рисунок 3.17– Определение удобоукладываемости смеси по осадке конуса: 1 – опоры; 2 – ручки; 3 – конус; ОК – осадка конуса

В таблице 3.3 представлены нормативные и экспериментальные значения осадки конуса и марка смеси, соответствующая этим значениям.

Таблица 3.3 – Нормативные и экспериментальные значения осадки конуса

Образец	Осадка конуса образцов, см	Нормативные показатели осадки конуса для разных марок, см				
		П1	П2	П3	П4	П5
		1-4	5-9	10-15	16-20	Более 20
образец № 1*	1-2	X				
образец № 2*	10			X		

* образец № 1 – смеси с добавлением отходов крошки грунтовой ткани, образец № 2 – без отходов.

Марка указывает на подвижность смеси при укладывании: П1, П2, П3 – малоподвижные; П4, П5 – с высокой подвижностью.

Согласно полученным экспериментальным данным полученная марка смеси образцов № 1 – П1. Следовательно, все образцы относятся к малоподвижным, то есть их консистенция густая. Смеси таких марок используют для сооружения монолитных конструкций. При их заливке обязательно применяют вибраторы.

Класс (марка) бетона характеризуется его прочностью, которая определяется при сжатии образцов-кубов с ребром 150 мм, изготовленных из рабочей смеси после твердения их в течение 28 суток в нормальных условиях. Нормальными условиями твердения материала считаются относительная влажность воздуха $90 \div 100$ % и температура (20 ± 2) °С. Высокая влажность воздуха необходима, чтобы избежать испарения воды из смеси, что может привести к прекращению твердения. Твердение материала ускоряется с повышением температуры и замедляется с ее понижением.

Результаты испытания образцов после твердения представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Показатели прочности образцов материала после твердения

Образцы	Без отходов				С добавлением отходов кромки грунтовой ткани			
	образец № 2				образец № 1			
	масса, г		прочность, кН		масса, г		прочность, кН	
	до отлежки	после отлежки	до отлежки	после отлежки	до отлежки	после отлежки	до отлежки	после отлежки
1	2360	2300	112	158	2294	2270	142	165
2	2385	2310	118	160	2315	2240	150	168
3						2155		165
4						2170		175

Необходимо отметить, что образцы без примесей № 3 раздавливались и рассыпались на крупные части, а образцы № 1 не раздавливались и не рассыпались, а наблюдались микротрещины.

С целью улучшения процесса смешивания и уменьшения гидрофильности волокнистого материала текстильные отходы образцов № 1 смачивались водой, и оценивалась прочность смеси до и после отлежки. Результаты представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Показатели прочности образцов материала после твердения при предварительном замачивании

Образцы	Значения показателей			
	Масса, г		Прочность, кН	
	до отлежки	после отлежки	до отлежки	после отлежки
1	2380	2250	51	62
2	2310	2230	48	58
3	2410	2280	59	70
4	2390	2260	56	68

Анализ результатов показал, что с использованием предварительного увлажнения отходов при неизменном расходе цемента подвижность смеси возросла, но прочность готового материала уменьшилась. В результате полученных данных можно сделать вывод, что увлажнение текстильных отходов не рекомендуется при производстве материалов высокой жесткости [32, 35].

3.2 Расчет экономического эффекта от внедрения разработанной технологии на примере производства тротуарной плитки

Снижение себестоимости продукции – основной фактор увеличения прибыли и повышения дохода хозяйственной деятельности

предприятия. Уровень и динамика себестоимости позволяют оценить рациональность использования находящихся в распоряжении предприятия производственных ресурсов. Значение показателя себестоимости продукции еще более возрастает с переходом предприятия на полный хозяйственный расчет, самокупаемость и самофинансирование.

Бетонные конструкции, выполненные с использованием отходов крошки грунтовой ткани по технологии смешивания и вибрации, обладают значительными преимуществами по сравнению с обычными:

– практически полностью исключается усадочное трещинообразование;

– исключается расслоение смеси при формовании и особенно транспортировании;

– увеличивается прочность на сжатие на 24 %, что подтверждается актами испытаний образцов.

Метод удельных показателей. Метод удельных показателей относится к наиболее простым и применяется для сложно-технической продукции, если можно выделить один качественный основной показатель, от которого зависит цена.

Первоначально рассчитывается удельная цена на единицу параметра:

$$C_{\text{уд}} = \frac{C_{\text{б}}}{P_{\text{б}}} = \frac{8,36}{4} = 2 \text{ руб.}, \quad (3.8)$$

где $C_{\text{б}}$ – цена базисного изделия, в стоимостных единицах, $P_{\text{б}}$ – величина параметра базисного изделия.

Цена нового изделия

$$C_{\text{н}} = C_{\text{уд}} \cdot P_{\text{н}} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ руб.} \quad (3.9)$$

Расчет отпускной цены

Отпускная цена единицы продукции состоит из:

– полной себестоимости продукции;

– прибыли;

– налога на добавленную стоимость (НДС).

Свободная отпускная цена (с НДС) бетонного изделия

$C_{\text{отп}} = 8$ руб. – свободная отпускная цена с НДС, руб.

Цена без НДС:

$$C_{\text{без НДС}} = \frac{C_{\text{отп}} \cdot 100}{C_{\text{НДС}}} = \frac{8 \cdot 100}{120} = 6,67 \text{ руб.}, \quad (3.10)$$

где $C_{\text{отп}}$ – свободная отпускная цена с НДС, руб.; $C_{\text{НДС}}$ – ставка НДС (в соответствии с законодательном Республики Беларусь), %.

Себестоимость

$$C/C = \frac{C_{\text{без НДС}} \cdot 100}{R} = \frac{6,67 \cdot 100}{125} = 5,56 \text{ руб.}, \quad (3.11)$$

где $C_{\text{без НДС}}$ – цена без НДС, руб.; R – норматив рентабельности, %.

Прибыль

$$П = C_{\text{без НДС}} - C/C = 6,67 - 5,56 = 1,11 \text{ руб.} \quad (3.12)$$

Свободная отпускная цена (с НДС) бетонного изделия с дробленой кромкой грунтовой ткани

$C_{\text{отп}} = 8,36$ руб. – свободная отпускная цена с НДС, руб.

Цена без НДС

$$C_{\text{без НДС}} = \frac{C_{\text{отп}} \cdot 100}{C_{\text{НДС}}} = \frac{8,36 \cdot 100}{120} = 6,97 \text{ руб.}, \quad (3.13)$$

где $C_{\text{отп}}$ – свободная отпускная цена с НДС, руб.; $C_{\text{НДС}}$ – ставка НДС (в соответствии с законодательством Республики Беларусь), %.

Себестоимость

$$C/C = \frac{C_{\text{без НДС}} \cdot 100}{R} = \frac{6,97 \cdot 100}{125} = 5,57 \text{ руб.}, \quad (3.14)$$

где $C_{\text{без НДС}}$ – цена без НДС, руб.; R – норматив рентабельности, %.

Прибыль

$$П = C_{\text{без НДС}} - C/C = 6,97 - 5,57 = 1,4 \text{ руб.} \quad (3.15)$$

Свободная отпускная цена фибры из стекловолокна (с НДС)

$C_{\text{отп}} = 9,30$ руб. – свободная отпускная цена с НДС, руб.

Цена без НДС

$$C_{\text{без НДС}} = \frac{C_{\text{отп}} \cdot 100}{C_{\text{НДС}}} = \frac{9,30 \cdot 100}{120} = 7,75 \text{ руб.}, \quad (3.16)$$

где $C_{\text{отп}}$ – свободная отпускная цена с НДС, руб.; $C_{\text{НДС}}$ – ставка НДС (в соответствии с законодательством Республики Беларусь), %.

Себестоимость

$$C/C = \frac{C_{\text{без НДС}} \cdot 100}{R} = \frac{7,75 \cdot 100}{125} = 6,2 \text{ руб.}, \quad (3.17)$$

где $C_{\text{без НДС}}$ – цена без НДС, руб.; R – норматив рентабельности, %.
Прибыль

$$П = C_{\text{без НДС}} - C/C = 7,75 - 6,2 = 1,55 \text{ руб.} \quad (3.18)$$

Таблица 3.6 – Техничко-экономические показатели проектируемого процесса получения бетонных материалов

Показатели	Значение показателя			$\frac{3}{2} \times 100$	$\frac{4}{2} \times 100$
	Бетонные изделия без отходов	Бетонные изделия с отходами грунтовой ткани	Бетонные изделия с фиброй из стекловолокна		
1	2	3	4	5	6
Себестоимость единицы продукции, руб.	5,56	5,57	6,2	100,18	111,51
Отпускная цена с НДС, руб.	8	8,36	9,30	104,5	116,25
Рентабельность продукции, %	20	25		-	
Планируемая прибыль в цене, руб.	1,11	1,4	1,55	126,13	139,64

Таким образом, при увеличении себестоимости бетонные изделия с отходами на 0,18 % отпускная цена увеличилась на 4,5 %, а, в свою очередь, прибыль увеличилась на 26,13 %. Следовательно, увеличение отпускной цены бетонного изделия с отходами кромки грунтовой ткани с более высоким качеством экономически целесообразно.

3.3 Экономический эффект от внедрения технологии в производство бетонов

В результате экспериментальных исследований установлено, что бетонные смеси с добавлением 1 % измельченных текстильных отходов ОАО «Витебские ковры» соответствуют значениям для искусственных

каменных материалов марки М-250 строительного назначения без добавок и могут быть использованы для:

1) строительства крупногабаритных зданий и сооружений с небольшой этажностью;

2) изготовления малонагруженных плит и блоков, использование которых значительно снижает время и расходы на возведение построек;

3) благоустройства уличных открытых площадок разного назначения и дорожек. Высокие прочностные характеристики и устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды позволяют использовать его в местах с повышенными нагрузками;

4) возведение построек различных типов на территориях с агрессивными средами, такими как, например, грунтовые и подземные воды.

Экономический эффект разработанной технологии подтверждается протоколами испытаний полученных образцов на заводе КПД, государственном предприятии «Витебский ДСК» и заключается в увеличении прочности бетонных смесей. Результаты испытаний представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Результаты испытаний образцов

Нормируемые характеристики прочности и плотности бетона			Дата испытания контрольных образцов	Характеристика образца			Результаты испытания		
класс бетона по прочности	требуемая прочность при испытании кубов, МПа	отпускная прочность, МПа		масса, г	размеры, см	средняя плотность, кг/м ²	разрушающая нагрузка, кН	прочность образца, МПа	средняя прочность образцов, МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Образцы с добавлением измельченных отходов крошки грунтовой ткани (1 % отходов к массе смеси)									
$C^8 /_{10}$	12,9	9,0		2294	10x10x10	2294	142	13,5	13,9
				2315	10x10x10	2315	150	14,3	
				2270	10x10x10	2270	165	15,7	16,0
				2240	10x10x10	2240	168	16,0	
				2155	10x10x10	2155	165	15,7	
2170	10x10x10	2170	175	16,6					
Образцы с добавлением увлажненных отходов крошки грунтовой ткани (1 % отходов к массе смеси)									
$C^8 /_{10}$	12,9	9,0		2380	10x10x10	2380	51	4,8	5,1
				2310	10x10x10	2310	48	4,6	
				2410	10x10x10	2410	59	5,6	

Окончание таблицы 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				2390	10x10x10	2390	56	5,3	
				2250	10x10x10	2250	62	5,9	6,2
				2230	10x10x10	2230	58	5,5	
				2280	10x10x10	2280	70	6,7	
				2260	10x10x10	2260	68	6,5	

Результаты испытаний показали, что образцы кубов с добавлением измельченных отходов грунтовой ткани соответствуют требованиям СТБ 1544-2005 по прочности классу бетона $C^8/_{10}$. Прочность образцов увеличилась на 24 %. Образцы кубов с добавлением измельченных увлажненных отходов грунтовой ткани не соответствуют требованиям СТБ 1544-2005 по прочности классу бетона $C^8/_{10}$.

Таким образом, применение текстильных отходов в изделиях из бетона позволит повысить прочность бетона при сжатии на 24 %, что даст возможность экономии цемента (при тех же прочностных показателях конструкции); увеличить срок безремонтного периода, снизить трещинообразование [44].

4 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ

4.1 Виды материалов и технологии изготовления асфальта

4.1.1 Классификация асфальтовых бетонов

Асфальт представляет собой смесь битума с минеральными материалами – песком и гравием. Под асфальтом часто подразумевается понятие «асфальтобетон» – полученный посредством уплотнения искусственный каменный материал. Асфальтобетон наиболее широко применяется при строительстве и возведении городских, аэродромных и кровельных покрытий, а также в постройке промышленных и жилищных сооружений. Асфальтовый бетон имеет большую стойкость к коррозии, чем цементный, однако более подвержен воздействию жидкого топлива и масел.

Виды асфальтов:

– по содержанию крупного заполнителя асфальтобетоны подразделяются на:

- песчаные, в которых отсутствуют крупные заполнители вообще;
- гравийные, состоящие из песка, минерального порошка, битума и гравия;
- щебеночные, в состав которых кроме гравия входит битум.

– горячий и теплый вид асфальта, в зависимости от их применения в дорожной конструкции, подразделяют на:

- плотные – для верхних слоев покрытий дорог;
- пористые и высокопористые – для нижних слоев и оснований дорожного покрытия.

Различают три вида искусственного асфальта, применяемого для обустройства дорожного покрытия. При этом у каждого вида асфальта имеется своё предназначение:

– крупнозернистый. Данный асфальт применяется в процессе обустройства нижних слоёв дорожного покрытия. Для приготовления данного вида смеси применяется щебень мелкой фракции (от 5 до 15 мм) и щебень крупной фракции (от 20 до 40 мм),

– мелкозернистый. Данный асфальтобетон применяется во время укладки дорожных покрытий проезжей части. Этот асфальт применяется в качестве верхнего слоя в случае двухслойного покрытия. В состав смеси входит щебень мелкой фракции (от 5 до 15 мм),

– песчаный. Данный тип асфальта применяется во время мощения тротуаров и пешеходных дорожек. Состав смеси включает преимущественно песок и небольшое количество минерального порошка, битума и щебня, имеющего мелкую фракцию (5 мм) [103].

По способу технологии производства различают три типа асфальта:

- горячий, укладываемый при температуре не ниже 120 °С;
- тёплый, укладываемый при температуре не ниже 70 °С;
- холодный, укладываемый при температуре не ниже 5 °С.

Разница данных способов заключается в уровне температуры доведения смешиваемых компонентов. Подогретую или горячую асфальтную смесь получают при помощи добавления в тёплое или горячее связующее вещество подогретых компонентов. В холодном асфальте используется только один из компонентов в подогретом виде.

Технология изготовления горячего асфальта выглядит следующим образом: 1) проводится сушка инертных материалов или их нагрев до 200 °С; 2) при температуре 160 °С производят смешивание компонентов с добавлением битума и минерального порошка; 3) хранение готовой асфальтной смеси при температуре 150–180 °С [103].

Плотные дорожные асфальтобетоны (горячие и холодные) в зависимости от количественного содержания в них крупного или мелкого заполнителя подразделяют на пять типов: А, Б, В, Г, Д. Так, например, тип А содержит 50–65 % щебня; тип Б – 35–50 % щебня или гравия; тип В – 20–35 % щебня или гравия.

По технологическим признакам асфальтобетонной массы в процессе ее укладки и уплотнения асфальтобетоны и растворы разделяют на:

- жесткие;
- пластичные;
- литые.

4.1.2 Разновидности асфальтовых бетонов

К разновидностям асфальтобетона относятся: тёплый, холодный, литой, цветной. Более редким в строительстве является дегтебетон.

Тёплый асфальтобетон используют для устройства нижних слоев в покрытиях.

Для приготовления тёплого асфальтобетона используют вязкие нефтештукатурки марок БНД 200/300 и БНД 130/200 или жидкие битумы; щебень более тоньше измельченный, чем в горячих смесях известняковый порошок; щебень, искусственный песок, прочные шлаки. Температура готовой тёплой массы при ее выходе из смесителя должна быть 90–130 °С. Допустимые пределы температур массы при ее уплотнении в покрытии: нижний – 50 °С при работах в тёплую погоду и при марке битума СГ 70/130; верхний – 100 °С при работах в холодную погоду и при марке битума СГ 130/200. Уплотнение производят легкими и тяжелыми (12 т) катками; при холодной погоде рекомендуется уплотнять массу сразу же после ее укладки в покрытие, чтобы не

остудить массу и не потерять ее удобообрабатываемость. Толщину рыхлого слоя назначают на 15–20 % больше проектной толщины и покрытия, что регулируется положением выглаживающей плиты укладчика.

Холодный асфальтобетон содержит жидкий или разжиженный вязкий битум, что позволяет укладывать массу холодного асфальта при температуре окружающего воздуха.

Приготовление холодного асфальта осуществляется в горячем и холодном состояниях. При приготовлении массы в горячем состоянии применяют жидкий или разжиженный битум, в холодном – битумную эмульсию. Холодный асфальт применяют для создания верхних слоев дорожных покрытий и при производстве ремонтных работ.

Если холодный асфальт употребляется в строительных работах после его изготовления на АБЗ, то укладку массы производят еще в теплом состоянии. В этом случае слой массы ложится компактнее, а при его уплотнении быстрее формируется монолитное покрытие.

При работах во влажную погоду используют холодный асфальт, приготовленный на битумной эмульсии.

В первый период эксплуатации дорожного покрытия рекомендуется не допускать высокой грузонапряженности при движении автотранспорта, так же как нельзя допускать и слишком слабой интенсивности движения транспорта, поскольку окончательное формирование покрытия происходит именно под действием этого движения.

Холодный асфальт приготавливают с применением щебня из морозостойких карбонатных пород (известняков, доломитов) и доменных шлаков с пределом прочности при сжатии не менее 80 МПа.

Чтобы покрытие не становилось скользким при его эксплуатации, к известняковому щебню добавляют до 30 % мелкого (8–10 мм) гранитного, базальтового щебня или искусственного дробленого песка из тех же пород камня. Песок должен быть чистым, однородным, без органических примесей или глинистых частиц.

Для повышения вязкости и клеящей способности разжиженного или жидкого битума в состав холодного асфальта добавляют минеральный (известняковый) порошок.

Холодный асфальт может длительное время оставаться в рыхлом состоянии в складских условиях (до 8–10 месяцев). Поэтому холодную асфальтобетонную массу обычно приготавливают в зимнее время года с тем, чтобы ее раскладку в покрытие произвести с наступлением весны. Зимняя заготовка массы позволяет работать АБЗ практически в течение полного года. При чрезмерно длительном хранении рыхлая масса холодного асфальта постепенно слеживается, образуются глыбы, в этом случае требуется предварительное ее рыхление, добавляя на последней стадии перемешивания массы хлорное железо и другие специальные

вещества (добавки) до 2–3 %, чтобы уменьшить слеживание при длительном хранении. Однако нужно помнить, что механическое рыхление ухудшает качество массы вследствие обнажения отдельных частиц, покрытых пленкой битума.

При тонких пленках битума слеживаемость массы меньше и прочность плотного покрытия выше. При выборе вяжущего учитывают, что чем холоднее погодные условия, длительнее срок хранения массы, ниже прочность камня, тем вяжущее вещество должно быть более жидким.

Доля вяжущего вещества в составе холодного асфальта устанавливается проектированием оптимального состава, но обычно находится в пределах 6–8 % для песчаного и 5–7 % – для мелкозернистого. Качество холодного асфальта в покрытиях характеризуется его прочностью при сжатии в сухом и водонасыщенном состояниях при 20 °С соответственно 1,5–2,0 и 1,0–1,5 МПа, коэффициентом водостойчивости не менее 0,6–0,8 и некоторыми другими показателями свойств. В целом следует отметить, что эта разновидность асфальтового бетона применяется в ограниченных размерах, но покрытия из него перспективные.

Литой асфальтовый бетон выделяется из других горячих аналогов тем, что все межзерновые поры в нем заполнены асфальтовым вяжущим веществом. После укладки массы и ее уплотнения в монолите практически отсутствуют остаточные поры и пустоты, поэтому покрытия из него водонепроницаемые.

Преимущество литого асфальта состоит в том, что работы по его укладке можно производить при сравнительно низких температурах (до -10 °С) воздуха. Не требуется продолжительного уплотнения массы катками или тромбования при ямочном ремонте. Достаточно прикатать его легкими (0,5–1,5 т) катками. Преимуществом покрытий из литого асфальта является также их высокая долговечность, износостойкость и шероховатость.

Литой асфальтобетон не лишен и некоторых недостатков: к деформациям при высоких температурах воздуха и к образованию трещин в период низких температур воздуха. В последние годы эти недостатки были резко ослаблены. В получаемых составах литого асфальта содержится минеральных частиц крупнее 5 мм – 50–55 %, асфальтовяжущего вещества – 20–25 %. Слой уложенной массы не требует дополнительного уплотнения. С понижением температуры покрытия с 200 °С до атмосферной литой асфальт в покрытии отвердевает и пригоден к эксплуатации.

Достоинства покрытий из вибролитых смесей отмечены при их укладке на дорогах высоких категорий, мостах, эстакадах и взлетно-посадочных полосах аэродромов. По технологии вибролитья используют подогретые зернистые минеральные материалы

температурой 280–300 °С, если порошок поступает холодным; температуру нагрева их снижают на 12–14 %, если порошок в мешалку подается подогретым до температуры 120–40 °С. Битум подогревают до температуры 150–170 °С. Температура смеси должна быть 190–200 °С, если температура воздуха выше -10 °С; не ниже 220 °С, если температура воздуха +10–15 °С. Технические свойства смеси и асфальтобетона: пористость минеральной смеси не более 20 %, подвижность смеси при 200°С – не менее 25 мм (определяют с помощью металлического конуса); водонасыщение уплотненных образцов – 1,0 % от объема; глубина вдавливания штампа в образцы при температуре 40 °С – не более 4 мм.

Цветной асфальтовый бетон состоит из мелкого щебня (5–7 мм), песка, минерального порошка, связующего, пластификатора и пигмента. В качестве вяжущего вещества в нем выступает структурный элемент из связующего и минерального порошка с добавлениями пластификатора и пигмента. В качестве щебня применяют измельченные отходы белого мрамора и известняка. Песок должен быть чистым и светлым, а минеральный порошок – из тонкоизмельченного белого мрамора. Связующим в цветном асфальте обычно служат полимеры, полиэтилен, поливинилхлорид и др. Из пигментов более цветостойкими являются железный сурик, крон желтый, оксид хрома.

Цветной асфальтобетон применяют для оформления площадей скверов, остановок городского транспорта, пешеходных переходов и других объектов города [105].

4.1.3 Составляющие материалы асфальтового бетона

При изготовлении асфальтобетонной массы используют щебень, гравий, песок, минеральный порошок и битум.

Щебень применяют из изверженных и метаморфических горных пород с пределом прочности при сжатии не менее 100,0–120,0 МПа или пород осадочного происхождения с пределом прочности не менее 60,0–80,0 МПа (в водонасыщенном состоянии); для дробления горных пород на щебень чаще всего используют граниты, диабазы, базальты, известняки и доломиты, а также прочные доменные шлаки. Щебень или гравий должны быть чистыми, разделенными по фракциям 20–40, 10–20 и 5–10 мм с морозостойкостью не менее Мрз25; в мягких климатических условиях – не менее Мрз15.

Песок природного происхождения или полученный в результате дробления горных пород с прочностью не ниже прочности щебня. Природные пески должны быть разнозернистые, чистые с модулем крупности более 2,0 и содержанием пылевато-глинистых частиц – не более 3 % (по массе).

Минеральный порошок изготавливают путем измельчения известняков и доломитов с пределом прочности при сжатии не менее 20,0 МПа, а также доменных шлаков или асфальтовых пород. По степени измельчения необходимо, чтобы порошок проходил (при мокром севе) через сито с отверстиями 1,25 мм, содержание же частиц мельче 0,071 мм было не менее 70 % по массе, а частиц мельче 0,315 мм – не менее 90 %.

Битумы бывают природные и нефтяные. Природные являются продуктом естественного видоизменения нефти. Они встречаются иногда в чистом виде, образуя озера, в виде твердых скоплений – асфальтитов, но чаще пропитывают горные породы – известняки, доломиты, песчаники. Содержание битума в них 10–80 %. Из этих пород битум получают путем экстрагирования с помощью различных растворителей.

В основном применяют нефтяные битумы. Их стоимость в 5–6 раз ниже природных.

По способу получения нефтяные битумы делят на:

- остаточные (остаток после отгонки из нефти бензина, керосина и части масел);
- окисление (нефтяные остатки окисляют кислородом воздуха в конвекторах периодического или непрерывного действия или в трубчатых реакторах, называемых окислительными колонками).

Кроме указанных компонентов в процессе приготовления асфальтобетонной массы иногда добавляют ПАВ, улучшающие качество готового асфальтобетона. Эти вещества позволяют удлинить сроки строительного сезона, облегчить технологические операции и увеличить долговечность материала [7].

4.1.4 Технология изготовления асфальтобетона

Асфальтобетон активно применяется как в строительной отрасли, так и при дорожных работах. Как уже говорилось ранее, этот материал имеет искусственное происхождение, вырабатывается на специальных предприятиях с особым оборудованием.

При производстве данной смеси очень важно во время смешивания ингредиентов добиться идеальной однородности, а также необходимой густоты и плотности. В этом и заключается суть изготовления асфальтобетонного раствора.

Первым этапом технологической цепочки изготовления асфальтобетонов является *подготовка сырья*. Если используется наполнитель минерального характера, то его *протирают* до порошковой консистенции.

При использовании резины – она *измельчается* до состояния миллиметровой крошки, и затем добавляется в состав (ее задача –

сделать готовый композит гибким, устойчивым к влаге). Асфальтобетонные настилы на резиновой основе намного меньше подвергаются растрескиванию, поэтому не нуждаются в частых ремонтных работах. Однако такое дорожное покрытие стоит колоссальных денег, поэтому используется исключительно для особо важных автодорожных отрезков с повышенными нагрузками, а также проложенных в сложных районах с агрессивной средой.

К подготовительным работам также относят *сушку и просев*. Заполнители, как правило, приходят на производство во влажном виде. Сохранение этой влаги может нарушить прочностные качества асфальтного настила. Поэтому посредством подогрева до 200 градусов производится сушка минерального сырья.

Перед просеиванием минеральные заполнители поддаются *дроблению*, затем *сортируются по фракциям*. При необходимости просушивание может повториться после любой стадии подготовки. Это зависит от типа используемой технологии.

Второй этап – перемешивание ингредиентов. Перемешивание составляющих ингредиентов осуществляется при температурном режиме 160 °С. Посредством ленточного механического транспортера песок и щебенку сыпают внутрь общего приемника. Расколачивать раствор можно с заполнителями и битумом совместно. А можно сначала соединить, довести до однородности отдельно щебень с песком.

Во время процесса следят за температурой внутри бункера с материалами, чтобы она была всегда одинаковой. После того как готовый раствор набрал желаемую густоту, его перекадывают внутрь специального контейнера на хранение. Хранится готовая смесь при температуре 150–180 градусов.

Данная емкость способна удерживать теплоту композита до четырех суток. За это время асфальтобетон необходимо доставить заказчику, так как дальше материал начнет терять свои прочностные качества. Дополнительные примеси подсыпаются во время перемешивания основных компонентов. Резиновая крошка подмешивается в уже готовую к использованию, подогретую смесь.

Заводы по производству асфальтобетона бывают двух типов: циклические, непрерывные. Различаются они процессами перемешивания, дозировкой компонентов, количеством вырабатываемого материала, методами его хранения, а также передвижными способностями.

Циклический механизм имеет добавочное техническое оснащение в виде башни и грохота, посредством которого производится сортировка сырья. Дальше материал делится на определенные доли, каждая из которых по отдельности отправляется сушиться внутрь барабана. Подобная производственная методика разрешает запросто модифицировать заданный рецепт композита.

Недостатком такого производственного процесса является стационарность и неподвижность установки, а также малые объемы выходящего продукта. Кроме того, процесс грохотания приводит к проявлению некоторого простаивания сильно разогретых бункеров – или же они пустуют, или отсутствует один из ингредиентов. Таким образом ухудшается качество композита. Это может привести к убыткам. Обычно данный тип производства асфальтобетонной смеси применяется в больших городах.

Непрерывный завод по приготовлению асфальтобетонного композита не нуждается в наличии вышек. Устройство без проблем перевозится, легко устанавливается. Однако и у него есть свои подводные камни. Одним из таких камней считается неимение грохота. Ведь большая часть используемой щебенки нуждается во фракционировании, а без грохота это нереально. Из-за данного недостатка изменяется рецепт, ухудшаются качественные характеристики получившегося продукта.

На рисунке 4.1 представлена схема асфальтосмесительной установки непрерывного действия.

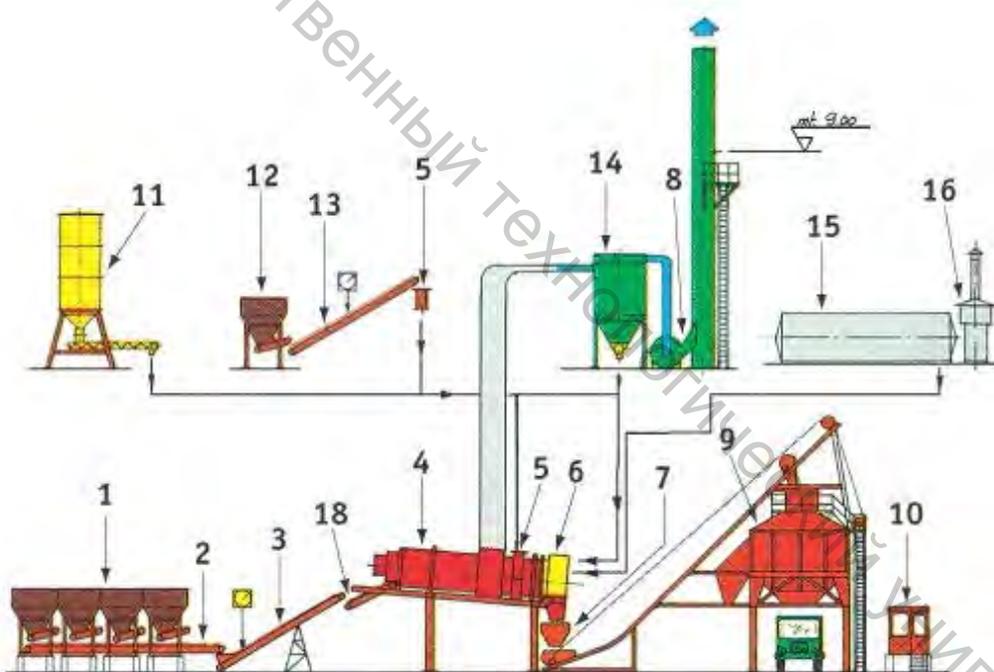


Рисунок 4.1 – Схема асфальтосмесительной установки непрерывного действия: 1 – бункеры-дозаторы, 2 – сборный конвейер, 3 – конвейер с контролем влажности, 4 – сушильно-смесительный барабан, 5 – дозатор и подача старого асфальтобетона, 6 – смесительная зона, 7 – бункер ожидания скипа, 8 – пылесос-вентилятор, 9 – накопительный бункер, 10 – кабина управления, 11 – силос минпорошка, 12 – бункер старого асфальтобетона, 13 – конвейер с контролем влажности, 14 – пылеуловитель и силос пыли, 15 – битумный бак-цистерна, 16 – нагреватель масла, 17 – конвейер сушильного барабана

Некоторые изготовители исправляют этот недостаток посредством доукомплектации оборудования автономным сортировальным устройством, сохраняя при этом рентабельность производственного процесса. Главным положительным моментом здесь является то, что производство осуществляется непрерывно, без остановок, что дает в итоге гораздо больше продукции, а соответственно, и дохода.

Подвоз готового асфальтобетона к месту назначения. Данная задача выполняется при помощи грузового транспорта. Зачастую это самосвал со специальным кузовом, способным выдержать высокие температуры горячего асфальтобетона. Для дальних перевозок с большим километражем используются кохеры – грузовики с особыми термическими контейнерами, способными удерживать температуру и качества материала около двух суток.

Очень важно во время производства материала, а также при транспортировке соблюдать температурные нормы, предусмотренные ГОСТами. Ведь если асфальтобетон остынет, его будет трудно укатать, плюс при эксплуатации он лишится своих прочностных качеств.

На сегодняшний день происходят постоянные работы по изобретению новых технологий изготовления асфальтобетонного материала.

Производственный процесс все время совершенствуется, чтобы улучшить прочность и другие характеристики композита.

Например, использование в горячих асфальтобетонных смесях **дробленной резины** повышает долговечность покрытий, улучшает их фрикционные свойства, что позволяет в ряде случаев уменьшить расход высокопрочного трудношлифуемого щебня.

При использовании асфальтобетонных смесей с дробленной резиной в верхних слоях дорожной одежды снижаются динамические нагрузки на нижележащие слои и уменьшается вероятность копирования трещин и других дефектов перекрываемых слоев.

Для приготовления асфальтобетонных смесей используют дробленую резину марки РДС с максимальным размером зерен 1 мм, отвечающую требованиям ТУ 10436-87; при этом максимальные плотность и прочность асфальтобетона обеспечиваются при содержании в дробленой резине частиц мельче 0,63 мм не менее 60 % массы.

Дробленую резину вводят либо непосредственно в минеральный материал, либо предварительно объединив с битумом; при этом в первом случае ее зерновой состав учитывается в общем зерновом составе минеральных составляющих, а во втором – не учитывается.

Содержание дробленной резины при введении ее в минеральную часть должно составлять 1–2 % массы минеральной части, при добавлении в битум – 5–7 % массы битума.

При введении резины в минеральную часть смесители оборудуют дополнительными устройствами, включающими расходную емкость, средства для подачи дробленой резины из емкости в смеситель и отдельный дозатор для введения в смеситель. Для этой цели может служить дозатор минерального порошка. Точность дозирования дробленой резины должна составлять $\pm 1,5$ % массы.

Материалы в смеситель подают в такой последовательности: вначале щебень, песок, минеральный порошок, затем дробленую резину; после предварительного «сухого» перемешивания в течение 15–30 с вводят битум и заканчивают перемешивание. Общее время перемешивания 60–90 с.

При введении дробленой резины в битум компоненты перемешивают в рабочем котле, оборудованном приспособлением для перемешивания. Температура битума при объединении с дробленой резиной должна составлять 150–170 °С. Приготовленную смесь следует использовать в течение одной рабочей смены.

Для улучшения удобоукладываемости и уплотняемости асфальтобетонных смесей целесообразно вводить в битум мягчитель, например сланцевый (ТУ 38 10910-77) в количестве 4–7 % массы битума.

Для улучшения уплотняемости готовые асфальтобетонные смеси целесообразно выдерживать в накопительных бункерах в течение 1–2 ч.

Также изготавливают асфальтобетон *с порошковыми отходами* промышленности. Порошковые отходы промышленности (пыль уноса цементных заводов, зола уноса ТЭС, ферропыль, флотохвосты, шламы и пр.) разнообразны как по зерновому, так и по химическому составам и применяются для, замены минерального порошка или части песка и минерального порошка в асфальтобетонах из смесей III марки.

Основными условиями применения порошковых отходов является отсутствие в них глинистых и органических примесей, водорастворимых соединений и свободной окиси кальция. Порошковые отходы могут применяться в асфальтобетонных смесях после специальных исследований, заключающихся в определении их свойств, особенностей взаимодействия с битумом, а также свойств асфальтобетонов, установленных по методам ГОСТ 12801-84.

Нами предлагается в качестве альтернативы резинового компонента использовать отходы крошки грунтовой ткани в производстве асфальтобетонов для дорожного покрытия с целью улучшения физико-механических свойств, не повышая его стоимость.

4.2 Использование отходов кромки грунтовой ткани в технологии изготовления асфальтобетонов

4.2.1 Анализ свойств отходов кромки грунтовой ткани

Так как процесс производства асфальтобетонов связан с высокими температурами, а процесс эксплуатации – с перепадами температур, с низкими температурами воздействия и высокими нагрузками, необходимо провести анализ свойств, составляющих отходы кромки грунтовой ткани и самой кромки.

Свойства кромки грунтовой ткани представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Свойства кромки грунтовой ткани

Наименование	Состав	Ширина, см	Поверхностная плотность, г/м ²
обрезки кромки грунтовой ткани	полипропилен, полиамид, полиэфир, аппретирующая смесь	5-7	388

Свойства составляющих кромки грунтовой ткани представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Свойства составляющих кромки грунтовой ткани

Вид составляющих	Процентное содержание в кромке, %	Температура плавления, °С	Температура воспламенения, °С	Морозостойкость, °С	Влагопоглощаемость
Полипропилен	20,0	130-170	325-350	-15÷-20	малая
Полиамид	12,5	254-260	355-435	-40÷-50	высокая
Полиэфир	14,6	258-260	341-349	до -60	высокая
Аппретирующая смесь	52,9				

Подготовка отходов кромки грунтовой ткани заключается в ее измельчении (параметры измельчения представлены в отчете по этапу 1). В результате измельчения количество аппретирующей смеси в отходах снижается приблизительно в два раза вследствие потерь в воздуховоде дробилки. Свойства смеси после измельчения представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Свойства смеси после измельчения

Объемная плотность, г/м ³	Коэффициент вариации частиц по массе, не более, %	Средняя масса 1-й частицы, г	Процентное содержание, %			
			полипропилен	полиамид	полиэфир	аппретирующая смесь
242/0,016=15125 г/м ³ =15,1 кг/м ³	22	1,53	31,0	19,0	23,0	27,0

4.2.2 Анализ свойств образцов асфальтобетона с использованием измельченной крошки грунтовой ткани

Испытания проводились на ОАО «ДСТ-1, г. Витебск». Асфальтобетонный завод расположен в г. Витебск, оснащен мобильной быстромонтируемой асфальтосмесительной установкой контейнерного типа LINTEC CSD 3000/6 (производительность 240 тонн/час) и имеет железнодорожную ветку с повышенным тупиком (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Асфальтосмесительная установка контейнерного типа LINTEC CSD 3000/6

Основные технические характеристики установки CSD3000 представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Основные технические характеристики CSD3000

Показатель	Значение	Показатель	Значение
Тип	CSD 3000/6	Система фильтрации	860 м ²
Производительность	макс. 240 т/ч	Силос собственного заполнителя	45 т
Дозаторы	6 шт. по 12 м ³	Горячие карманы / Объем	6 шт./41,2 т
Барaban (длина × диаметр)	9,5 м × 2,2 м	Двухвальный смеситель / Вместимость	3.000 кг
Горелка	Saacke Teminox GLS 190	Силос привозного заполнителя	50 м ³
Мощность горелки	19,0 МВт	Цистерна дизтоплива	34.000 л
Бункер-накопитель	120 т / 2 кармана (270 т / 4 кармана)	Цистерна битума	50 т

Структура установки CSD3000 представлена на рисунке 4.3.

Установки LINTEC CSD просушивают и просеивают минерал в одном рабочем процессе: материал проходит в барабане по принципу противотока. Разогретый минерал выходит из барабана, попадает на сита и перекачивается посредством шнеков вдоль всего барабана. В результате он просеивается через отверстия в ситах в соответствующий горячий карман без потери температуры – напротив, он набирает излучаемое барабаном тепло. Схема просеивающего барабана двойного действия представлена на рисунке 4.4. Температура в барабане достигает 200 °С.

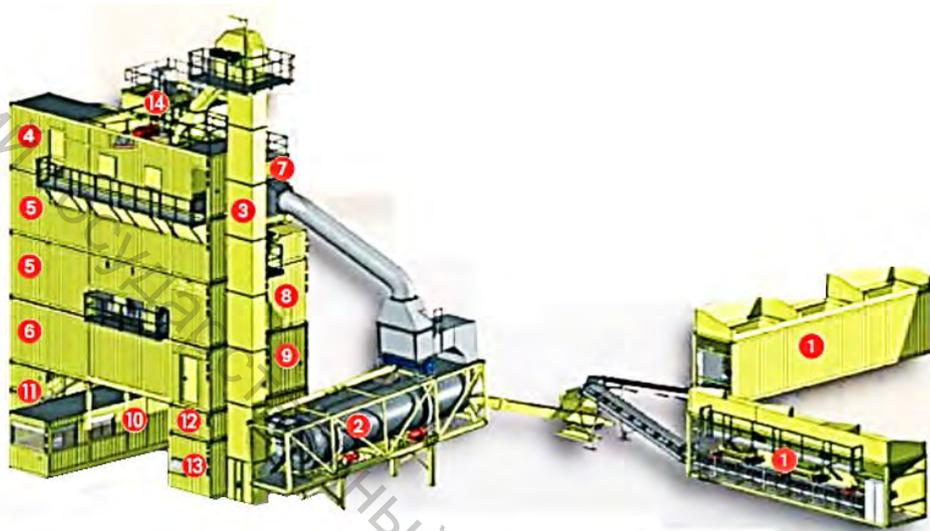


Рисунок 4.3 – Структура установки CSD3000: 1 – устройство предварительного дозирования, 2 – сушильный барабан, 3 – горячий элеватор, 4 – узел грохочения, 5 – карманы горячего минерала, 6 – весы и смеситель, 7 – система фильтрации, 8 – силос собственного заполнителя, 9 – транспортный контейнер, 10 – кабина управления, 11 – насосная станция, 12 – нижняя опорная конструкция башни, 13 – склад запчастей/цистерна дизтоплива, 14 – силос привозного заполнителя

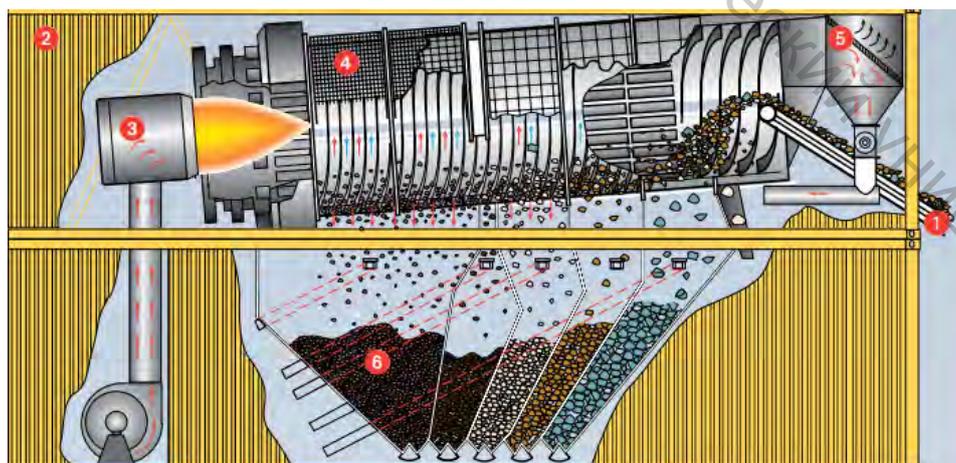


Рисунок 4.4 – Схема просеивающего барабана двойного действия: 1 – ленточный конвейер барабана, 2 – сушильный барабан, 3 – горелка с вентилятором, 4 – сита, 5 – сепаратор песка, 6 – карманы горячего минерала

За основу была взята асфальтебетонная смесь типа Б марки 2/2,3 для верхних слоев покрытия ЩМБГ-II/2,3, состав которой представлен в таблице 4.5 [7].

Таблица 4.5 – Состав смеси марки ЩМБГ20-II/2,3

Составляющие смеси	Фракция, мм	Процентное соотношение, %
Щебень гранитный РУПП «Гранит» по ГОСТ 8267-93	5-20	40
Отсев дробления РУПП «Гранит» по ТУ ВУ 200161167 003-2010	0,5-0,7	20
Песок природный с к-ра «Шалыги» II класса (после переработки) по ГОСТ 8736-14	0,5	32
Минеральный порошок ОАО «Доломит» по ГОСТ 16557-2005		8
Битум дорожный 70-100 ОАО «Нафтан» (сверх минеральной части)		5,6

Физико-механические свойства смеси ЩМБГ20- II/2,3 представлены в таблице 4.6 [105].

Таблица 4.6 – Физико-механические свойства смеси ЩМБГ20-II/2,3

Показатель	Значения показателя	
	Фактические, при содержании битума (вяжущего), %	Требования СТБ 1033-2016
	5, 6	
1	2	3
Пористость минерального остова, %	16,7	не более 20
Остаточная пористость, %	3,8	2,5-5,0
Водонасыщение, %	2,9	1,0-4,0
Набухание, %	0,2	
Предел прочности при 50 ⁰ С, Мпа – при сжатии; – при сдвиге	1,15 2,45	не менее 1,0 не менее 2,3
Предел прочности при растяжении при 0 ⁰ С, Мпа	2,2	1,5-3,5
Средняя плотность, %	2,42	не нормирует
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении в агрессивной среде после 14 суток	0,84	0,80

Образцы изготавливали в стальных формах путем уплотнения смеси. Смесь с добавлением измельченной крошки грунтовой ткани предварительно смешивали с 1 % текстильных отходов при температуре 145–160⁰С. Процентное соотношение было выбрано исходя из замены резиновой крошки, которую вводят в смеси в количестве 1 %.

Форма для изготовления образцов представлена на рисунке 4.5. Внутренний диаметр формы d равен $71,4 \pm 0,1$ мм, диаметр внутренней выемки вкладыша d_2 равен 47 ± 2 мм, глубина выемки верхнего вкладыша – $h_3 = 80 \pm 2$ мм, глубина выемки нижнего вкладыша – $h_4 = 40 \pm 2$ мм, толщина стенки формы – $q_1 = 6,0 \pm 0,3$ мм, ширина и шаг ребра – $q_2/q_3 = 5/5$, высота отступа первого ребра от края формы – $q_4 = 25 \pm 1$ мм.

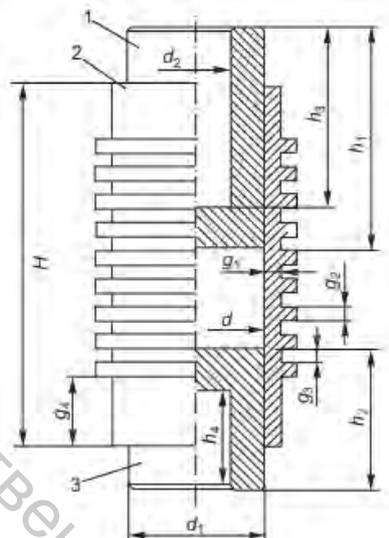


Рисунок 4.5 – Облегченная форма для изготовления образцов:
1 – верхний вкладыш, 2 – форма, 3 – нижний вкладыш

Форму со вставленным нижним вкладышем наполняли рекомендуемым для горячих смесей количеством продукта ($625 \div 730$ г) – 625 г. Форму заполняли смесью в три приема с послойным штыкованием нагретым ножом. Затем вставляли верхний вкладыш и уплотняли с помощью пресса. В течение $0,5 \div 1,0$ мин давление доводили до 40 Мпа и выдерживали при этом давлении $3,0 \div 0,1$ мин, затем нагрузку снимали. Образцы из формы извлекали с помощью выжимного приспособления и помещали на гладкую ровную поверхность до проведения испытаний.

Испытания проводились при температуре $18-22$ °С, влажности – 55–60 %.

Методы испытания смесей [111]:

1. **Определялась средняя плотность асфальтобетона** способом гидростатического взвешивания образцов с помощью весов лабораторных по ГОСТ 24104 с погрешностью взвешивания не более $\pm 0,05$ г, с приспособлением для гидростатического взвешивания и термометра жидкостного стеклянного по ГОСТ 28498, с диапазоном измерений от 0 °С до 100 °С, с погрешностью измерения не более ± 2 °С.

Образцы взвешивали на воздухе, затем погружали на 30 мин в сосуд с водой температурой 20 ± 2 °С таким образом, чтобы уровень воды в сосуде был выше поверхности образцов не менее чем на 20 мм.

Затем образцы взвешивали в воде, исключив образование пузырьков воздуха на образцах. Далее образцы извлекали из воды, обтирали тканью и вторично взвешивали на воздухе.

Среднюю плотность образцов вычисляли по формуле

$$\rho_m^a = \frac{q_0 \cdot \rho^e}{q_1 - q_2}, \quad (4.1)$$

где q_0 – масса образца, взвешенного на воздухе, г; q_1 – масса образца, выдержанного в воде, г; ρ^e – истинная плотность воды, г/см³, ρ_m^a – средняя плотность образца, г/см³, q_2 – масса образца, взвешенного в воде, г.

2. Определялось водонасыщение образцов по объему

$$W = \frac{q_3 - q_0}{q_1 - q_2} \cdot 100, \quad (4.2)$$

где q_3 – масса насыщенного водой образца, г; W – водонасыщение, %.

3. Определялось набухание асфальтобетона как приращение объема образца после насыщения его водой. Набухание образца по объему рассчитывают по формуле

$$H = \frac{(q_3 - q_4) - (q_1 - q_2)}{q_1 - q_2} \cdot 100, \quad (4.3)$$

где q_4 – масса насыщенного водой образца, взвешенного в воде, г; H – набухание образца, %.

Результаты испытаний представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Результаты испытаний смеси

Масса образца, взвешенного на воздухе, г	Масса образца, выдержанного в воде, г	Масса образца, взвешенного в воде, г	Истинная плотность воды, г/см ³	Средняя плотность образца	Масса насыщенного водой образца, г	Водонасыщение, % (1,0-4,0 %)	Масса насыщенного водой образца, взвешенного в воде, г	Набухание образца, % (не более 1 %)
q_0	q_1	q_2	ρ^e	ρ_m^a	q_3	W	q_4	H
1	2	3	4	5	6	7	8	9
смесь с добавлением измельченной крошки грунтовой ткани								
685,8	687,3	399,3	1	2,38	694,1	2,9	406,2	-0,03

Окончание таблицы 4.7

680,0	681,6	396,1	1	2,38	687,2	2,5	401,7	0,00
685,0	686,3	396,2	1	2,36	694,5	3,3	404,7	-0,10
смесь без отходов								
678,5	679,9	397,5	1	2,40	687,9	3,3	404,9	0,21
672,7	673,4	397,0	1	2,43	677,6	1,8	400,2	0,36
680,2	681,1	398,5	1	2,41	687,7	2,7	404,2	0,32

В результате установлено, что образцы с добавлением отходов крошки грунтовой ткани не набухают в воде, что положительно скажется на готовом асфальтобетонном покрытии, так как не будет вызывать неравномерное вспучивание основания и вызванное им деформирование покрытий с образованием трещин.

Устойчивость против трещин в осенне-зимний период, когда относительное удлинение падает с ростом сцепления, а усадка слоев повышается за счет разного коэффициента температурного расширения или за счет вымораживания слоев асфальтобетона, имеющего повышенное набухание. Часто допускают набухание от увлажнения до 1 %, что соответствует линейному расширению. В нашем случае это исключено вследствие данных, полученных в ходе эксперимента (рис. 4.6) [95].



Рисунок 4.6 – Внешний вид асфальтобетонов вследствие их высокой набухаемости

Так же определялся предел прочности образцов и остаточная пористость, результаты испытаний представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Результаты испытаний образцов на прочность и остаточную пористость

№ образца	Предел прочности при 50 °С, при сжатии, МПа (не менее 1,0 МПа)	Предел прочности при 50 °С, при сдвиге, МПа (не менее 2,3 МПа)	Остаточная пористость, % по объему (2,5–5,0 %)
1	2	3	4
смесь без отходов			
1	1,35	2,42	3,86
2	1,31	2,46	
3	1,34	2,46	

Окончание таблицы 4.8

1	2	3	4
смесь с добавлением измельченной кромки грунтовой ткани			
1	1,38	не определялось	4,45
2	1,62		
3	1,54		

Среднее значение предела прочности при сжатии смеси без текстильных отходов составляет 1,33 Мпа, а смеси с отходами – 1,51 Мпа. Следовательно, предел прочности образцов с добавлением отходов кромки грунтовой ткани увеличился на 13,5 %.

4.3 Исследование процесса производства асфальтобетонов с использованием измельченной кромки грунтовой ткани

Смешивание смеси ЦМБГ20-II/2,3 с измельченными отходами кромки грунтовой ткани осуществляется при температуре 145–160 °С. Внешний вид смеси под микроскопом представлен на рисунке 4.7.

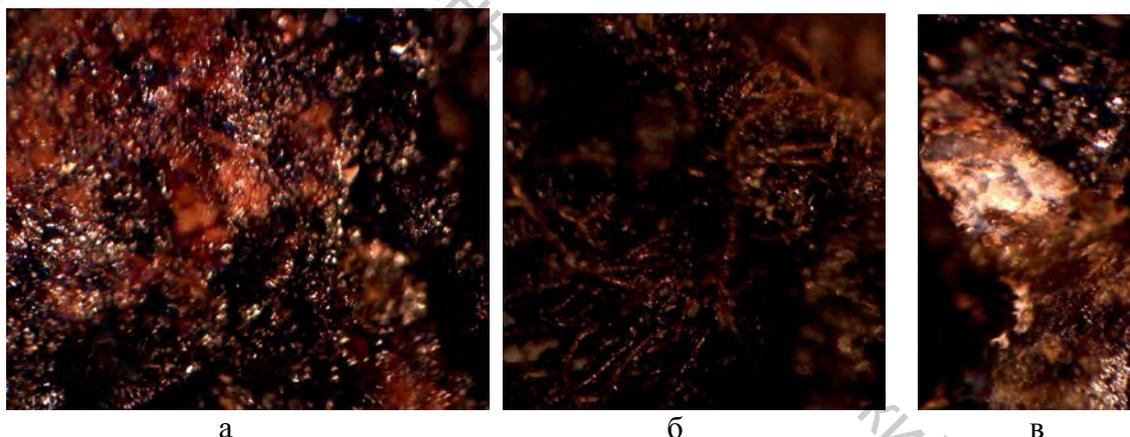


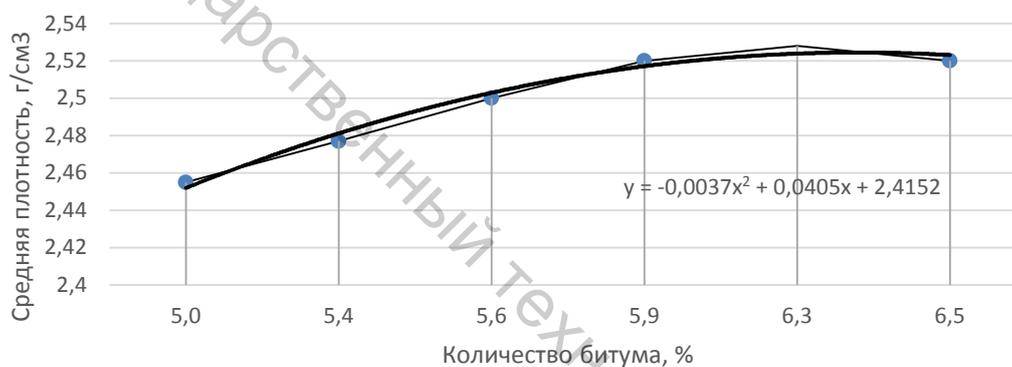
Рисунок 4.7 – Внешний вид смеси под микроскопом: а – смесь без добавления текстильных отходов, б – смесь с добавлением текстильных отходов на начальной стадии процесса смешивания (температура смеси 100 °С), в – смесь с добавлением текстильных отходов на конечной стадии процесса смешивания (температура смеси 145–160 °С)

После воздействия температуры полиэфирные волокна, содержащиеся в смеси, дали усадку на 10 %, полиамидные волокна размягчились, а полипропиленовые – расплавились, образуя однородную массу с битумом.

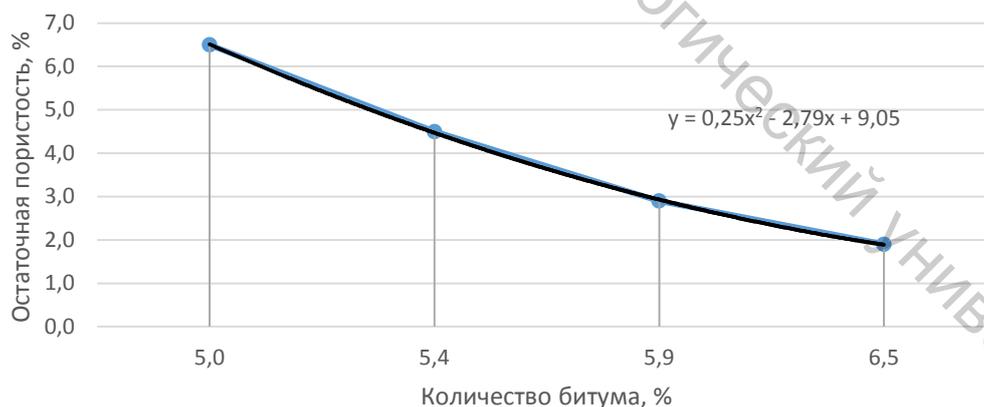
На основании результатов испытаний образцов асфальтобетона по методу Маршалла приходят к следующим выводам:

- значение устойчивости к нагрузкам возрастает при увеличении содержания вяжущего до определенного максимума, после которого значение устойчивости снижается,
- величина условной пластичности асфальтобетона возрастает при увеличении содержания вяжущего,
- кривая зависимости плотности от содержания битума подобна кривой устойчивости, однако для нее максимум чаще наблюдается при несколько более высоком содержании битума (рис. 4.8 а),
- остаточная пористость асфальтобетона снижается при увеличении содержания битума, приближаясь асимптотически к минимальному значению (рис. 4.8 б),
- процент заполнения пор битумом увеличивается с увеличением содержания битума.

На рисунке 4.8 представлена зависимость показателей качества асфальтобетонов от процентного содержания битума [3] и уравнения зависимости.



а – зависимость плотности от процентного содержания битума в смеси



б – зависимость остаточной пористости от процентного содержания битума в смеси

Рисунок 4.8 – Зависимость показателей качества асфальтобетонов от процентного содержания битума

Плотность асфальтобетона является одним из важнейших показателей его структуры. От нее в большей степени зависят физико-

механические свойства асфальтобетона, а также долговечность покрытия. При прочих равных условиях плотность находится в зависимости с прочностью асфальтобетона. При одном и том же процентном содержании битума в смеси мы достигли снижения средней плотности образцов за счет введения текстильных отходов (рис. 4.9, табл. 4.8).

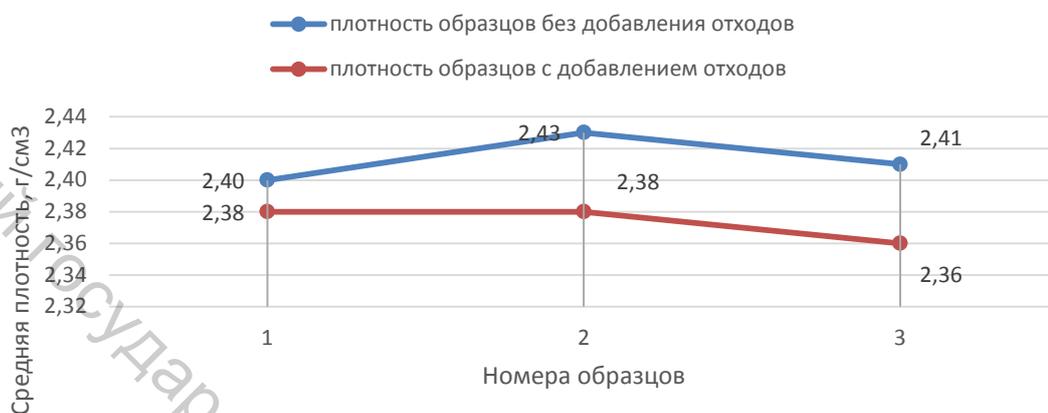


Рисунок 4.9 – Значение плотности образцов с добавлением текстильных отходов и без них

Следовательно, можно сделать вывод, что количество пор в асфальтобетоне увеличилось. Значит в летнее время битум, который имеет способность расширяться под действием температуры в летнее время, не будет выступать на поверхность покрытия, вследствие чего повышаются эксплуатационные свойства такого покрытия, снижается сопротивление движению автомобилей в жаркое время. Однако избыток объема пор может снизить устойчивость покрытия к коррозии.

В связи с этим возникла необходимость исследования образцов на остаточную пористость.

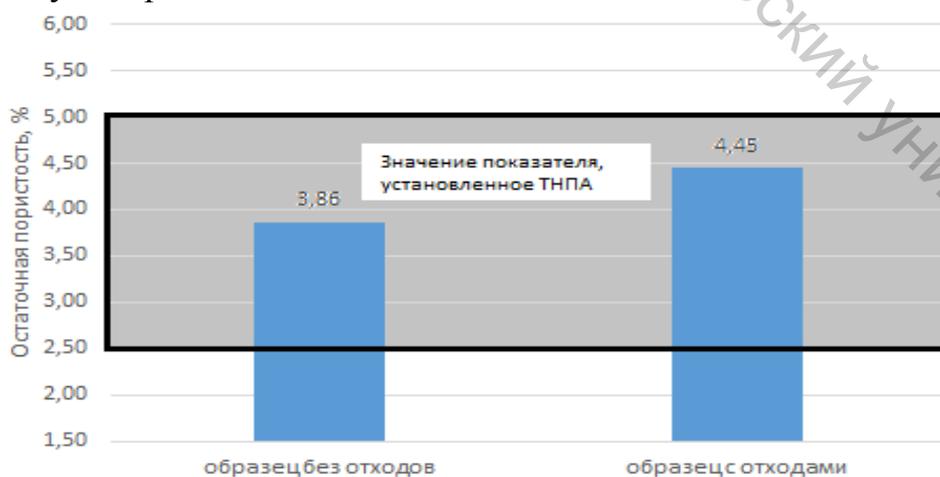


Рисунок 4.10 – Значение остаточной пористости образцов с добавлением текстильных отходов и без них

Из рисунка 4.10 и таблицы 4.8 видно, что остаточная пористость образцов входит в пределы 2,5–5,0 %. Следовательно, добавление отходов в смеси не снизит устойчивость покрытия к коррозии.

Пористая среда вместе с находящейся в ней жидкостью (в нашем случае битумом), на которую действуют массовые и поверхностные силы, представляет собой гидравлическую фильтрационную систему.

Количество жидкости в пористой среде, физико-механические ее свойства и силы, действующие на нее, определяют степень подвижности жидкости.

Асфальтобетон, состоящий из твердых частичек, характеризуется гранулометрическим составом и пористостью.

Пористость материала – отношение объема пор W_n ко всему объему W , то есть

$$n = \frac{W_n}{W}. \quad (4.4)$$

В охлажденном асфальтобетоне при воздействии на него воды, жидкость в виде реального потока, перемещающегося в пористой среде, движется непосредственно через поры. Поровые каналы имеют разнообразные формы и размеры. В связи с этим не представляется возможным отобразить истинное движение воды в пористой среде.

Область пористой среды, заполненная движущейся жидкостью, называется областью фильтрации. Если в области фильтрации гидростатические напоры и скорости изменяются во времени, то такая фильтрация является неустановившейся. Фильтрация считается установившейся, если напоры и скорости в определенных точках области фильтрации не зависят от времени.

Так как в результате экспериментов установлено, что набухаемость образцов снизилась, возникает вопрос о происходящих процессах при воздействии воды.

Согласно формуле (4.4) объем пор в образцах с добавлением отходов увеличился, так как увеличилась остаточная пористость

$$W_n = n \cdot W. \quad (4.5)$$

Для анализа движения жидкости в пористой среде, как и в обычной механике сплошных сред, используются уравнения непрерывности, движения и состояния. Уравнение непрерывности в теории фильтрации приобретает вид

$$\frac{\partial(\rho m)}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho w) = 0, \quad (4.6)$$

где m – пористость среды, ρ – плотность жидкости, w – скорость фильтрации.

Уравнение движения в пористых средах устанавливает связь между вектором скорости фильтрации и полем давления, вызывающего течение. Уравнение движения в пористых средах выражает закон сохранения импульса и в случае фильтрации ньютоновской жидкости может быть получено из уравнений Навье-Стокса, описывающих течение жидкости внутри пор, с помощью осреднения. В простейшем случае линейной фильтрации в качестве уравнения движения используется закон Дарси. В задачах нелинейной фильтрации различают два случая: больших и малых скоростей.

При больших скоростях, когда существенна инерционная составляющая используется формула Форхгеймера

$$\frac{\delta\rho}{L} = \frac{\eta}{f} w + \frac{\beta}{\sqrt{f}} w^2, \quad (4.7)$$

где η – динамическая вязкость жидкости, f – проницаемость среды.

На практике используется так же закон фильтрации в виде

$$w = C \left(\frac{\delta\rho}{L} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (4.8)$$

где n и C – постоянные, определяемые опытным путём, причем $1 < n < 2$.

При малых скоростях фильтрации проявляются неньютоновские реологические свойства жидкости. Неньютоновское поведение жидкости проявляется в отклонении связи касательного напряжения и градиента скорости фильтрации в направлении, перпендикулярном направлению течения от выражения

$$\tau = \mu \frac{dw}{dy}, \quad (4.9)$$

представляющему собой уравнение прямой линии, проходящей через начало координат.

Физико-механические и технологические свойства асфальтобетона в большей степени зависит не от прочности минеральных составляющих, а от прочности коагуляционных контактов, образующихся при перемешивании и уплотнении смеси [60].

Различают два основных этапа формирования структуры асфальтобетона. Первый этап происходит при перемешивании материалов с битумом. Второй этап формирования структуры асфальтобетона происходит в процессе укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси.

Эффективность процесса перемешивания на первом этапе определяется скоростью смачивания и растекания битума по поверхности минеральных компонентов. Способность к смачиванию характеризуется углом смачивания θ , который возникает на границе трех фаз: битума, минерального материала и воздуха (рис. 4.11).

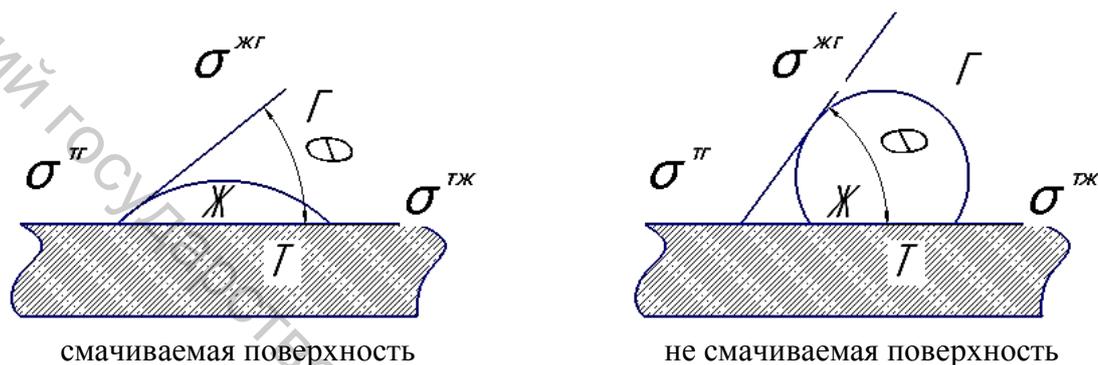


Рисунок 4.11 – Распределение жидкости по поверхности твердого тела

Условием смачивания твердого тела является неравенство:

$$\sigma^{тг} > \sigma^{тж} + \sigma^{жг} \cdot \cos \theta. \quad (4.10)$$

При значениях краевого угла смачивания $\theta > 90^\circ$ минеральная часть хорошо смачивается битумом, что характерно для гидрофобных поверхностей. Соответственно, при $\theta < 90^\circ$ растекание вяжущего происходит плохо, что характерно для гидрофильных поверхностей.

Скорость смачивания поверхности частиц, которая и определяет необходимое время перемешивания смеси, была увеличена за счет повышения температуры до 160°C вследствие плавления полипропиленовых волокон.

Как показали эксперименты, наличие текстильных волокон в составе асфальтобетонных смесей существенно влияет на физико-механические свойства асфальтобетона за счет процессов, происходящих при смешивании смеси, а именно адгезии.

В асфальтобетонах с добавлением текстильных отходов субстратами являются волокна и минеральные составляющие, а адгезивом-битум.

Адгезия в данном случае рассматривается в системе двух контактирующих фаз: «адгезив-субстрат» при формировании

адгезионного соединения путем нанесения жидкого битума на поверхность твердого субстрата с последующим затвердеванием (испарение растворителя, отверждение в результате химических реакций, затвердевание расплава).

Речь идет о механической (микрореологической) адгезии. Основателем механической теории адгезии является Мак-Бен. Согласно этой теории, адгезия осуществляется за счет затекания адгезива в поры или трещины на поверхности субстрата с последующим затвердеванием. При этом считается, что между адгезивом и субстратом образуются «заклепки», связывающие компоненты адгезионного соединения путем механического заклинивания. Таким образом, прочность адгезионного соединения определяется пористостью субстрата (включая форму пор) и прочностью пленки адгезива [14].

Механическое сцепление адгезива и субстрата, безусловно, играет существенную роль в обеспечении прочности адгезионного соединения, особенно если субстрат пронизан сеткой сквозных пор (ткань). Тем не менее эта теория не объясняет адгезию непористых тел с гладкими поверхностями и не учитывает химическую природу и физико-химические свойства адгезива и субстрата. Основной вывод механической теории адгезии состоит в том, что увеличение площади контакта адгезива и субстрата приводит к увеличению прочности адгезионного соединения [14].

Основная проблема, возникающая в связи с высокими осевыми нагрузками и большой интенсивностью движения, – деформация асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, построенных с использованием обычных битумов. Результаты проведенных исследований показали значительное улучшение свойств асфальтобетонов при добавлении измельченных отходов кромки грунтовой ткани: снижение набухаемости, увеличение прочности. Однако существует проблема добавления отходов в просеивающий барабан двойного действия. В связи с плохой сыпучестью волокнистый материал «забивает» отверстия шнекового оборудования.

Анализируя результаты испытаний образцов и процесс производства асфальтобетонов, для повышения надежности и долговечности работы покрытий предлагается использовать отходы кромки грунтовой ткани в производстве модифицированного битума, что исключит трудности в подаче текстильных отходов в смесь. Данное предложение требует дополнительных исследований и испытаний.

5 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ

5.1 Технология композиционных материалов

Сотрудниками кафедры «Прядение натуральных и химических волокон» УО «ВГТУ» рассмотрен ряд проблем, связанных с разработкой новых видов композиционных материалов бытового назначения, а также вопросы получения материалов с использованием отходов текстильного производства. Разработка технологических процессов формирования композиционных материалов базируется на результатах проведенных ранее исследований [109, 119–122].

Разработка способов формирования композиционных материалов с волокнистым покрытием позволит расширить ассортимент текстильных материалов и область их применения.

Использование в качестве покрытия вторичных материальных ресурсов увеличивает область применения текстильных отходов, позволяет получать композиционные материалы и изделия из них с низкой себестоимостью.

Одним из направлений использования текстильных отходов при производстве композиционных материалов является производство настенных покрытий, а именно обоев.

Структура, физико-механические свойства и внешний вид готовых настенных покрытий в большой степени зависят от сырьевого состава наносимого текстильного материала, выбора подходящего связующего состава и параметров процесса сушки. Поэтому оптимизация технологического процесса выбора и подготовки волокнистого материала, выбор связующего состава и разработка оптимальных технологических параметров процесса нанесения, склеивания и сушки является одним из важных этапов в создании технологии производства обоев с волокнистым покрытием.

5.1.1 Характеристика используемого сырья

В качестве сырья для производства композиционных материалов могут использоваться отходы шерстяной, шелковой, хлопчатобумажной и швейной промышленности. Поступает это сырье в виде лоскута или волокнистой массы (очесов, линта, шерстяной стрижки, путанки, слетов и др.) Состав может быть однородный (из натуральных, искусственных или синтетических волокон), неоднородный или смешанный (из различных волокон).

На основе изучения структуры отходов текстильных материалов, возникающих на текстильных предприятиях Республики Беларусь, в качестве объекта исследования были выбраны: отходы химических нитей, образующиеся при перематывании, сновании и на других переходах производства; обрывки ленты с частичной параллелизацией волокон, получаемые с чесальных и ленточных машин до гребнечесания; концы ленты (чесаной) – однородная масса чистого равномерного волокна в виде обрывков ленты, получаемая с ленточных машин после гребнечесания со всех переходов ровничного ассортимента; концы пряжи (крутые) – обрывки пряжи разной длины, получаемые в прядильном, крутильном и ткацком производствах [76].

Совместно с профессором Коганом А.Г. определена область их вторичной переработки в изделия строительного назначения.

Вопросы использования этих отходов для выпуска изделий решаются индивидуально на каждом предприятии, но их переработка является неэффективной [8]. Была поставлена задача изготовления полноценных изделий из текстильных отходов, которые до настоящего времени не подвергались вторичной переработке или перерабатывались не полностью. Изучены существующие процессы и методы переработки отходов на действующих предприятиях; ассортимент изделий, выпускаемый в цехах производства изделий бытового назначения. Переработка таких отходов чаще всего нерентабельна в связи с большими затратами труда и вспомогательных материалов для изготовления изделий из отходов [64, 65, 75].

В качестве основного сырьевого компонента для производства композиционных материалов с волокнистым покрытием предлагается использовать концы ленты, пряжи – отходы текстильного производства, химических нитей, а также некондиционные изделия: нити непрокрашенные, с поврежденной паковкой, загрязненные, неравномерные по линейной плотности.

Отходы химических нитей образуются на предприятиях «Химволокно» г. Гродно, г. Могилев, г. Светлогорск и подразделяются на:

- отходы нитей с бобин после формования (отходы невытянутых нитей);
- отходы вытянутых нитей и волокна, поступающие в виде путанки, то есть пучков перепутанных волокон и нитей различной длины;
- волокнистые отходы – чистые отходы фильерного волокна.

Данные отходы, как правило, не перерабатывают из-за трудоемкости и неэкономичности процессов дополнительной сортировки, резки, прочесывания, рыхления и т. д.

Состав отходов нитей может использоваться различный: вискозные, полиамидные, полиэфирные.

Свойства отходов химических нитей, используемые при разработке технологического процесса производства композиционных текстильных материалов с волокнистым покрытием механического способа формирования строительного назначения, представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Характеристика используемого сырья

Параметр	Отходы химических комплексных нитей		
	вискозные	капроновые	лавсановые
Линейная плотность, текс	13,3; 16,6; 22,2; 29	15,6; 29	12,5; 14; 15,6; 16,6; 18,5; 27,7
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	21-22	32-34	40-50
Потеря разрывной нагрузки в мокром состоянии, %	45-50	10-12	0
Износостойкость: – к истиранию, тыс. циклов; – к многократному изгибу, тыс. циклов	30-60 1,5-2,5	1000 до 100	97 109
Температура размягчения, плавления или разрушения, °С	- не плавится, разрушается 150-160	170 215	235 255
Влажность, %	11-13	2,4-2,8	0,4-0,6
Объемная плотность, г/см ³	1,52	1,14	1,38

Состав, линейная плотность, длина нарезки текстильных отходов будут обуславливать не только свойства, структуру, внешний вид текстильных покрытий, но и параметры нанесения их на поверхность основы [75].

В композиционных материалах с нанесенным волокнистым покрытием износ начинается с покрытия – волокнистые частицы при соприкосновении с окружающими предметами выпадают из материала. Сначала разлохмачивается поверхность материала, обнажаются открытые места основы и начинается разрушение самого каркаса (бумаги, ткани, нетканого материала). На скорость износа композиционных материалов влияет высота рельефа покрытия. Так как износ полотен при истирании связан с потерей массы, то устойчивость к истиранию в большей степени определяется объемом заполнения основы волокнистым материалом, прочность закрепления которого зависит от адгезива.

При использовании отходов, содержащих вискозные нити, композиционные материалы будут обладать главным достоинством вискозного волокна – хорошей гигроскопичностью, способностью хорошо поглощать влагу, что обуславливает малую электризуемость. Недостатком таких покрытий являются неустойчивость к действию

микроорганизмов, прямых солнечных лучей, следовательно, материал необходимо ламинировать, либо не использовать для настенных покрытий в помещениях повышенной влажности.

Покрытие, содержащее полиамидные нити, по устойчивости к истиранию за счет свойств полиамидных волокон будет превосходить все остальные, обладать стойкостью к воздействию микроорганизмов, обеспечит красивый внешний вид полотна, своеобразный мерцающий блеск, придающий покрытию необычный внешний эффект. Из-за небольшой массы волокнистого материала полотно будет легким, однако с высокими теплоизоляционными свойствами.

Покрытия с использованием отходов полиэфирных нитей вследствие низкой гигроскопичности будут обладать ценным свойством электроизоляционного материала [64].

Использование отходов химических нитей для производства настенных покрытий, благодаря их свойствам, оказывает благоприятное влияние на здоровье человека. Обои с таким покрытием играют значительную роль в художественно-колористическом оформлении интерьера и создании здорового микроклимата помещения, придают красивый шелковистый внешний вид за счет гладкой поверхности и изысканного блеска, своеобразную текстуру, а их мягкость не вызывает трещин при изгибе.

Согласно ГОСТу 6810-2002 «Обои. Технические условия», устойчивость окраски к свету в баллах должна быть не менее 5–7. По устойчивости к свету все выбранные составы отходов отвечают требованию данного стандарта.

5.1.2 Технологический процесс подготовки текстильных отходов к вторичной переработке

При производстве композиционных материалов с волокнистым покрытием отходы химических нитей, пряжи нельзя использовать в чистом виде из-за разности длин, необходимо подготовить их к вторичной переработке. Подготовка заключается в измельчении и смешивании продукта с целью получения однородной по физико-механическим свойствам массы.

Геометрия частиц и их природа оказывают значительное влияние на качество проектируемых материалов.

Для получения однородной волокнистой массы текстильные отходы необходимо подвергнуть процессу измельчения. Выбор способа, типа и рациональной конструкции машины для измельчения базируется на анализе свойств с учетом размера измельченного материала и требований к размерам и качеству готового продукта.

Для подготовки волокнистой массы выбран метод измельчения текстильных отходов способом резания. Данный способ позволяет

полностью управлять процессом и получать продукт заданной длины в зависимости от выбранных технологических и конструктивных параметров оборудования.

При изучении и эксплуатации современных резальных машин в производственных условиях выяснилось, что они недостаточно полно удовлетворяют необходимым требованиям по измельчению. Прежде всего, это связано с наличием непрорезов, оплавлением и разволокнением концов нарезаемого продукта, что приводит к существенному снижению производительности труда и оборудования, увеличению количества отходов, снижению качества продукта и получаемых из него готовых изделий.

С целью улучшения внешнего вида продукции предприятиями по изготовлению обоев может использоваться вкрапление измельченных полноценных комплексных химических нитей.

По заданию ОАО «Гомельобои» было разработано устройство (рис. 5.1) для измельчения нитей, отходов нитей и пряжи различного состава, с возможностью регулирования длины нарезки и удовлетворительным качеством реза.

Для оптимизации режимов резания и выбора принципа работы устройства учитывались: данные по обрабатываемому материалу – линейная плотность, жесткость нитей; данные по измельчителю – размерная характеристика, диапазоны частот вращения, подачи, максимальная толщина резания, мощность резания, тип режущего инструмента, геометрические параметры режущей кромки.

Резание материала представляет процесс, определяемый физико-механическими свойствами разрезаемого материала, геометрией режущего инструмента и взаимным движением материала и инструмента. В процессе резания происходит раздвигание материала режущим инструментом, имеющим заточку в форме клина. В зависимости от характера движения инструмента угол резания может быть равен углу заточки инструмента или меньше его. Соотношение этих углов влияет на чистоту срезанного слоя материала и величину усилия резания.

Выбор принципа резания определяется его возможностью обеспечить выполнение технических требований, предъявляемых к измельченному материалу по длине нарезки и качеству реза. Для удовлетворения всех предъявляемых требований к готовому продукту был выбран принцип комбинированного резания цилиндрической фрезой с вращательным движением фрезы и поступательным движением материала, схожий с принципом разрезания материалов методом ножниц.

Разработанное устройство в сборке представляет собой конструкцию, состоящую из узла нарезки и узла подачи материала в зону резания, представленную на рисунке 5.1. Устройство,

расположенное на опорной станине 1, состоит из фрезы 2, которая установлена на приводном валу двигателя 3 и смонтирована в резальной втулке 4; направляющих втулок для подачи материала в зону резания, одна из которых закреплена на опорной станине, а другая смонтирована в резальной втулке; прижимных валиков 5, один из которых закреплён на приводном валу двигателя 6, а второй установлен на опорной станине устройства.

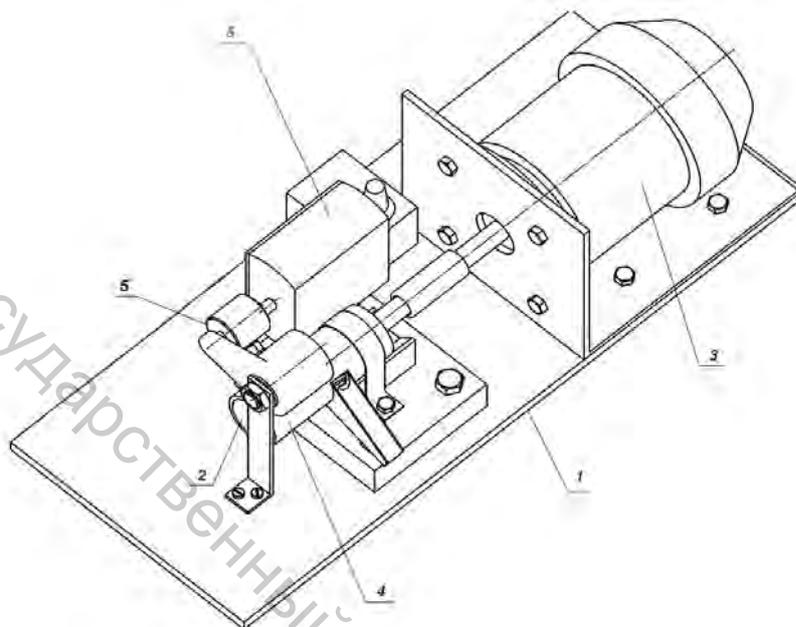


Рисунок 5.1 – Устройство для измельчения текстильных отходов:
 1 – опорная станина, 2 – фреза, 3 – электродвигатель механизма резания, 4 – резальная втулка, 5 – прижимной валик, 6 – электродвигатель механизма подачи

Устройство осуществляет резание нитей на длину в диапазоне 0,5–15 мм. Регулирование длины нарезки производится изменением скорости вращения подающих валиков или скорости вращения режущего инструмента.

5.1.2.1 Узел резания текстильных отходов

При комбинированном резании осевая цилиндрическая фреза работает в условиях свободного резания, поэтому на каждом ее зубе имеется только одно лезвие, являющееся главным. Главные лезвия фрезы являются винтовыми линиями, накрученными на цилиндр диаметром D_ϕ , а γ – угол наклона винтовой канавки.

Число ножей ножевого барабана выбирают в зависимости от его диаметра D_ϕ (м) по эмпирической формуле [13]

$$z = k\sqrt{D_\phi}, \text{ шт.}, \quad (5.1)$$

где k – коэффициент пропорциональности, зависящий от назначения и конструкции ножей (прямые или спиралеобразные).

Согласно В.Ф. Боброву [13] установлено, что при резании материала толщиной t_m (м) и подачей на зуб S_z максимальное число ножей z может быть определено по формуле

$$z = \frac{0,2D_\phi}{t_{m \max}^{0.5} S_{z \max}^{0.5}}. \quad (5.2)$$

Из формулы следует, что при увеличении толщины материала и скорости подачи число ножей ножевого барабана должно быть уменьшено. В этом случае t_m – расстояние между двумя зубьями по торцу – торцевой шаг равен

$$t_m = \frac{\pi D_\phi}{z}, \text{ м.} \quad (5.3)$$

Расстояние t_0 между двумя зубьями вдоль оси фрезы – осевой шаг. Связь между осевым и торцевым шагами выражается формулой

$$t_0 = t_m \operatorname{ctg} \gamma, \text{ м.} \quad (5.4)$$

Передняя поверхность зуба фрезы является линейчатой винтовой поверхностью. На рисунке 5.2 представлены основные геометрические параметры осевой цилиндрической фрезы.

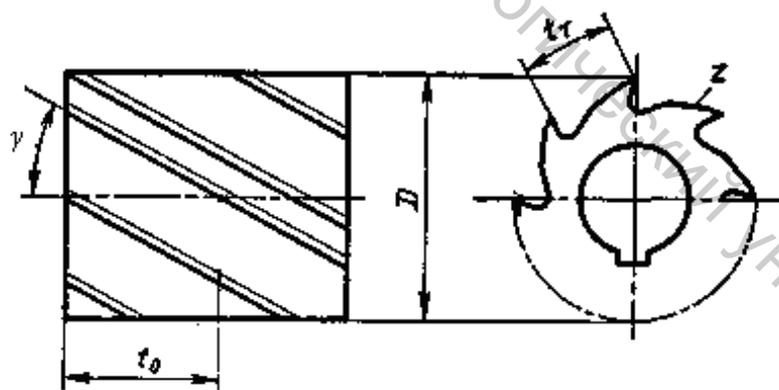


Рисунок 5.2 – Геометрические параметры осевой цилиндрической фрезы: γ – угол наклона винтовой канавки ($25-35^\circ$), t_m – торцевой шаг, t_0 – осевой шаг, z – число ножей (4 шт.)

Узел резания в готовом виде представлен на рисунке 5.3.

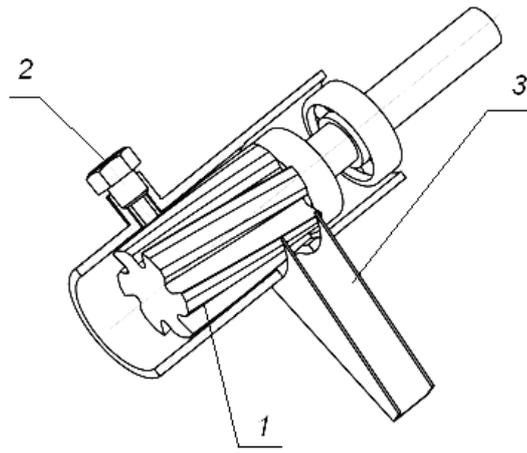


Рисунок 5.3 – Узел резания: 1 – осевая цилиндрическая фреза, 2 – направляющая для подачи материала в зону резания, 3 – направляющая для выхода продукта

Каждый зуб фрезы в процессе резания совершает циклоидальное движение [13]. Траекторией относительного рабочего движения любой точки лезвия является циклоида, изображенная на рисунке 5.4.

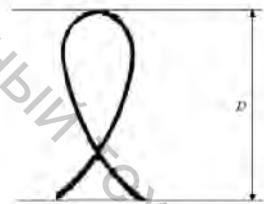


Рисунок 5.4 – Траектория движения точки лезвия осевой цилиндрической фрезы

Вращение фрезы является движением резания. Скорость резания определяется по формуле [13]

$$V_{рез} = \frac{\pi D_{\phi} n_{\phi}}{1000}, \text{ м/с}, \quad (5.5)$$

где n_{ϕ} – частота вращения фрезы, с^{-1} .

Скорость резания равна окружной скорости вращения фрезы.

5.1.2.2 Узел подачи материала в зону резания

Перемещение материала по касательной к окружности фрезы является движением подачи. Так как фреза является многозубым инструментом, то различают минутную подачу S_m (мм/мин, м/с), подачу на оборот и подачу на зуб S_z (рис. 5.5).

При резании происходит сочетание направлений вращения фрезы и перемещение материала, так как в нашем случае векторы скорости резания и подачи направлены в одну сторону, резание будет попутным.

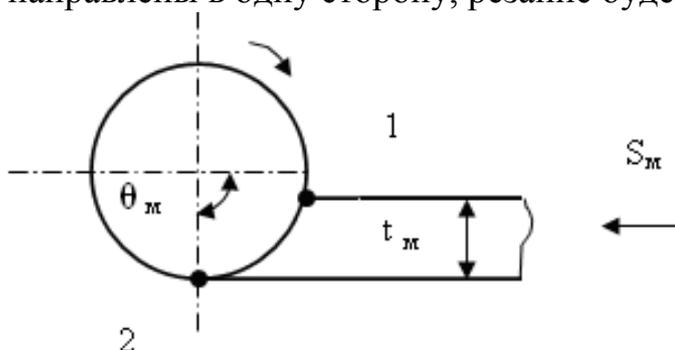


Рисунок 5.5 – Элементы резания

Из рисунка 5.5 видно, что зуб фрезы вступает в работу в точке 1 и выходит из соприкосновения со срезаемым материалом в точке 2. Таким образом, за один оборот фрезы зуб совершает два цикла: рабочий, соответствующий дуге 1,2, и холостой, соответствующий дуге 2,1. Периодически повторяющиеся чередования рабочего и холостого циклов зуба фрезы (циклическая прерывистость процесса резания) являются особенностью такого вида резания.

Угол θ_m , соответствующий началу и концу рабочего цикла зуба фрезы, – максимальный угол контакта. Мгновенная толщина срезаемого слоя не зависит от угла наклона винтовой канавки.

Мгновенную толщину срезаемого слоя a можно определить по формуле [13]

$$a = S_z \sin \theta_m, \text{ М.} \quad (5.6)$$

С целью измельчения материала различного состава, поверхностной плотности, размеров и формы разработан узел подачи материала в зону резания (рис. 5.6). Фреза 1 установлена на приводном валу двигателя и смонтирована в резальной втулке; направляющая втулка для подачи материала в зону резания 3, которая смонтирована в резальной втулке; прижимные валики 5, 6, один из которых закреплен на приводном валу двигателя 2, а второй установлен на опорной станине устройства.

Режимом резания является совокупность значений скорости резания $V_{рез}$ и скорости подачи $V_{под}$. Возможны три варианта регулирования процесса резания: изменение одной скорости подачи или одной скорости резания; одновременное, зависимое и прямо пропорциональное изменение скорости резания и подачи; зависимое непропорциональное изменение скоростей резания и подачи [13].

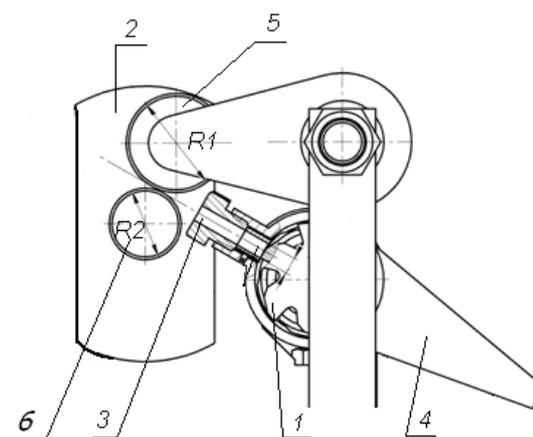


Рисунок 5.6 – Устройство подачи материала в зону резания:
 1 – фреза, 2 – двигатель, 3 – направляющая для подачи материала в зону резания, 4 – направляющая для выхода продукта, 6, 7 – прижимные валики

Подача – относительное перемещение жгута к ножевому барабану при его вращении, осуществляется в горизонтальной плоскости. При заданной длине нарезки – l (м)

$$V_{\text{под}} = \frac{l}{t}, \text{ м/с}, \quad (5.7)$$

где t – время продвижения материала на длину l , с.
 Угловая скорость ножевого барабана

$$W_{\phi} = \frac{2\pi}{zt} \text{ или } W = \frac{2\pi V_{\text{под}}}{zl}, \text{ с}^{-1}, \quad (5.8)$$

где z – количество зубьев фрезы (ножей), шт.
 Следовательно, скорость подачи равна

$$V_{\text{под}} = \frac{zlW_{\phi}}{2\pi}, \text{ или } V_{\text{под}} = n_{\phi}z, \text{ м/с.}$$

Тогда длина нарезки равна

$$l = \frac{V_{\text{под}}}{n_{\phi}z}, \text{ м.} \quad (5.9)$$

Значение подачи материала на один зуб фрезы связано с подачей материала в минуту S_m соотношением

$$S_z = \frac{S_m}{n_\phi z} . \quad (5.10)$$

Так как $n_\phi = \frac{30W_\phi}{\pi}$, получаем

$$S_z = \frac{S_m \pi}{30W_\phi z} . \quad (5.11)$$

Тогда мгновенная толщина срезаемого слоя равна

$$a = \frac{S_m \pi}{30Wz} \sin \theta_m . \quad (5.12)$$

Максимальная длина нарезки зависит от высоты зуба фрезы.

С целью определения оптимальной длины нарезки отходов нитей был проведен эксперимент. Исследовалась зависимость стойкости покрытия к истиранию от длины нарезки. Были наработаны образцы с нанесенным волокнистым материалом длиной нарезки 9–10 мм, 5–6 мм и 1–2 мм. Экспериментально установлено, что при производстве композиционных материалов с волокнистым покрытием в виде измельченных отходов нитей различной длины нарезки, длина оказывает значительное влияние на сцепляемость продукта с поверхностью основы (рис. 5.7). При увеличении длины частиц стойкость к истиранию готового полотна снижается, а потери покрытия увеличиваются.

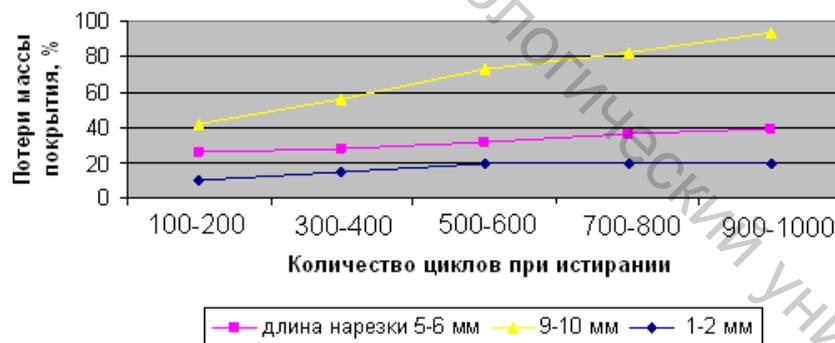


Рисунок 5.7 – Потеря массы покрытия при истирании полотна в зависимости от длины нарезки

Минимальные потери продукта (10 %) наблюдаются при длине нарезки 1–2 мм, после 200 циклов потерь не наблюдается. При длине нарезки 9–10 мм устойчивость к истиранию волокнистого покрытия снижается. Длина частиц 1–2 мм является оптимальной при производстве композиционных текстильных материалов. В производстве обоев на линии предусмотрена укатка покрытия, в этом

случае длина частиц не влияет на стойкость к истиранию, а обуславливает только внешний вид готового полотна

5.1.2.3 Определение длины нарезки текстильных отходов и классификация их по длине

Формула (5.9) может быть использована для определения длины резки при заданных параметрах работы устройства. На рисунке 5.8 представлены зависимости длины нарезки от скорости подачи и частоты вращения ротора.

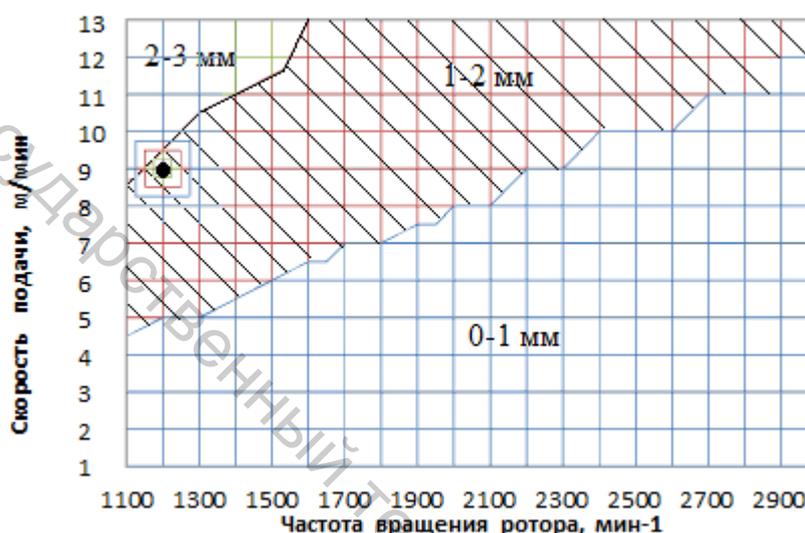


Рисунок 5.8 – График зависимости длины резки от параметров работы устройства для измельчения

Для подтверждения расчетных значений был проведен эксперимент. Принятые при проведении эксперимента параметры работы измельчающего устройства выбраны на основании расчетных данных и представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Основные конструктивные параметры устройства для измельчения, при проведении испытаний

Показатель	Единицы измерения	Значение
Конечный продукт	-	волокнистая масса
Зазор ротора во втулке	мм	0,02-0,04
Частота вращения ротора	мин ⁻¹	1200
Скорость подачи	м/мин	9

Судить о характере распределения волокон в волокнистой массе по длине можно по диаграмме распределения, представленной на рисунке 5.9.

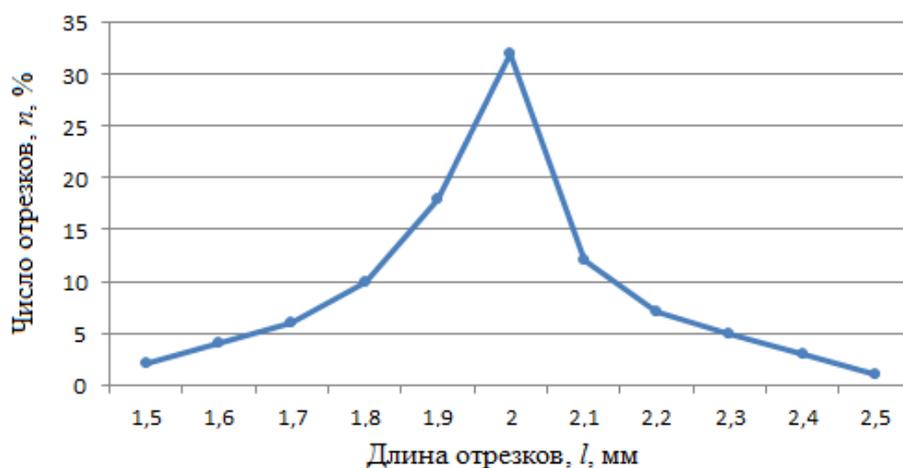


Рисунок 5.9 – Диаграмма распределения длин волокон в волокнистой массе после размола в водной дисперсии

Для волокон рассчитана среднеарифметическая длина – L_a [61]

$$L_a = \frac{l_1 n_1 + l_2 n_2 + l_i n_i}{n_1 + n_2 + n_i} = \frac{197,1}{100} = 1,971 \text{ , мм,} \quad (5.13)$$

где $n_1, n_2 \dots n_i$ – количество отрезков длиной $l_1, l_2 \dots l_i$ соответственно.

Анализ диаграммы распределения свидетельствует о том, что в процессе размола получена волокнистая масса необходимой длины резки 1,5–2,5 мм, что подтверждает расчеты (рис. 5.8). Теоретически при используемых параметрах работы оборудования длина резки равна 1,9 мм [40, 41].

5.1.3 Технологический процесс получения композиционных текстильных материалов

Как указывалось ранее, одним из перспективных направлений расширения ассортимента композиционных текстильных материалов является создание новых технологических процессов производства.

Под руководством профессора, д.т.н. Когана А.Г. в УО «ВГТУ» разработан новый способ получения композиционных текстильных материалов с волокнистым покрытием механического способа формирования. Нанесение волокнистого материала может осуществляться на любой рулонный материал: ткань, бумагу, нетканый материал [80], что значительно улучшит внешний вид композиционных материалов, придаст колорит и значительно расширит ассортимент.

Упрощенная схема технологического процесса изготовления композиционных текстильных рулонных материалов механическим способом формирования представлена на рисунке 5.10.

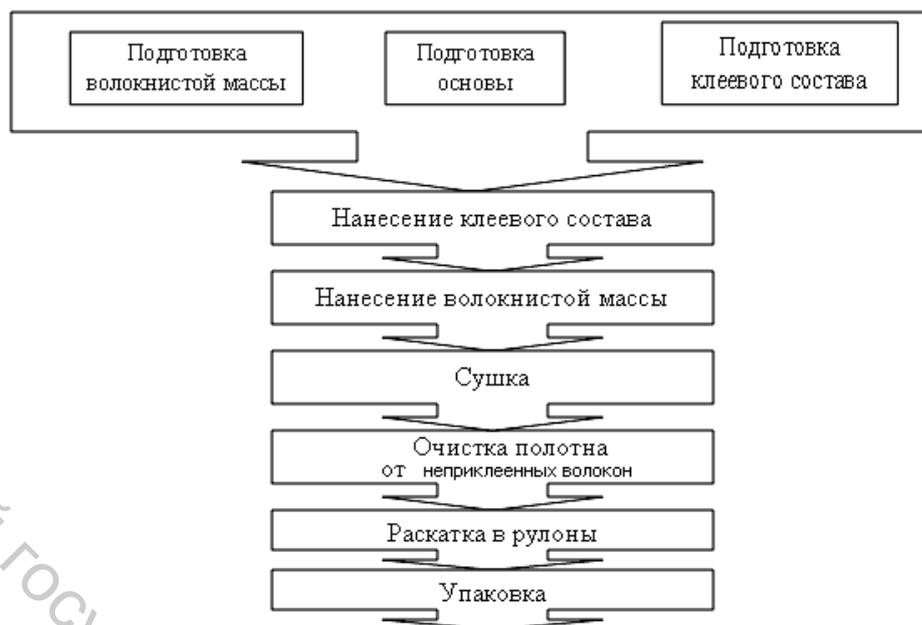


Рисунок 5.10 – Упрощенная схема технологического процесса изготовления композиционных рулонных материалов

В качестве наносимого волокнистого слоя применяются измельченные текстильные отходы. В качестве связующих веществ применяются клеевые составы, соответствующие назначению материалов с учетом адгезии клея к основе и волокнистой массе [81].

Согласно разработанному технологическому процессу на поверхность основы можно наносить любой сыпучий материал: льняную костру, древесную стружку, глиттер и другие мелкодисперсные частицы.

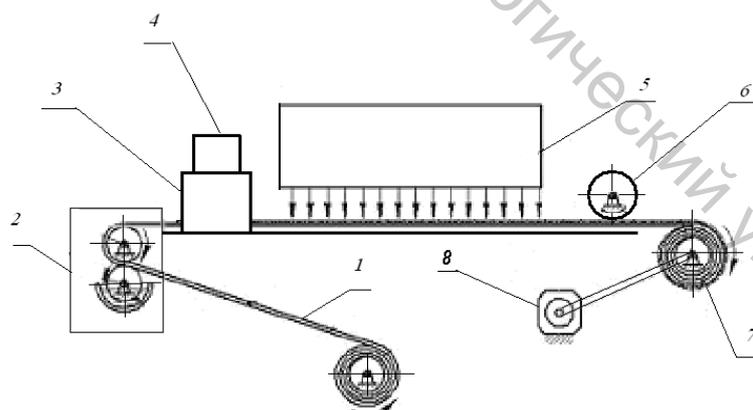


Рисунок 5.11 – Схема получения композиционных рулонных материалов в условиях лаборатории УО «ВГТУ»: 1 – полотно основы, 2 – узел нанесения клея, 3 – устройство для нанесения волокнистого материала, 4 – накопительный бункер, 5 – сушильная камера, 6 – прижимной валик, 7 – рулон готовой продукции, 8 – электродвигатель

На рисунке 5.11 показана принципиальная схема технологического процесса получения композиционных рулонных текстильных материалов. Технологический процесс осуществляется следующим образом: полотно основы 1 сматывается с рулона, проходя узел нанесения клея 2, смачивается клеевым составом, затем оно попадает в устройство для нанесения волокнистого материала 3, состоящего из самого устройства и накопительного бункера 4, подающего волокнистую массу на распределительные валы. Устройство распределяет продукт по всей ширине полотна, образуя волокнистое покрытие. Затем полотно подается в сушильную камеру 5, где происходит фиксация материала на основе. После выхода из сушильной камеры покрытие уплотняется прижимным валиком 6. Далее полотно подвергается очистке от излишков волокнистого материала и сматывается в рулон 7, который вращается от электродвигателя 8.

5.1.3.1 Технологический процесс производства обоев, декорированных волокнистым материалом, на филиале «Гомельобои»

Разработанный на филиале «Гомельобои» технологический процесс несколько отличается от упрощенной схемы (рис. 5.10) в связи с особенностями производства обоев. На рисунке 5.12 показана схема технологического процесса получения композиционных рулонных текстильных материалов строительного назначения в условиях филиала «Гомельобои» – обоев бумажных, декорированных волокнистым материалом, на рисунке 5.13 – схема линии для производства обоев с волокнистым покрытием.

Рассмотрим производство обоев, декорированных волокнистым материалом, согласно схеме (рис. 5.13). Бумага сматывается с рулона 1 и поступает на печатные секции 2–6 обоепечатной машины, туда же подаются печатные краски. Процесс осуществляется на ОПМ фирмы «Фишер и Крекке». После печати элементов рисунка, полотно поступает на секцию гофрирования 7, где производится неглубокое гофрирование, далее на печатную секцию 8, где наносится клей. На ОПМ смонтирована установка для нанесения волокнистого материала механическим способом 9 (рис. 3.12). Бумага с нанесенным на последней печатной секции клеем на определенных элементах рисунка поступает в установку для нанесения волокнистого материала, частицы налипают на раствор связующего.

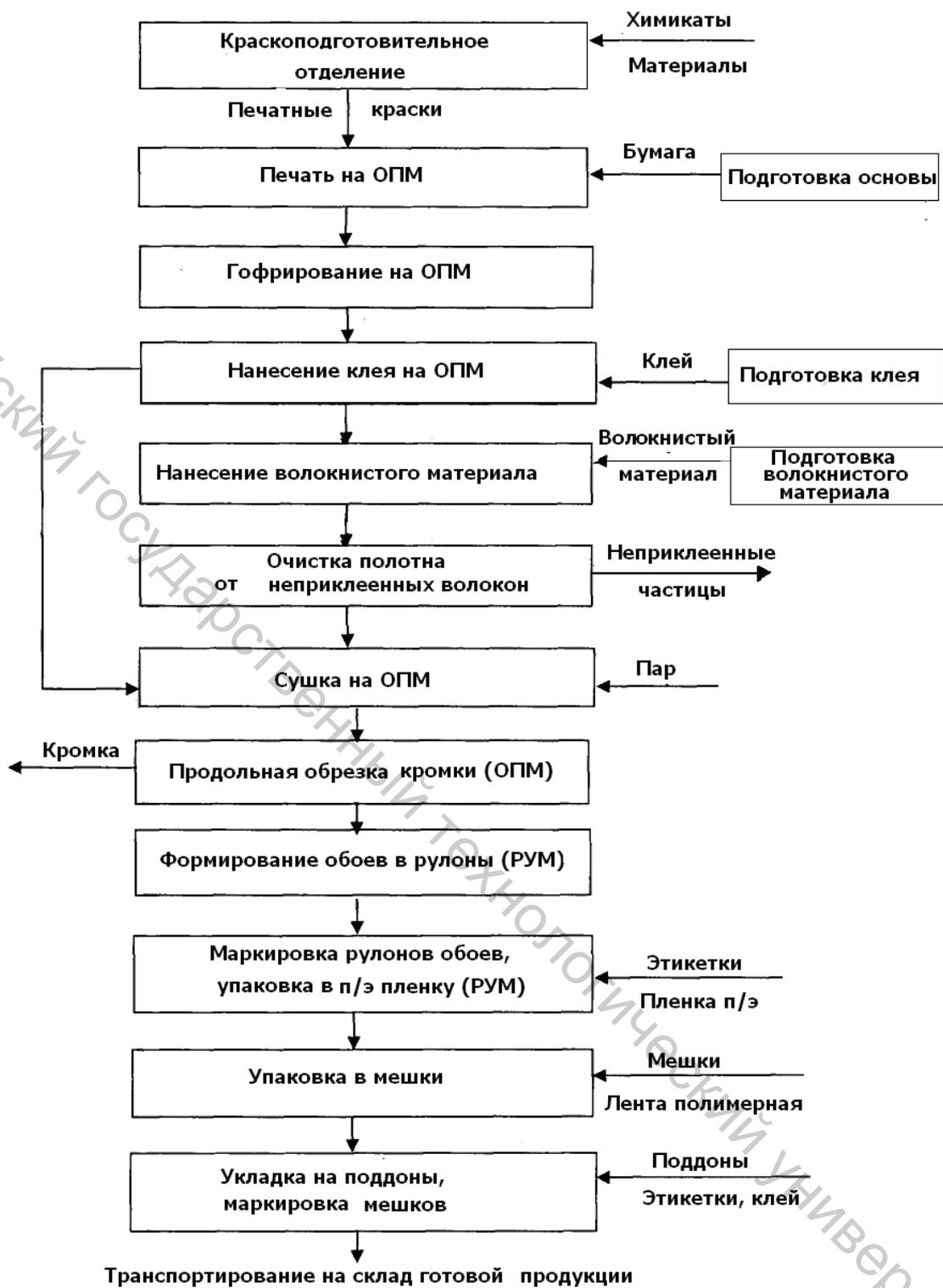


Рисунок 5.12 – Технологическая схема производства обоев бумажных, декорированных волокнистым материалом, на филиале «Гомельобои»

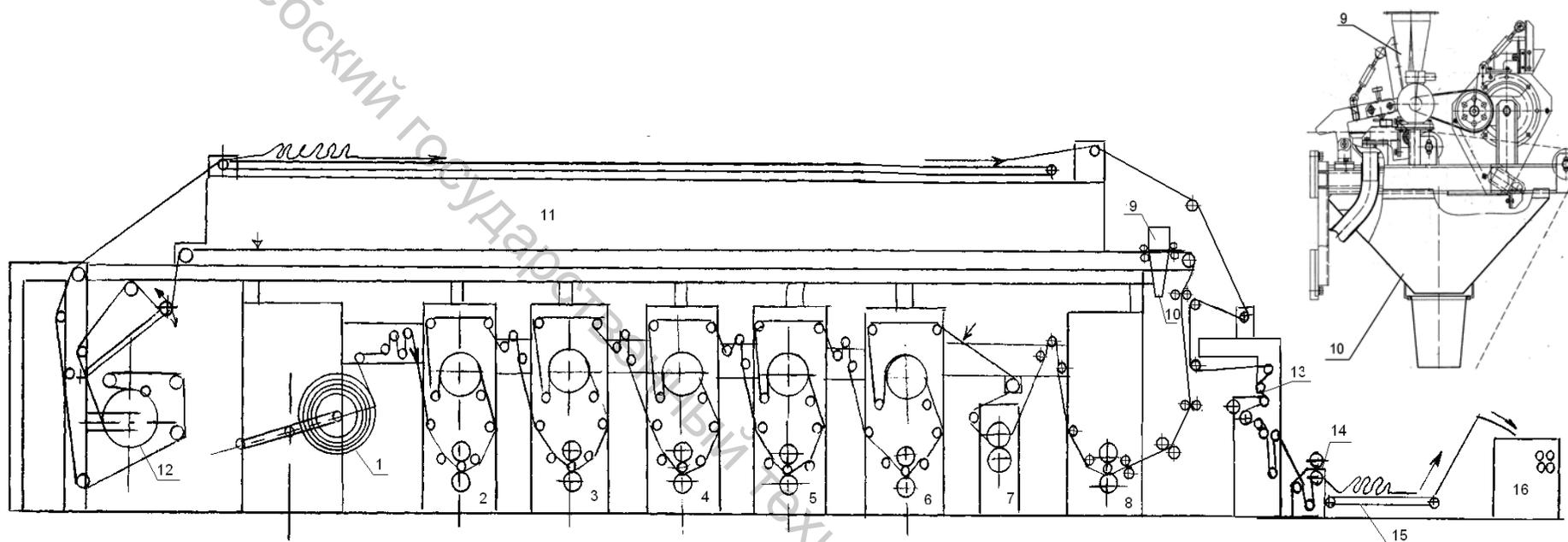


Рисунок 5.13 – Схема линии для производства обоев с волокнистым покрытием на филиале «Гомельобои»:
 1 – рулон; 2–6 – печатные секции; 7 – секция гофрирования; 8 – печатная секция для нанесения пенокраски (клея); 9 – устройство для нанесения волокнистого материала; 10 – устройство отсоса, 11 – сушильная камера, 12 – охлаждающий барабан, 13 – узел обрезки кромки; 14 – узел вытяжки, 15 – стол-накопитель; 16 – размоточный станок

Количество наносимого продукта определяется технологическими параметрами разработанного устройства. Подача волокнистого материала в устройство осуществляется вручную.

Далее бумага по бумагопроводящим валам проходит к валу-вибратору, имеющему специальный профиль образующей цилиндрической поверхности и вращающемуся с частотой 675 мин^{-1} . При контакте с валом-вибратором бумага начинает вибрировать с высокой частотой. Не закрепившиеся частицы материала, оторвавшиеся от поверхности бумаги, тут же подхватываются потоком воздуха, всасываемого устройством отсоса 10, расположенного над полотном бумаги напротив вала-вибратора, и удаляются с полотна. Для того чтобы бумага не увлекалась потоком воздуха, создаваемого устройством отсоса, непосредственно после вала-вибратора бумага поступает на направляющую пластину с пневмоприсосом. На поверхности направляющей пластины имеются отверстия, через которые и осуществляется пневмоприсос полотна бумаги к поверхности направляющей пластины.

Частицы, удаленные с поверхности отпечатанного полотна устройством отсоса, собираются в бункере устройства. Из бункера материал периодически извлекается и повторно используется в производстве.

Далее полотно направляется в камеру сушки 11. Затем в специальном барабане 12 проходит процесс охлаждения для обеспечения закрепления клея и охлаждения полотна. После охлаждения полотно поступает через систему бумагопроводящих валов в устройство обрезки кромок 13, далее на стол-накопитель 15 и в размоточный станок 16 – на раскатку в рулоны, затем обои упаковываются.

5.1.4 Выбор клеевого состава при производстве обоев, декорированных волокнистым материалом

При производстве обоев с волокнистым покрытием волокнистый материал наносится на бумажную основу. Необходимо подобрать вид клеевой композиции с целью получения настенных покрытий удовлетворительного качества и соответствующих действующему стандарту [97].

Связующие и пленкообразующие вещества применяются в производстве обоев и цветных декоративных бумаг для закрепления волокнистого материала на поверхности основы, а также для покрытия полотна сплошной водостойкой пленкой.

Требования, предъявляемые к связующим веществам при производстве настенных покрытий: бесцветность, химическая индифферентность по отношению к основе, набухаемость и коллоидная

растворимость, клейкость, вязкость и уменьшение или полная потеря набухаемости и растворимости после нанесения на основу [51].

Проведены экспериментальные исследования с целью выбора клеевой композиции при нанесении измельченных волокнистых частиц на поверхность бумажной основы, которая будет обеспечивать необходимую мягкость, эластичность и стойкость к истиранию готового полотна.

Исследовались клеевые композиции на основе поливинилацетатной эмульсии, акриловый клей, клей ПВС и различные их сочетания. Клей ПВА получают при 65–90 °С в присутствии эмульгатора, в качестве которого используется поливиниловый спирт. Температура стеклования ПВА составляет 28 °С, а минимальная температура пленкообразования – около 5 °С. Прочность пленки поливинилацетата при растяжении равна 14,3 МПа [29].

В наработанных образцах оценивалась стойкость покрытия к истиранию по потерям массы продукта с площади истирания в процентах от первоначальной массы, учитывая изменения внешнего вида. Потеря массы при эксплуатации происходит из-за истирания покрытия и извлечения частиц из грунта. Испытания проводились по ГОСТу 6810-2002 [97] на приборе ИКБ-4, результаты представлены на рисунке 5.14.

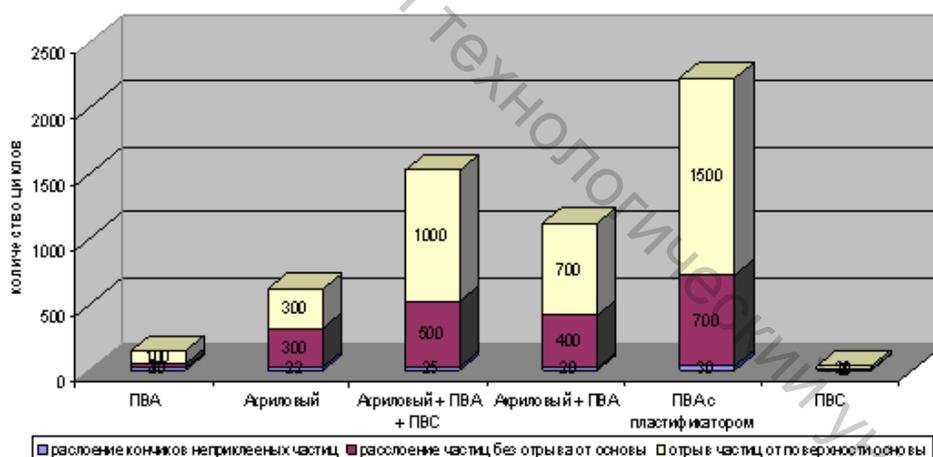


Рисунок 5.14 – Влияние вида клеевой композиции на стойкость к истиранию текстильного покрытия

Из диаграммы видно, что наилучшими показателями стойкости к истиранию волокнистого покрытия обладают полотна с использованием 2 композиций: клей акриловый с ПВА, ПВС и ПВА с пластификатором.

Согласно ГОСТу 6810-2002 [97] нормы показателей устойчивости окраски к свету, устойчивости к истиранию не регламентируются для обоев «необработанное бумажное полотно», декорированных природным веществом. В связи с этим клеевая композиция выбиралась визуально, по внешним характеристикам готового полотна, но с учетом

количества циклов при стирании, а именно ухудшении внешнего вида за счет расслоения нанесенных частиц, частичного отрыва частиц от поверхности основы.

Исследования на жесткость проводились для двух выбранных клеевых композиций при различном нанесении клея и продукта на поверхность основы. Оценивался внешний вид покрытия, образование трещин при перегибе полотна на 180° . В полотне при использовании клея акрилового с ПВА и ПВС образовались трещины, при использовании клея ПВА с пластификатором – трещин не наблюдалось.

По результатам экспериментов для производства обоев с волокнистым покрытием в условиях предприятия «Гомельобои» был выбран клей ПВА с пластификатором, вследствие своих свойств и стоимостных характеристик, динамической вязкостью $1,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Пластификаторы применяются для повышения эластичности связующего вещества. В производстве в качестве пластификатора используются: глицерин, ализариновое масло, дибутилфталат, трикрезилфосфат, касторовое масло [51].

При производстве обоев с волокнистым покрытием предлагается использовать в качестве пластификатора дибутилфталат. Он хорошо растворяет нитроцеллюлозу и простые эфиры целлюлозы, не растворяется в воде, хорошо растворяется в растворителях и маслах, не оставляет следов на готовом полотне. Дибутилфталат получают путем взаимодействия фталевого ангидрида с бутиловым спиртом. Удельный вес дибутилфталата при 20°C – $1,049 \text{ г}$, температура кипения $315\text{--}325^{\circ}\text{C}$. Клей ПВА с дибутилфталатом производства РБ имеется в продаже в готовом виде.

5.1.5 Анализ работы клеевого узла

Одним из этапов технологического процесса является нанесение клеевой композиции с целью закрепления волокнистого материала на поверхности основы.

Физическая сущность операции нанесения клея заключается в совмещении процессов смачивания, адсорбции, капиллярном проникновении клея в виде раствора внутрь материала и последующем закреплении в нем.

Анализ литературных источников показал, что при производстве композиционных рулонных материалов наиболее приемлемым способом нанесения клеевой композиции на поверхность основы является нанесение валиками. Поэтому в разрабатываемой технологии принят валичный способ нанесения клеевой пленки, так как для машин непрерывного типа он является самым эффективным. На качество конечного продукта значительное влияние оказывает не только состав применяемого клея, но и режим работы клеевого узла, одной из

характеристик которого является толщина клеевой пленки (количество наносимого клея).

При нанесении клеевого слоя валичным способом на толщину наносимого слоя h_1 (м) влияет диаметр D_1 , D_2 (м) и материал валиков, скорость прохождения полотна, давление валиков, зазор между валиками, вязкость и концентрация клея, уровень клея в клеевой ванне, зазор между валиками, характер поверхности валика, характер поверхности обрабатываемого полотна.

На рисунке 5.15 схематично изображен узел нанесения клея на основу. Основными рабочими органами узла являются клеенаносной и прижимной валики. Под клеенаносным валиком установлена ванночка с клеем. Основа проходит между валиками и смачивается клеем.

В качестве основы кроме бумаги применяется ткань, поэтому следующим этапом работы является подбор клеевых композиций, в зависимости от свойств используемой основы.

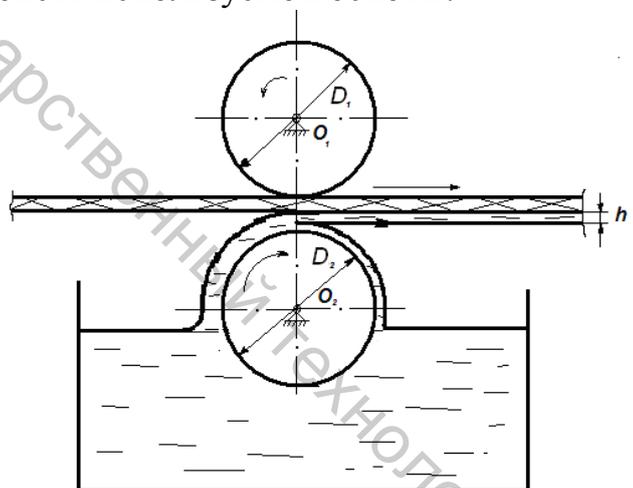


Рисунок 5.15 – Узел нанесения клея

Экспериментально установлено, что при увеличении зазора между клеенаносным и прижимным валиками увеличивается и толщина клеевой пленки. Этот процесс объясняется тем, что при увеличении зазора между валиками уменьшается сила давления прижимного валика на участок нанесения клея на основу, и в результате в зоне контакта выдавливается меньшее количество клея.

При увеличении глубины погружения клеенаносного валика в клеевую ванну увеличивается толщина клеевого слоя. Это объясняется тем, что увеличивается дуга, по которой идет перенос клея из клеевой ванны на основу. Клей по меньшей дуге за одно и то же время стекает обратно в ванну в меньшем количестве, чем с большей дуги.

С увеличением скорости вращения клеенаносного валика толщина клеевой пленки уменьшается. Это объясняется тем, что уменьшается время контакта основы с линией переноса клеенаносного валика, а это

влечет за собой уменьшение времени адгезии, что приводит к уменьшению толщины покрытия основы клеем.

С увеличением вязкости толщина клеевой пленки увеличивается, так как увеличивается величина когезии самого клея.

Получение требуемой толщины клеевого слоя на основе может быть достигнуто соответствующими регулировками вязкости клея, величиной заполнения клеевой ванны, скоростью валиков и зазором между ними. Однако для производства настенных покрытий при регламентированных показателях скорости движения полотна, характеристиках клея в работе необходимо определить параметры валиков в клеенаносном узле и сравнить с данными предприятия [71].

5.1.6 Технологический процесс получения волокнистого покрытия

Следующей операцией в технологии получения композиционных материалов механического способа формирования является нанесение волокнистой массы на подготовленную основу.

Для осуществления данной операции разработано устройство по нанесению волокнистого материала на основу, обеспечивающее равномерное распределение материала по поверхности, состоящее из накопительного бункера 1 и узла нанесения продукта 2 (рис. 3.12), которое установлено на линии по производству обоев бумажных, декорированных волокнистым материалом (рис. 5.13) [63]. Волокнистый материал из накопительного бункера с помощью ротора 3 попадает в питающую шахту 4, затем на валики 5, распределяющие его на поверхности основы. Разработанное устройство универсально, с его помощью на поверхность основы можно наносить любой сыпучий материал: измельченные отходы нитей, измельченный лоскут, оверлочную обрезь, льняную костру, древесную стружку, глиттер и другие мелкодисперсные частицы [78].

Геометрические и конструктивные параметры определялись экспериментальным путем совместно с профессорами А.Г. Коганом и В.И. Ольшанским.

Оборудование для дозирования продукта при подаче в распределяющее устройство. В разработанном для измельчения текстильных материалов устройстве скорость нарезки высокая, поэтому необходимо использовать бункер, с которого в определенный момент времени порциями будет подаваться масса продукта в устройство для нанесения его на основу.

Для накопления и объемного дозирования полученного волокнистого материала предлагается использовать роторный дозатор (рис. 3.10).

Устройство для непрерывного нанесения волокнистого материала на основу. Устройство для нанесения волокнистого материала на поверхность основы обеспечивает равномерное распределение материала, исключает зацепление частиц и накопление их на валиках (рис. 3.13). На рисунке 5.16 представлена схема устройства для нанесения волокнистого материала на основу. Материал, попадая на основу, уплотняется валиком 3 (при необходимости, в случае дополнительной отделки настенных покрытий).

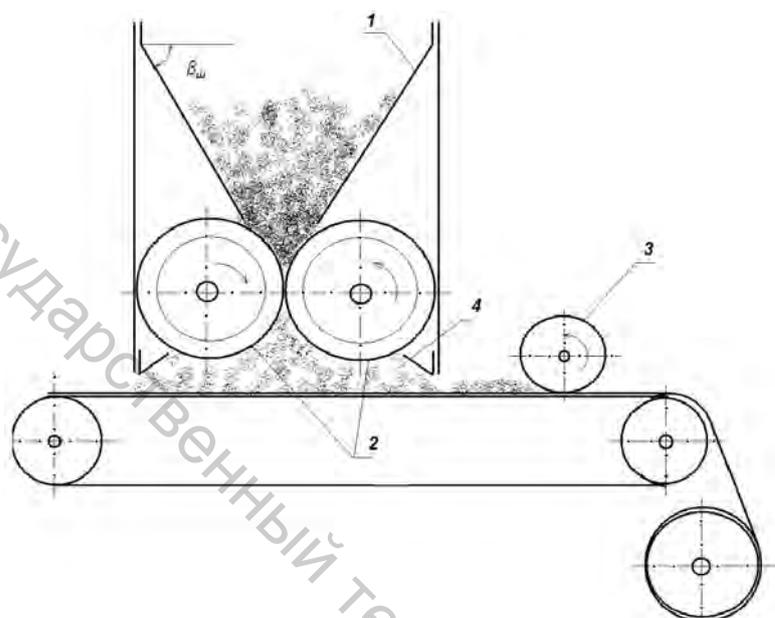


Рисунок 5.16 – Схема устройства для нанесения волокнистого материала на основу: 1 – загрузочная шахта, 2 – питающие валики, 3 – уплотняющий валик, 4 – щетки

Для получения равномерного покрытия необходимо, чтобы продукт поступал на основу равными порциями в единицу времени, то есть необходимо изменять скорость его подачи в зависимости от требуемого поверхностного заполнения основы продуктом. В равные промежутки времени через питающие валики должно проходить одно и то же количество материала по объему, при этом работа валиков должна отвечать условию

$$V_{\text{в}} h_{\text{сл}} a_{\text{сл}} \rho_{\text{сл}} = \text{const} , \quad (5.14)$$

где $V_{\text{в}}$ – скорость питания, то есть линейная скорость питающих валиков, м/с; $h_{\text{сл}}$ – толщина подаваемого слоя, м; $a_{\text{сл}}$ – ширина слоя, м; $\rho_{\text{сл}}$ – плотность слоя волокна, кг/м³ [81].

5.1.7 Поверхностное покрытие обоев

Полученные настенные покрытия с целью улучшения и расширения ассортимента целесообразно подвергнуть дополнительной отделке для достижения различных декоративных эффектов. Самым распространенным методом отделки является пропуск через тиснильный каландр, где рельефами рисунка гравированного металлического вала волокнистый материал придавливается и получается тисненый рисунок на ярком цветном фоне.

Другим видом отделки является обработка волокнистой поверхности щеткой через вырезной рисунчатый шаблон. В результате такой обработки щеткой на текстильном фоне остается рисунок соответственно рисунку вырезного шаблона. Для получения рисунка на волокнистом фоне практикуется также обрызгивание краской фона через вырезной рисунчатый шаблон методом аэрографии.

Отделка обоев путем поверхностного покрытия их с лицевой стороны каким-либо составом преследует различные цели: лучше закрепить волокнистый слой и придать поверхности обоев повышенную стойкость к сухому и влажному трению, получить водостойкое покрытие и блестящую поверхность. Покрытие обоев осуществляется на комбинированной щеточной бумагокрасильной машине.

К покрывным лакам предъявляются следующие общие требования:

- покрытие должно быть прозрачным и бесцветным,
- не давать трещин при перегибе полотна на 180° ,
- обладать определенной светостойкостью, то есть не должно желтеть от времени,
- не иметь неприятного и вредного для здоровья запаха [51, 97].

Наиболее дешевым видом отделки обоев является покрытие их с лицевой стороны казеиновым лаком. Покрытие казеиновым лаком применяется для придания поверхности стойкости к сухому трению и некоторой стойкости к влажному трению. Использование такого покрытия обеспечивает трудность при сматывании высушенных обоев, так как края обоев в процессе сушки сворачиваются. Из лакового покрытия в процессе сушки выделяются вредные для организма человека пары формалина, что требует дополнительной организации рабочего места.

В качестве отделочного покрытия в производстве обоев с текстильным покрытием предлагается использовать клеевой состав на основе поливинилацетатной эмульсии с добавлением дибутилфталата, что увеличивает стойкость покрытия к трению и придает ему блеск.

Применение масляных лаков изменяет первоначальный цвет обоев в сторону потемнения, поэтому их применение нецелесообразно.

5.1.8 Процесс сушки композиционных материалов с волокнистым покрытием

Заключительной операцией при формировании композиционных материалов является сушка. В непрерывных технологических процессах термообработки композиционный текстильный материал проходит через сушильную установку в течение заданного времени. Она представляет собой камеру, разделенную на секции, в которой на специальном транспортере движется полотно.

В разработанной технологии принята терморadiационная сушка. Сушка термоизлучением является одним из современных и перспективных методов, так как обеспечивает высокотемпературный прогрев материала, уменьшает миграцию отделочных веществ, стимулирует протекание химических процессов, улучшает качество материала.

В производстве обоев процесс сушки имеет некоторые особенности:

а) сушка производится постепенно, не допуская быстрого высыхания слоев, чтобы некоторое количество связующего вещества частично диффундировало в поры бумаги, что является необходимым условием прочного закрепления слоев;

б) сушка производится так, чтобы полотно обладало эластичностью и не образовывало трещин при изгибе бумаги, а слои не отставали от поверхности основы.

Параметры сушки обоев, декорированных волокнистым материалом, определены на филиале «Гомельобои» совместно с отделом технического развития и представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Параметры сушки композиционных материалов с волокнистым покрытием

Параметр	Величина
Температура в предварительной сушильной камере, °С	80-120
Температура в термоусадочной камере, °С	140-220
Температура в секции гофрирования, °С	125-165
Продолжительность сушки, с	186
Температура секции сушки, °С	80-110

5.2 Теоретические исследования процессов производства композиционных материалов

5.2.1 Исследования процесса нанесения клея валичным способом

Одним из этапов технологического процесса производства многослойных материалов с волокнистым покрытием является нанесение связующего состава на поверхность основы для закрепления волокнистых частиц. Поэтому при проектировании клевого узла с целью получения определенной толщины клеевой пленки необходимо было установить его основные параметры, а именно радиус и скорость вращения клеенамазного валика, давление валика на клеевой слой в зоне контакта с основой.

Совместно с профессором Коганом А.Г., доцентом Чукасовой-Ильюшкиной Е.В. и Ясинской Н.Н. установлено, что при производстве композиционных текстильных материалов с волокнистым покрытием для прочного закрепления частиц на поверхности основы толщина клеевой пленки должна быть $0,5 \cdot 10^{-3}$ м. Получение требуемой толщины клеевого слоя на основе может быть достигнуто соответствующими регулировками вязкости клея, величиной заполнения клеевой ванны, скоростью вращения валиков и зазором между ними. Для производства настенных покрытий при регламентированных показателях скорости движения полотна, характеристиках клея в работе необходимо определить технологические параметры клеенамазных валиков в клеенаносном узле.

Рассмотрим схему нанесения клея на плоскую поверхность материала основы непрерывно вращающимися валиками (рис. 5.17).

Обозначим глубину погружения клеенамазного валика 3 в резервуар с клеем 1 h ; уровень клея 2 в резервуаре H . Клеенамазной валик 3 и верхний транспортирующий валик 6 имеют одинаковые радиусы $R_1=R_2=R$, ширину b_k и вращаются с одинаковыми угловыми скоростями $W_1=W_2$.

При исследовании процесса нанесения клея примем следующие допущения и условия:

- движение основы 5 и нанесенного клеевого слоя 4 является плоскопараллельным;
- движение основы 5, валиков 3,6 и клеевого слоя 4 установившееся;
- клей рассматривается как вязкая ньютоновская жидкость;
- для предотвращения проскальзывания линейная скорость основы 5 $V_{тр}$ и валиков $V_{вал}$ равны между собой;
- уровень клея H и глубина погружения клеенамазного валика h не изменяются.

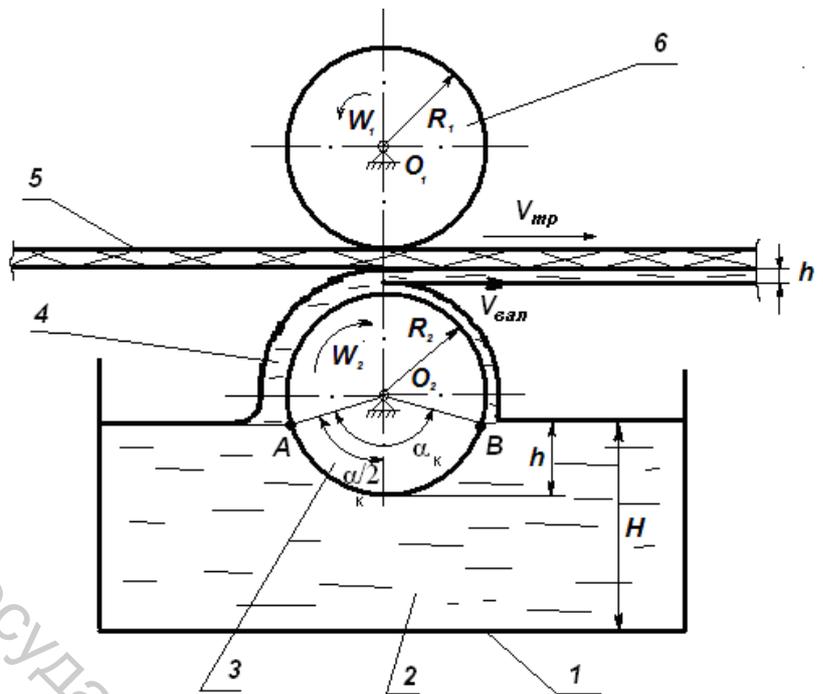


Рисунок 5.17 – Схема нанесения клея валиками: 1 – резервуар с клеем, 2 – клей, 3 – клеенамазной валик, 4 – слой наносимого клея, 5 – основа, 6 – верхний транспортирующий валик

Исходя из принятых обозначений и расчетной схемы (рис. 5.17), угол контакта клеенамазного валика с клеем равен

$$\frac{\alpha_k}{2} = \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right). \quad (5.15)$$

Зависимость величины угла контакта клеенамазного валика с клеем от величины погружения представлена на рисунке 5.18.

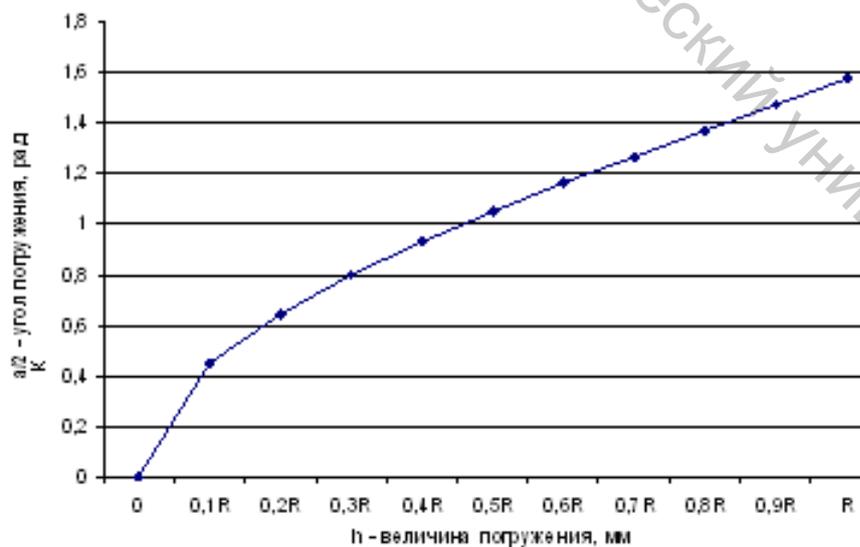


Рисунок 5.18 – Зависимость угла контакта от величины погружения

Длина дуги контакта валика с клеем определяется из отношения

$$l_{\cup AB} = 2R \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right). \quad (5.16)$$

Максимальное погружение валика в резервуар ($h=R$) соответствует углу $\frac{\alpha_k}{2} = 90^\circ$ или в радиальной мере $\frac{\alpha_k}{2} = \frac{\pi}{2}$, тогда максимальная длина дуги $l_{\cup AB}$ равна

$$l_{\cup AB \max} = \pi R, \text{ м.} \quad (5.17)$$

Определим величину радиуса клеенамазного валика из условия ламинарного режима движения вязкой жидкости при условии, что критерий Рейнольдса – Re для поверхностей, отличающихся от круглого сечения, равен $Re=580$ [49].

Критерий Рейнольдса определяется по известной в механике жидкости и газа формуле

$$Re = \frac{V d_{\text{э}}}{\nu}, \quad (5.18)$$

где V – линейная скорость клеенамазного валика, м/с ($V = V_{\text{вал}} = V_{\text{тр}}$); $d_{\text{э}}$ – эквивалентный диаметр, м:

$$d_{\text{э}} = 4R_{\text{гидр}},$$

где $R_{\text{гидр}}$ – гидравлический радиус, м:

$$R_{\text{гидр}} = \frac{f_k}{p},$$

где f_k – площадь нанесения клея, м^2 ; p – смоченный клеем периметр, м; ν – кинематическая вязкость клея, $\text{м}^2/\text{с}$.

Для расчетной схемы, представленной на рисунке 3.4:

$$f_k = l_{\cup AB} \theta_k, \quad (5.19)$$

$$p = 2(l_{\cup AB} + \theta_k). \quad (5.20)$$

Гидравлический радиус $R_{\text{гидр}}$ равен

$$R_{\text{гидр}} = \frac{l_{\cup AB} \theta_k}{2(l_{\cup AB} + \theta_k)}. \quad (5.21)$$

Соответственно, эквивалентный диаметр равен

$$d_3 = \frac{2l_{\cup AB} \vartheta_{\kappa}}{l_{\cup AB} + \vartheta_{\kappa}}. \quad (5.22)$$

Тогда

$$Re = \frac{2V l_{\cup AB} \vartheta_{\kappa}}{(l_{\cup AB} + \vartheta_{\kappa}) \nu}, \text{ м.} \quad (5.23)$$

Длина дуги контакта

$$l_{\cup AB} = \frac{Re \nu \vartheta_{\kappa}}{2V \vartheta_{\kappa} - Re \nu}. \quad (5.24)$$

Учитывая соотношение (5.16), получим

$$2R \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) = \frac{Re \nu \vartheta_{\kappa}}{2V \vartheta_{\kappa} - Re \nu}. \quad (5.25)$$

При максимальном погружении валика в резервуар, то есть $h=R$, получим

$$\pi R = \frac{Re \nu \vartheta_{\kappa}}{2V \vartheta_{\kappa} - Re \nu}. \quad (5.26)$$

Тогда

$$R = \frac{Re \nu \vartheta_{\kappa}}{\pi(2V \vartheta_{\kappa} - Re \nu)}. \quad (5.27)$$

Определим радиус клеенамазного валика R для реального технологического процесса изготовления композиционных материалов с использованием текстильных отходов. Принимаем (по данным предприятия-изготовителя) ширину полотна (равную ширине валика) $\vartheta_{\kappa}=0,5$ м; скорость движения полотна $V=2$ м/с; вязкость клея $\nu=12 \cdot 10^{-4}$ м²/с. Подставив численные значения, получим $R=0,0849$ м.

Следовательно, диаметр клеенамазного валика $D=2R \approx 0,17$ м. Угловая скорость клеенамазного валика W определяется из условия $V_{mp} = V_{вал}$:

$$W = \frac{2V_{mp}}{D} = 23,5, \text{ с}^{-1}. \quad (5.28)$$

Частота вращения клеенамазного валика n_{κ} определяется соотношением

$$n_{\kappa} = \frac{30W}{\pi} = 225, \text{ мин}^{-1}. \quad (5.29)$$

Движение клея в зазоре между клеенамазным валиком и основой имеет ламинарный характер для чисел Рейнольдса, определяемых неравенством [17]

$$\text{Re} \leq 30 \sqrt{\frac{D}{h_1}}, \quad (5.30)$$

где h_1 – толщина клеевой пленки, м.

$$h_1 \geq \frac{D \cdot 900}{\text{Re}^2} \geq 0,46 \cdot 10^{-3}, \text{ м}. \quad (5.31)$$

Для практических расчетов можно принять $h_1 = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м или $h_1 = 0,5$ мм.

Клеенамазной валик, равномерно вращаясь в вязкой среде, испытывает сопротивление, обусловленное вязким жидкостным трением. Сила жидкостного трения T определяется по известной формуле [49]

$$T = -\mu^* S^* \frac{dV}{dh}, \quad (5.32)$$

где μ^* – динамическая вязкость клея, Па·с, $\mu \approx 1,5$; S^* – площадь трущихся слоев жидкости, м²; dV/dh – градиент скорости, с⁻¹.

Для ламинарного режима движения жидкости градиент скорости dV/dh можно заменить отношением V/h_1 , тогда

$$T = -\mu^* S^* \frac{V}{h_1}. \quad (5.33)$$

Площадь трущихся слоев жидкости можно определить, зная длину дуги контакта $l_{\cup AB}$, определяемую по формуле (5.24) и известной ширине валика e_{κ} :

$$S^* = l_{\cup AB} e_{\kappa} = 2 \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) e_{\kappa}. \quad (5.34)$$

При максимальной дуге контакта $l_{\cup AB} = \pi R$ площадь равна

$$S^* = \pi R e_{\kappa}. \quad (5.35)$$

После подстановки в формулу (5.32) получим

$$T = -\mu^* \pi R \varepsilon_{\kappa} \frac{V}{h_1}. \quad (5.36)$$

Момент силы жидкостного трения будет равен

$$M_{тр} = -TR = -\mu^* \pi R^2 \varepsilon_{\kappa} \frac{V}{h_1}. \quad (5.37)$$

Необходимый крутящий момент $M_{кр}$ должен быть $M_{кр} \geq M_{тр}$.

С учетом потерь на работу сил трения фактический крутящий момент на клеенамазном валике $M_{кр\phi}$ равен

$$M_{кр\phi} \geq -\frac{\mu^* \pi R^2 \varepsilon_{\kappa} V}{h_1 \eta}, \quad (5.38)$$

где η – к.п.д.

Необходимая мощность определяется $N_{\phi} = M_{кр\phi} W$, Вт.

Определим закон распределения давления валика на клеевой слой в зоне контакта с основой. Считаем, что вся масса жидкости движется с линейной скоростью, равной скорости транспортирования основы, и относительного сдвига частиц клея не происходит. Такое движение клея можно рассматривать как относительное равновесие, для которого справедливо уравнение равновесия капельной жидкости Эйлера [49]

$$dP = \rho^* (Xdx + Ydy + Zdz), \quad (5.39)$$

где dP – дифференциал давления, Н/м²; ρ^* – плотность клея, кг/м³; X, Y, Z – единичные массовые силы в проекциях на координатные оси.

На рисунке 5.19 представлена расчетная схема процесса в плоской координатной системе.

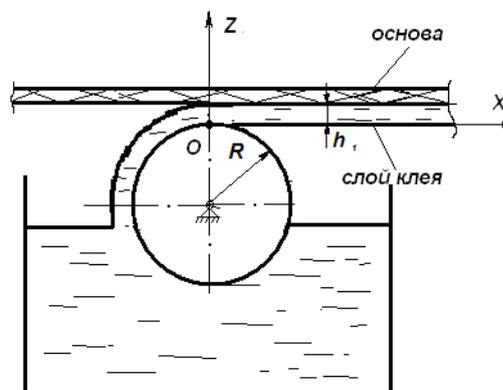


Рисунок 5.19 – Расчетная схема процесса нанесения клея

В проекции на координатные оси единичные массовые силы равны

$$\begin{cases} Z = W^2 R - g \\ X = -\mu^* \frac{dV}{dz h_1 \rho^*} \\ Y = 0 \end{cases} \quad (5.40)$$

Тогда дифференциальное уравнение (5.40) примет вид

$$dP = \rho^* \left[(W^2 R - g) dz - \mu^* \frac{dV}{dz h_1 \rho^*} dx \right]. \quad (5.41)$$

В виду малой толщины клеевого слоя, градиент скорости по толщине dV/dz можно заменить отношением V/h_1 , тогда

$$dP = \rho^* \left[(W^2 R - g) dz - \mu^* \frac{V}{h_1 \rho^*} dx \right]. \quad (5.42)$$

Интегрируя выражение (5.42), получим

$$P = \rho^* W^2 R h_1 - \gamma^* h_1 - \mu^* \frac{V}{h_1^2} X, \text{ Па}, \quad (5.43)$$

где $\gamma^* = \rho g$ – удельный вес клея, Н/м³.

Максимальное давление (Н/м²) на клеевой слой P_{max} будет в зоне контакта клеенамазного валика с клеем при $x = 0$. Тогда

$$P_{max} = \rho^* W^2 R h_1 - \gamma^* h_1. \quad (5.44)$$

Минимальное давление $P_{min} = 0$ происходит на некотором расстоянии x_0 , определяемом из условия

$$\rho^* W^2 R h_1 - \gamma^* h_1 - \mu^* \frac{V}{h_1^2} x_0 = 0. \quad (5.45)$$

Тогда

$$x_0 = \frac{(W^2 R \rho^* h_1 - \gamma^* h_1) h_1}{\mu^* V} = \frac{h_1 (W^2 R \rho^* - \gamma^*)}{\mu^* V} = 1,5 \cdot 10^{-6}, \text{ м}. \quad (5.46)$$

Текущие значения давления на отрезке $0 \leq x \leq x_0$ определяются методом итераций, задавая значения Δx_i с определенным шагом:

$$P_i = \rho^* W^2 R h_1 - \gamma^* h_1 - \mu^* \frac{V}{h_1^2} \Delta x_i . \quad (5.47)$$

Полученная теоретически зависимость давления валиков от координаты x представлена на рисунке 5.20. Она построена с помощью программы Maple 9.5 при заданных показателях: $\rho^* = 1000 \text{ кг/м}^3$, $W = 23,5 \text{ с}^{-1}$, $R = 0,0849 \text{ м}$, $h_1 = 0,0005 \text{ м}$, $\gamma^* = 9800 \text{ Н/м}^3$, $\mu^* = 1,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$, $V = 2 \text{ м/с}$.

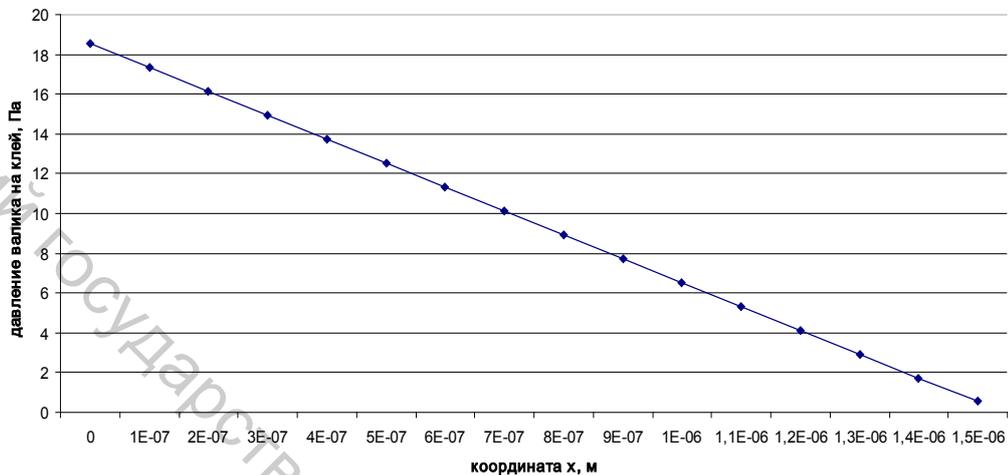


Рисунок 5.20 – Зависимость давления валиков от координаты x

Из графика видно, что при увеличении расстояния от точки соприкосновения клеенамазного валика с поверхностью основы давление на клеевой слой уменьшается.

Полученные на базе теоретических исследований результаты конструктивных и кинематических параметров клеенамазного узла хорошо согласуются с параметрами устройств для нанесения клея валичным способом, установленных на промышленных предприятиях [67, 123]. Рекомендуемые параметры клеевого узла и основные характеристики клея представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Рекомендуемые технологические параметры клеевого узла и характеристики клея

Наименование показателя	Величина
Диаметр клеенамазного валика, м	0,1700
Угловая скорость клеенамазного валика, с^{-1}	24
Частота вращения клеенамазного валика, с^{-1}	3,75
Толщина клеевой пленки, м	$0,5 \cdot 10^{-3}$
Динамическая вязкость клея, $\text{Па}\cdot\text{с}$	1,5
Плотность клея, кг/м^3	1000
Удельный вес клея, Н/м^3	9800

От толщины клеевой пленки зависит качество волокнистого покрытия, а именно прочность закрепления волокнистых частиц на

поверхности основы, ее величину регулируют разводкой между клеенамазным и транспортирующим валиками [71].

5.2.2 Теоретические исследования процесса получения композиционных материалов

5.2.2.1 Классификация потоков сыпучего материала

По отношению к источнику движения поток сыпучего материала и увлекаемого им воздуха можно рассматривать как отдельный подкласс двухкомпонентных потоков, характеризующийся тем, что несущей средой является дискретная дисперсная среда из частиц, а несомой – псевдосплошная дисперсионная среда (воздух). Под руководством профессора Когана А.Г., совместно с профессором Ольшанским В.И., рассмотрен и изучен поток волокнистых частиц и движение их в разработанном устройстве [66]. В рассматриваемых потоках волокнистого материала несущая среда – поток частиц – под действием гравитационного поля Земли движется ускоренно, а возникающие аэродинамические процессы малоактивны.

В силу указанной специфики потоки сыпучего материала следует различать: по геометрии каналов, в котором движется поток; кинематике потока; активности динамического взаимодействия компонентов; крупности и составу частиц; распределению объемной концентрации частиц в поперечном сечении потока; влажности материала (рис. 5.21).

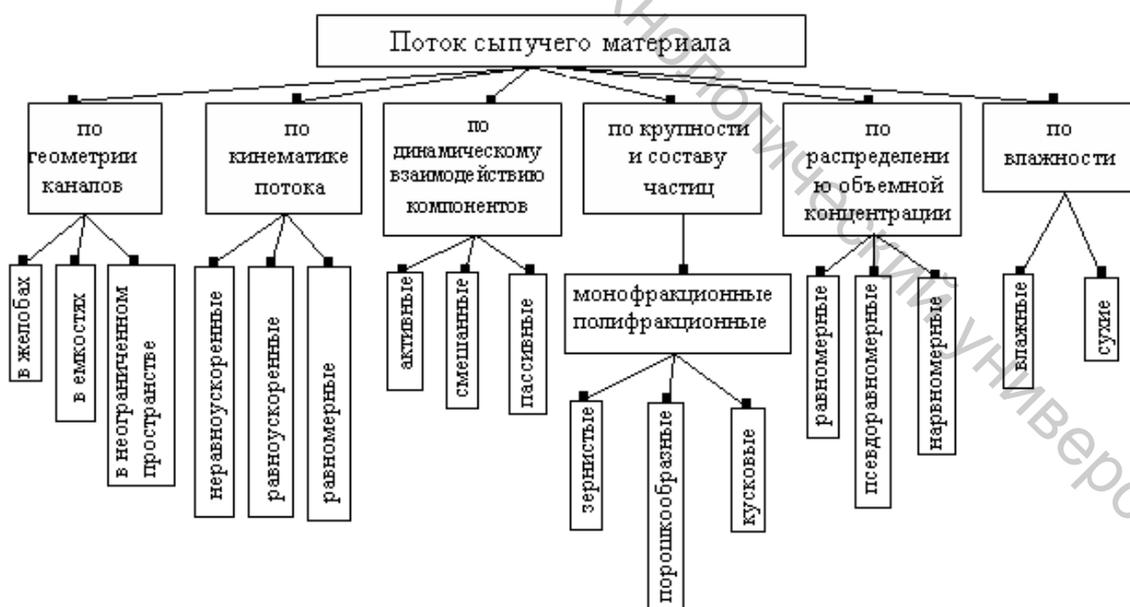


Рисунок 5.21 – Классификация потоков сыпучего материала

В основу классификации потоков по геометрии канала положено различие в структуре потока частиц, порожденное стесненностью потока непроницаемыми границами. Количественно стесненность

может быть оценена отношением площади поперечного сечения потока S_n (м^2) к площади живого сечения желоба $S_{\text{жс}}$ (м^2):

$$P_c = S_n / S_{\text{жс}}. \quad (5.48)$$

Второй признак классификации отражает различие потоков в кинематическом отношении. Поскольку окружающая среда оказывает сопротивление свободному движению частиц, поток может быть в общем случае неравноускоренным:

$$\frac{dv_r}{dt} = g - f(v_r, u). \quad (5.49)$$

Однако в рассматриваемом случае (для частиц большой массы) при небольшой высоте падения силой сопротивления можно пренебречь. При оценке динамического взаимодействия поток частиц является равноускоренным.

Для потока мелких частиц может наблюдаться другой крайний случай, когда частицы достигают установившейся скорости:

$$\frac{dv_r}{dt} \approx 0 \quad (5.50)$$

и поток находится практически в равномерно-поступательном движении.

Третий признак определяет ситуацию силового взаимодействия компонентов. В качестве критерия активности динамического взаимодействия используем отношение аэродинамической силы для частицы в потоке к аэродинамической силе одиночной частицы при одной и той же средней относительной скорости компонентов.

Для падающего в неограниченном пространстве облака частиц средняя относительная скорость будет равна скорости падения. Однако для большего числа частиц, находящихся внутри облака, истинная относительная скорость будет меньше скорости падения облака (в предельном случае при достаточно плотной упаковке частиц истинная относительная скорость будет практически равна нулю) и поэтому в отношении эжекции воздуха такой поток будет аэродинамически пассивным. В промежуточных случаях потоки будут в динамическом отношении смешанными, то есть одна часть потока может быть активной, другая – пассивной. Примером может служить обширная группа перегрузок сыпучего материала по наклонным желобам. Часть потока у днища желоба ввиду их большей упаковки, подобно облаку частиц, пассивна, а другая часть частиц (над «слоем») активно взаимодействует с воздухом, вовлекая его в движение.

Разделение материалов по крупности частиц вызвано различием в структуре потоков в зависимости от крупности частиц. Порошкообразным считается материал, в составе которого 50 % частиц мельче 0,5 мм, максимальный размер частиц не более 1–2 мм; зернистым – 50 % частиц менее 3 мм, наибольший размер частиц не более 10 мм; кусковым – более 50 % частиц крупнее 3 мм.

В основу пятого признака классификации положено различие в структуре потока сыпучего материала, а именно распределение частиц в поперечном сечении. Равномерное распределение частиц может наблюдаться в достаточно широком диапазоне объемных концентраций от плотно упакованного слоя (например, в желобе или трубе, полностью заполненной материалом) до разреженного слоя, в котором отсутствует взаимное влияние частиц на их обтекание. В таких потоках проявляется активное динамическое взаимодействие между компонентами. В другом предельном случае объемная концентрация может иметь заметный градиент в поперечном направлении. Аэродинамическая активность частиц крайне неодинакова. К таким потокам можно отнести, например, потоки сыпучего материала, перемещаемые в связанном режиме движения по наклонным емким желобам. Смешанный случай может возникнуть, когда, несмотря на заметный градиент концентрации, частицы практически все динамически активны. Такие потоки являются псевдоравномерными. Численным критерием псевдоравномерности может служить объемная средняя концентрация.

Температура и влажность материала определяет характер тепло- и влагообмена между компонентами.

Рассматриваемый поток волокнистого материала измельченных отходов химических нитей будем считать неравноускоренным; по динамическому взаимодействию частиц – смешанным; дисперсности частиц – мелкодисперсным; распределению объемной концентрации – псевдоравномерным.

5.2.2.2 Движение частиц волокнистого материала в устройстве для нанесения его на основу

Частицы волокнистого материала при прохождении через все узлы устройства имеют сложную траекторию движения. Каждый механизм придает частицам определенное ускорение, следовательно, от параметров работы устройства будет зависеть скорость падения частиц на основу и поверхностное заполнение основы волокнистым материалом.

На рисунке 5.22 показано движение частиц в устройстве для нанесения волокнистого материала на основу. Частицы с ротора 1 попадают в питающую шахту 2, затем на валики 3, с помощью которых распределяются на поверхности основы.



Рисунок 5.22 – Движение волокнистых частиц в устройстве:
1 – ротор, 2 – питающая шахта, 3 – распределяющие валики

При заданном количестве заполнения поверхности основы волокнистым материалом для оптимизации работы устройства необходимо рассмотреть движение частицы в каждом узле в отдельности и в совокупности.

В общем случае при движении сыпучего материала наблюдается три режима: режим связанного движения, переходный и режим несвязанного движения.

Первый режим движения характерен тем, что материал перемещается в виде однородной массы. Переходный режим движения отличается образованием локальных разрывов в компактной массе частиц. Третий – характеризуется полным распадом массы на отдельные, не связанные между собой, частицы.

В устройстве наблюдаются все три режима движения. Волокнистый материал в виде однородной массы поступает из накопительного бункера в питающую шахту 2, при движении по наклонным стенкам шахты наблюдается образование локальных разрывов в общей массе, при выходе из устройства материал распадается на отдельные частицы и закрепляется на поверхности полотна.

Траектория движения частиц в накопительном бункере роторного дозатора

Площадь сечения накопительного бункера (рис. 5.23) должна быть такой, чтобы волокнистая масса 4 преодолела силы трения о стенки бункера 3. Для равномерности питания устройства важное значение имеет степень разрыхленности продукта и его однородность, то есть в зависимости от этих факторов изменяется давление массы материала на единицу площади ротора.

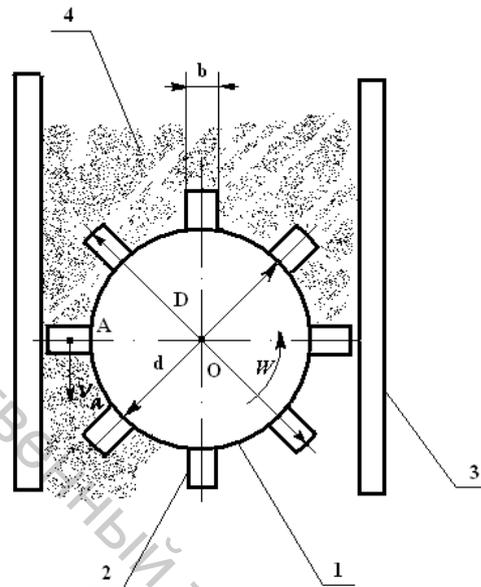


Рисунок 5.23 – Движение потока частиц в накопительном бункере:
1 – ротор, 2 – пластины, 3 – стенки, 4 – сыпучий материал

К внешним параметрам ротора 1 (рис. 5.26) относятся: крутящий момент M , частота вращения ротора n , угловая скорость W ; к внутренним – расход Q . Параметры работы ротора представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Параметры ротора

Внешний диаметр ротора, м	Внутренний диаметр ротора, м	Длина пластины, м	Толщина пластины, м	Количество пластин, шт.	Плотность материала, $г/м^3$
0,076	0,06	0,22	0,002	8	80

В разделе 5.1 рассматривалась производительность роторного дозатора в зависимости от количества пластин 2 (рис. 5.26), однако не были учтены все конструктивные параметры устройства и свойства потока подаваемых частиц.

Расход – объемное количество продукта, проходящее через систему в единицу времени.

Анализ работы бункера показал, что высота наполнения его все время изменяется, но объемный расход выпускаемого продукта остается неизменным и равен

$$Q_v = v_A f, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.51)$$

где v_A – окружная скорость центра пластины, м/с; f – площадь пластины, м^2 .

$$v_A = W l_{OA}, \quad (5.52)$$

где W – угловая скорость ротора, с^{-1} .

$$l_{OA} = \frac{D-d}{4}, \text{ м}, \quad (5.53)$$

где D, d – диаметры внешней и внутренней окружности ротора, м. Площадь одной пластины равна

$$f = \frac{D-d}{2} \delta', \quad (5.54)$$

где δ' – длина пластины, м.

При количестве пластин z объемный расход равен

$$Q_v = W \frac{(D-d)^2}{8} \delta' z, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (5.55)$$

Зная объемный расход, определим массовый расход материала:

$$Q_m = Q_v \rho, \text{ кг/с}, \quad (5.56)$$

где ρ – плотность материала, кг/м^3 .

$$Q_v = W \rho \delta' z \frac{(D-d)^2}{8}. \quad (5.57)$$

Реальная подача дисперсного материала будет меньше за счет объема, занимаемого пластинами. Объем пластин равен

$$V = \frac{D-d}{2} \delta' b, \text{ м}^3, \quad (5.58)$$

где b – толщина пластины, м.

При количестве пластин z объем, занимаемый пластинами, равен

$$V_z = \frac{D-d}{2} \delta' b z. \quad (5.59)$$

Тогда реальный объемный расход Q_v^p равен

$$Q_v^p = W \delta' z \frac{(D-d)^2}{8} - \frac{D-d}{2} \delta b z W, \quad (5.60)$$

$$Q_v^p = W \delta' z \left[\frac{D-d}{2} \left(\frac{D-d}{4} - b \right) \right]. \quad (5.61)$$

Реальный массовый расход равен

$$Q_m^p = \rho W \delta' z \left[\frac{D-d}{2} \left(\frac{D-d}{4} - b \right) \right]. \quad (5.62)$$

Экспериментально определен массовый расход накопительного бункера. Полученные экспериментальные и теоретические значения расхода материала представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Значения расхода волокнистого материала

Частота вращения ротора, c^{-1}	Массовый расход (Q_m^p), кг/с		
	Расчетные значения	Экспериментальные значения	Расчетные значения с учетом коэффициента уплотнения
1	0,06033	0,02460	0,02461
3	0,20091	0,08192	0,08197
9	0,50258	0,20492	0,20505
18	1,11617	0,45510	0,45539

Однако экспериментальные данные показывают, что при определении массового расхода необходимо учитывать уплотнение волокнистого материала лопастями роторного дозатора.

Тогда с учетом полученных экспериментальных данных реальный массовый расход будет равен

$$Q_v^p = \lambda \rho W \delta' z \left[\frac{D-d}{2} \left(\frac{D-d}{4} - b \right) \right], \text{ кг/с}, \quad (5.63)$$

где λ – коэффициент уплотнения потока материала, равен 0,408.

Из таблицы 5.6 видно, что ошибка проведенного эксперимента не превышает 5 %, следовательно, разработанную модель можно использовать для определения массового расхода роторного дозатора при производстве композиционных текстильных материалов с волокнистым покрытием при заданной поверхностной плотности готового полотна.

Определим крутящий момент на валу ротора M_k при количестве пластин z

$$M_k = \frac{D-d}{2} \delta' P l_{OA} z, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (5.64)$$

где P – давление пластины на подаваемый материал, $\text{Н}/\text{м}^2$.

Подставив в выражение (5.64) значение l_{OA} , получим

$$M_k = \frac{(D-d)^2}{8} \delta' P z. \quad (5.65)$$

Тогда давление пластин на подаваемую волокнистую массу определяется как

$$P = \frac{8M_k}{(D-d)^2 \delta' z}, \text{ Н}/\text{м}^2. \quad (5.66)$$

Крутящий момент выбираем из условия

$$M_k \geq M_{\text{comp}}. \quad (5.67)$$

Зная крутящий момент, можно определить мощность ротора

$$N = W M_k = \frac{(D-d)^2}{8} \delta' P z W, \text{ Вт}. \quad (5.68)$$

Скорость частиц на выходе из накопительного бункера v_0 оказывает влияние на скорость движения потока частиц в питающей шахте устройства для нанесения волокнистого материала и равна

$$v_0 = W r_e = \frac{D}{2}, \text{ м}/\text{с}, \quad (5.69)$$

где r_e – внешний радиус ротора, м.

Установлены основные параметры накопительного устройства роторного типа, влияющие на качественные показатели композиционных текстильных материалов при механическом способе формирования [66].

Траектория движения частиц в шахте с наклонными стенками

Для осуществления эффективного управления процессом движения частиц необходимо исследовать механизм межкомпонентного взаимодействия и закономерности формирования направленных течений в потоке частиц, при различных начальных условиях образования этого потока, а также с учетом особенностей размещения ограждающих стенок.

На геометрические параметры потока падающих частиц оказывают влияние массовый расход Q_m , начальная скорость движения v_0 , дисперсность, влажность и аутогезионные свойства частиц материала. Эти факторы определяют динамику и структуру потока – скорость падения частиц, размер поперечного сечения потока и распределение частиц.

На динамическое взаимодействие оказывают влияние: индивидуальная особенность аэродинамического сопротивления падающих частиц (а.с.п.ч.) – коэффициент сопротивления одиночной частицы, коллективная особенность а.с.п.ч. при совместном падении в потоке материала – коэффициент сопротивления частицы (рис. 5.24).

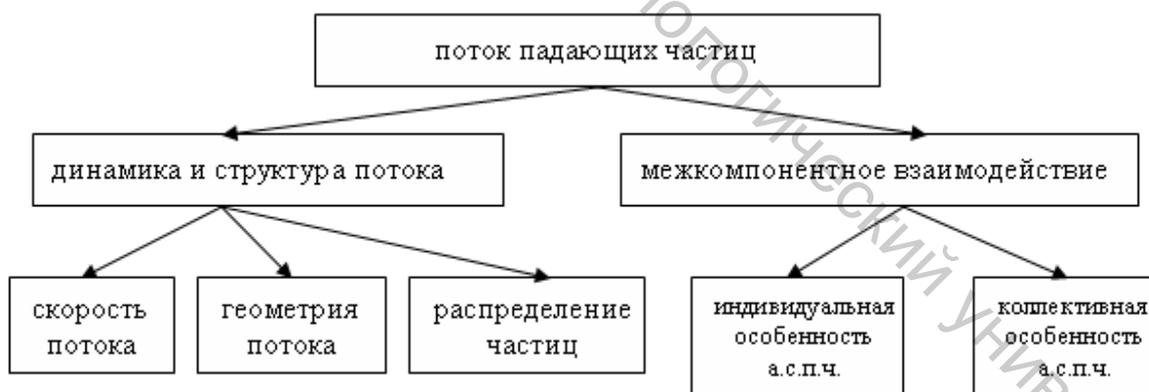


Рисунок 5.24 – Структура и основные факторы, определяющие процесс эжекции воздуха потоком падающих частиц

В качестве параметра, определяющего характер движения сыпучего материала, используем угол наклона стенок шахты θ (рис. 5.25).

Движение потока сыпучего материала по наклонной плоскости возможно в случае

$$mg \sin \theta > F_{\text{сопр}} . \quad (5.70)$$

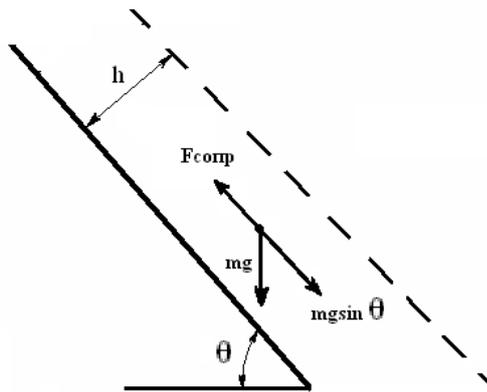


Рисунок 5.25 – Движение потока сыпучего материала по наклонной плоскости

Рассмотрим движение дисперсных частиц как движение вязкой жидкости. За основу определения силы сопротивления примем нелинейный закон распределения скоростей (рис. 5.26, 5.27).

$$F_{\text{сопр}} = l \left(\frac{dv}{dh} \right)^2 m_{\text{мп}} , \quad (5.71)$$

где $F_{\text{сопр}}$ – сила трения волокнистого материала о поверхность, Н; l – длина наклонной пластины, м; dv/dh – градиент скорости, с^{-1} ; h – толщина слоя потока частиц, м; $m_{\text{мп}}$ – масса транспортируемая, кг.

Тогда условие движения потока частиц по наклонной плоскости

$$mg \sin \theta > m_{\text{мп}} l \left(\frac{dv}{dh} \right)^2 , \quad (5.72)$$

где m – масса продукта, сбрасываемая с ротора, кг; $m_{\text{мп}}$ – масса транспортируемая, кг.

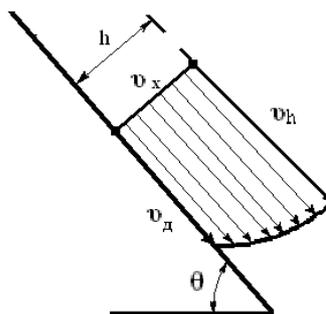


Рисунок 5.26 – Распределение скоростей в потоке частиц

Где v_x – местная скорость частиц в слое потока, находящемся на расстоянии x от поверхности пластины; v_h – поверхностная максимальная скорость – на расстоянии h ; v_d – донная скорость (рис. 5.26).

$$m = hl\delta'' \rho. \quad (5.73)$$

$$h\rho l\delta'' g \sin \theta > m_{mp} l \left(\frac{dv}{dh} \right)^2. \quad (5.74)$$

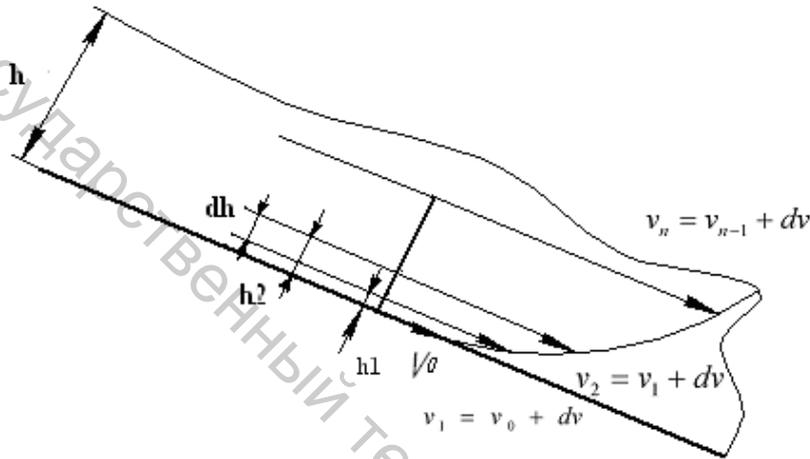


Рисунок 5.27 – График изменения скорости движения потока частиц по наклонным стенкам питающей шахты

Тогда

$$\frac{dv}{dh} \leq \sqrt{\frac{h\delta'' \rho g \sin \theta}{m_{mp}}}. \quad (5.75)$$

Получим дифференциальное уравнение для скорости потока частиц

$$dv = h^{\frac{1}{2}} \sqrt{\frac{\delta'' \rho g \sin \theta}{m_{mp}}} dh; \quad (5.76)$$

$$\int_{v_0}^{v_n} dv = \int_0^{h_n} h^{\frac{1}{2}} \sqrt{\frac{\delta'' \rho g \sin \theta}{m_{mp}}} dh, \quad (5.77)$$

где h_n – текущие значения толщины слоя, м;

$$v_n - v_0 = \frac{2}{3} \sqrt{h_n^3} \sqrt{\frac{\delta'' \rho g \sin \theta}{m_{mp}}} . \quad (5.78)$$

Конечная скорость потока частиц по наклонной плоскости

$$v_n = v_0 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{h_n^3 \delta'' \rho g \sin \theta}{m_{mp}}} , \quad (5.79)$$

где $m_{mp} = Q_m$; δ'' – ширина наклонной плоскости, м.

Полученные теоретические и экспериментальные значения скоростей потока частиц при угле наклона пластин питающей шахты $\theta = 20^\circ$ представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Значения скоростей потока волокнистых частиц

Частота вращения ротора, s^{-1}	Массовый расход (Q_m^p), кг/с		Начальная скорость потока частиц, м/с	Скорость потока частиц, м/с	
	Расчетные значения	Экспериментальные значения		при $h=0,001$ м	при $h=0,010$ м
3	0,2009	0,0819	0,1270	0,2836	1,6934
9	0,5026	0,2049	0,3165	0,6519	3,6696
18	1,1162	0,4551	0,7030	1,5318	8,9908

Траектория движения частиц в узле распределения волокнистого материала

Для распределения материала на основе, в устройстве для нанесения продукта на основу, предусмотрены игольчатые валики, которые расположены параллельно и вращаются навстречу друг другу.

Волокнистая масса по наклонному желобу подается на валики, и она силой трения, возникающей от контакта с поверхностью вращающихся валиков, устремляется в зазор между ними.

Рассмотрим условие затягивания материала в зазор (рис. 5.28). На материал действуют следующие силы:

G – сила тяжести волокнистого материала, Н;

N_1, N_2 – силы реакции валиков, Н;

T_1, T_2 – силы трения материала о поверхность валиков, Н;

α_1, α_2 – углы захвата волокнистой массы валиками, град.

α_1, α_2 зависят от угла наклона стенок шахты и расстояния между пластинами.

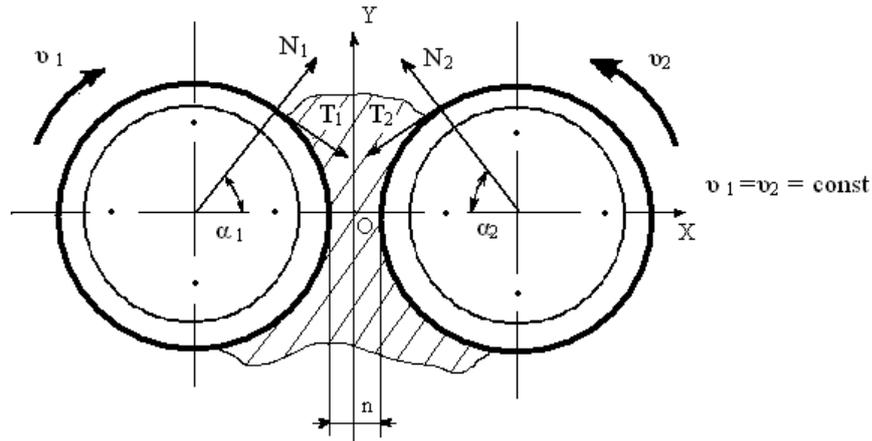


Рисунок 5.28 – Схема затягивания материала валиками

Материал в постепенно сужающемся пространстве претерпевает все увеличивающуюся деформацию, он испытывает растягивающие, сжимающие напряжения, которые увеличиваются за счет вращения валиков.

Силы трения определяются из следующих зависимостей:

$$T_1 = T_2 = N_1 f_1 = N_2 f_2 = N_1 \operatorname{tg} \beta_1 = N_2 \operatorname{tg} \beta_2, \quad (5.80)$$

где f_1, f_2 – коэффициенты трения материала о поверхность валиков; β_1, β_2 – углы трения волокнистой массы о поверхность валиков, град.

Величины β_1, β_2 зависят от вязкости волокнистой массы.

Составим уравнение равновесия величины проекций сил на ось OX ; при этом примем, что центр координат находится в середине зазора:

$$F = G - N_1 \sin \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 + T_1 \cos \alpha_1 + T_2 \cos \alpha_2, \quad (5.81)$$

где F – сила затягивания материала в зазор, Н.

Подставляя значения T_1, T_2 , получим

$$F = G - N_1 (\sin \alpha_1 + \cos \alpha_1 \operatorname{tg} \beta_1) - N_2 (\sin \alpha_2 + \cos \alpha_2 \operatorname{tg} \beta_2). \quad (5.82)$$

Если принять, что

$$\alpha = \alpha_1 = \alpha_2 \text{ и } \beta = \beta_1 = \beta_2, \quad (5.83)$$

то сила затягивания материала в зазор между валиками равна

$$F = G - 2N (\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{tg} \beta). \quad (5.84)$$

Тогда масса продукта, затягиваемая валиками, при $G=mg$

$$m = \frac{F + 2N(\sin \alpha + \cos \alpha \operatorname{tg} \beta)}{g}, \text{ кг.} \quad (5.85)$$

Рассмотрим движение частиц, падающих на поверхность основы с высоты h , без учета сопротивления воздуха (рис. 5.29). Частицы падают на поверхность основы под углом α с начальной скоростью v_0 и конечной v_y .

Дифференциальное уравнение движения волокнистого материала имеет вид:

$$m_3 \frac{dV}{dt} = -6\pi\mu \frac{d_3}{2} V, \quad (5.86)$$

где d_3 – диаметр эквивалентный:

$$d_3 = \frac{3}{16} \pi d_q, \text{ м,}$$

где d_q – диаметр частицы, м; m_3 – масса эквивалентная:

$$m_3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d_3}{2}\right)^3 \rho, \text{ кг;}$$

где μ – динамическая вязкость ($\mu = 1 \cdot 10^{-5}$), Па·с; ρ – плотность вещества,

($\rho = \frac{m}{V_m}$, V_m – объем), кг/м³; t – время, с.

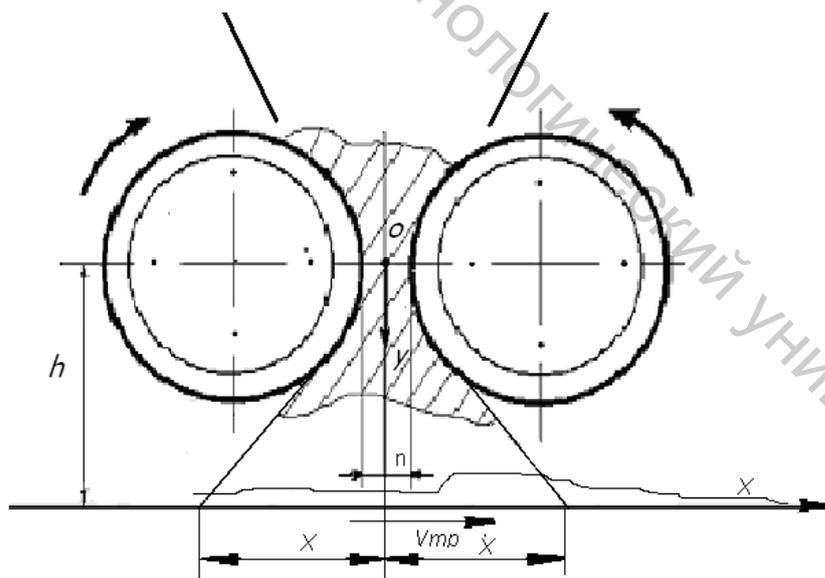


Рисунок 5.29 – Распределение материала на поверхности основы

Для нахождения ширины нанесения продукта на поверхность основы за время t , проинтегрируем уравнение (5.86):

$$\int_{V_0}^{V_y} \frac{dV}{V} = -\frac{6\pi\mu d_s}{2m_s} \int_0^t dt, \quad (5.87)$$

где V_0, V_y – начальная и конечная скорость частицы, м/с.

Находим определенные интегралы:

$$\ln V_y - \ln V_0 = -\frac{6\pi\mu d_s}{2m_s} t; \quad (5.88)$$

$$\ln \frac{V_y}{V_0} = -\frac{6\pi\mu d_s}{2m_s} t; \quad (5.89)$$

$$\frac{V_y}{V_0} = e^{-\frac{3\pi\mu d_s t}{m_s}}. \quad (5.90)$$

Таким образом, получаем зависимость скорости частицы на выходе, времени, динамической вязкости, диаметра и массы частицы:

$$V_y = V_0 e^{-\frac{3\pi\mu d_s t}{m_s}}, \text{ м/с.} \quad (5.91)$$

Следовательно, ускорение равно

$$a_y = \frac{dV_y}{dt} = -\frac{3\pi\mu d_s}{m_s} V_0 e^{-\frac{3\pi\mu d_s t}{m_s}}, \text{ м/с}^2. \quad (5.92)$$

При неравноускоренном движении координата y определяется

$$y = V_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (5.93)$$

или

$$y = V_0 t - \frac{V_0 3\pi\mu d_s e^{-\frac{3\pi\mu d_s t}{m_s}} t^2}{2m_s}, \text{ м.} \quad (5.94)$$

При плотности волокнистого материала $0,08 \text{ кг/м}^3$, радиусе распределяющих валиков $0,025 \text{ м}$, диаметре частицы $0,0005 \text{ м}$, получим изменение положения частиц y при разных интервалах времени t при разной частоте вращения распределяющих валиков n (рис. 5.30).

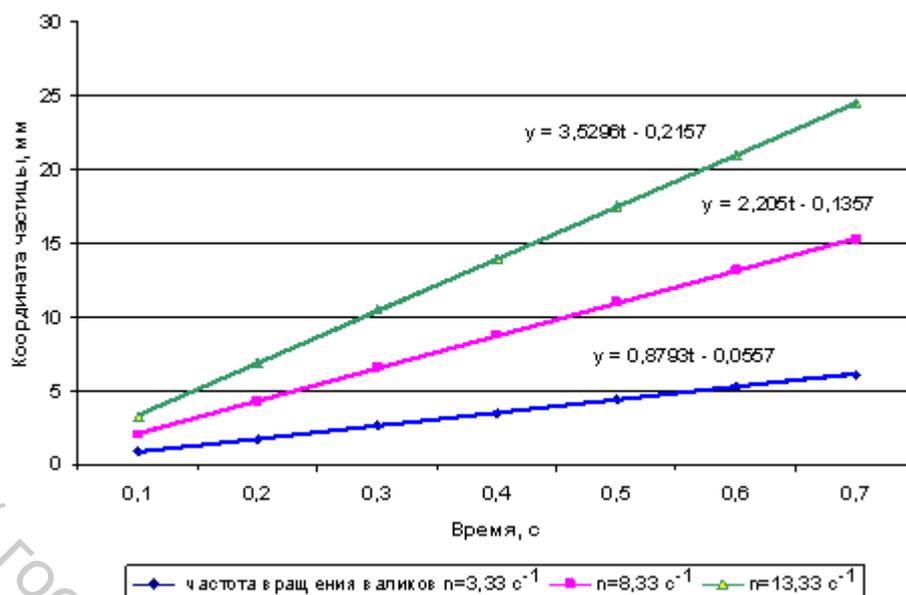


Рисунок 5.30 – Зависимость координаты частицы от времени

За время падения частицы t по оси y перемещение любой точки полотна определяется из зависимости

$$x = V_{mp} t, \text{ М}, \quad (5.95)$$

где V_{mp} – скорость движения полотна, м/с; t – время, с.

Тогда, решая систему уравнений

$$\begin{cases} y = V_o t - \frac{V_o 3\pi\mu d_o e^{\frac{3\pi\mu d_o t}{m_3}} t^2}{2m_3} \\ x = V_{mp} \cdot t \end{cases} \quad (5.96)$$

при скорости движения полотна 50 м/мин (по данным предприятия) и частоте вращения распределяющих валков $3,33 \text{ с}^{-1}$, получим значения координаты x .

По полученным значениям построен график зависимости размера наносимого пятна от времени (рис. 5.31).

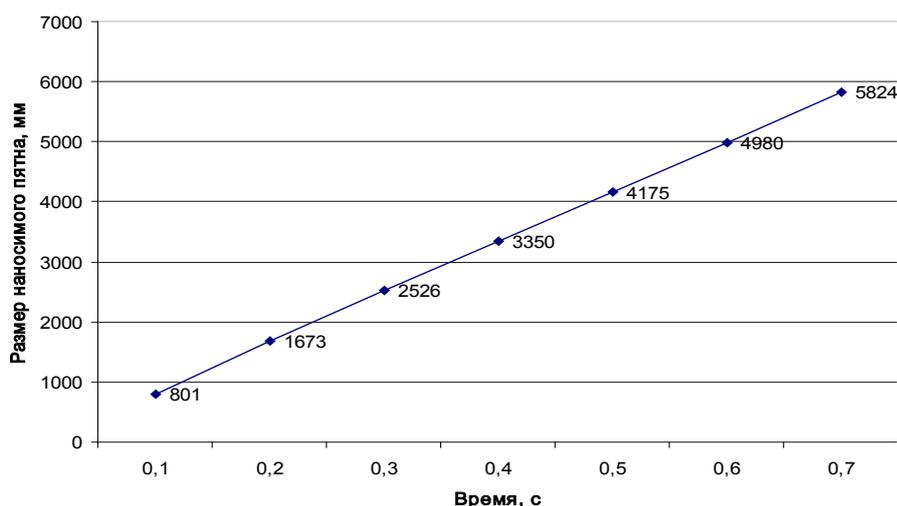


Рисунок 5.31 – Зависимость размера наносимого пятна от времени

Из полученных результатов видно, что при увеличении времени увеличиваются размеры наносимого пятна.

Производительность устройства зависит от расстояния между распределяющими валиками n .

$$P = \frac{60}{1000} \rho S_{щ} V_{вал}, \text{ кг/с}, \quad (5.97)$$

где ρ – плотность продукта, кг/м^3 ; $S_{щ}$ – площадь щели между распределяющими валиками, м^2 ; $V_{вал}$ – скорость вращения распределяющих валиков, м/с .

$$S_{щ} = mn, \quad (5.98)$$

где m – длина распределительных валиков, м .

Длина распределительных валиков m равна δ – длине пластин роторного дозатора.

Производительность устройства можно также определить из зависимости

$$P = \rho_{покр} v V_{тр}, \text{ кг/с}, \quad (5.99)$$

где $\rho_{покр}$ – поверхностная плотность покрытия, кг/м^2 ; v – ширина полотна, м .

Следовательно, поверхностная плотность готового покрытия

$$\rho_{покр} = \frac{60 \rho S_{щ} V_{вал}}{1000 v V_{тр}}, \text{ кг/м}^2. \quad (5.100)$$

Адекватность полученной модели подтверждается экспериментальными данными [38].

5.3 Экспериментальные исследования процессов, протекающих при формировании композиционного материала

В разделе 5.2 представлены математические модели, позволяющие определять оптимальные параметры формирования композиционных текстильных материалов: кинематические и силовые показатели процесса резания упругопластичных материалов с учетом особенностей их свойств; кинематические и конструктивные параметры клеенамазного устройства, учитывающие физические свойства клея и ламинарный режим движения капельных жидкостей; методика расчета реального массового расхода устройства дозирования, учитывающая свойства мелкодисперсных частиц, кинематические и геометрические параметры роторного дозатора; методика расчета поверхностной плотности композиционного материала и ее зависимость от параметров работы устройства.

С целью подтверждения теоретических моделей была проведена серия экспериментов, при которых решались следующие задачи:

- проверить экспериментально полученные теоретические зависимости;
- определить степень влияния параметров работы устройства для измельчения на длину нарезки;
- определить степень влияния параметров работы устройства, количества клея, наносимого продукта на качество волокнистого покрытия и готового композиционного материала;
- оптимизировать технологические процессы получения композиционных текстильных материалов.

5.3.1 Экспериментальное исследование процесса измельчения текстильных материалов

Для установления основных закономерностей подготовки волокнистого материала проведен эксперимент с целью оптимизации подготовительного процесса для определения конструктивных параметров режущего инструмента разработанного устройства. Необходимым условием при измельчении является сохранение свойств материала с удовлетворительным качеством реза и получением отрезков определенной длины, пригодной для получения композиционных материалов.

Исследования процесса подготовки текстильных отходов к вторичной переработке проводились в условиях опытно-исследовательской лаборатории УО «ВГТУ».

Зависимость длины нарезки от частоты вращения фрезы (режущего инструмента) и от скорости подачи материала в зону резания определялась при различном количестве зубьев фрезы (рис. 5.32).

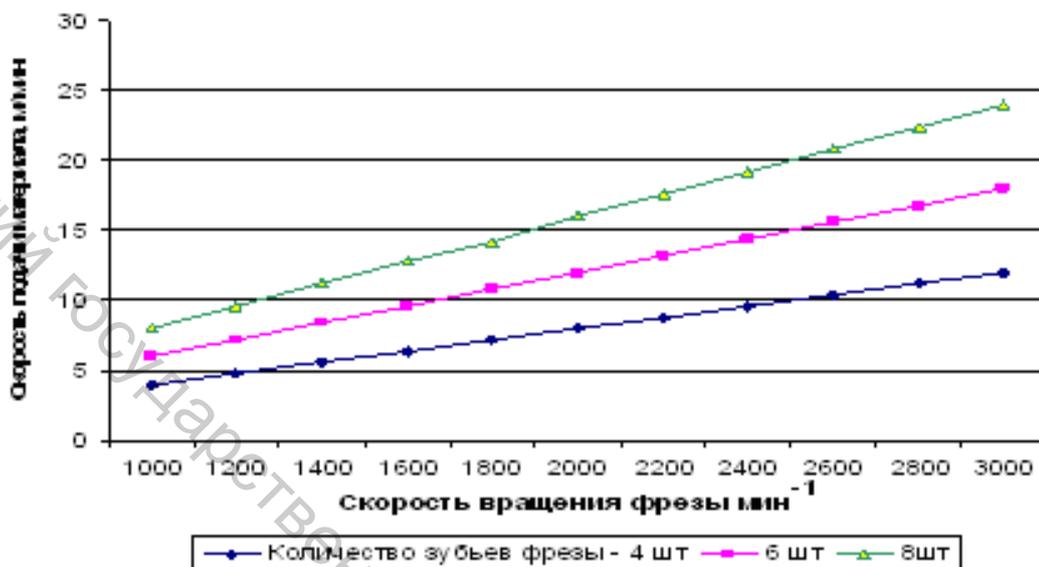


Рисунок 5.32 – График зависимости параметров работы устройства при длине нарезки 1 мм

Из графика видно, что для получения одной и той же длины нарезки готового продукта при увеличении количества зубьев фрезы необходимо увеличить скорость подачи материала в зону резания или скорость вращения фрезы, или оба данных показателя. При выбранном диаметре подающих валиков $4 \cdot 10^{-3}$ м и частоте вращения электродвигателя механизма подачи $16,6 \text{ с}^{-1}$ максимальная скорость подачи материала в зону резания ограничена и равна 0,2 м/с. Следовательно, оптимальное количество зубьев фрезы для разработанного устройства было принято равным четырем.

5.3.2 Экспериментальное исследование процесса нанесения волокнистого материала на поверхность основы. Оптимизация параметров работы устройства для формирования волокнистого покрытия

Для определения основных технологических параметров работы устройства для формирования волокнистого слоя был проведен ряд экспериментов. Эксперименты проводились на бумажной основе.

Эксперименты проводились по плану-матрице Коно. По каждому варианту был проведен опыт из 30 испытаний, определены средние значения.

Исследовалось влияние количества нанесенного связующего (X_1) и волокнистого материала (X_2) на прочность закрепления частиц и стойкость покрытия к истиранию. Эксперимент проводился совместно со студенткой О. Вертинской.

Стойкость к истиранию композиционных материалов на бумажной основе определялась по ГОСТу 6810-2002 «Обои. Технические условия», спустя 5 суток с момента изготовления в естественных условиях. Образцы вырезались из разных мест по ширине полотна, охватывая участки с различными фрагментами. Испытание проводилось на аппарате типа ИКБ-4, обеспечивающем возвратно-поступательное движение со скоростью $0,10 \pm 0,01$ м/с. Испытаниям подвергались пять образцов, шестой оставался для сравнения при оценке результатов. Испытываемый образец укладывали на основание аппарата и зажимали крышкой с пазом, определяющим зону истирания образца. Включали двигатель и при достижении на счетчике аппарата значений, соответствующих норме (не менее 40), двигатель выключали. Стойкость покрытия к истиранию оценивалась по потерям массы волокнистого материала.

Прочность закрепления продукта зависит от вида частиц, их длины, плотности, переплетения их на основе и отделочных операций (ламинирование). Определение прочности закрепления проводили на динамометре РМ-3 с приспособлением для захвата продукта. Прочность закрепления характеризуется величиной нагрузки, необходимой для вырывания пучка продукта или отдельных ворсинок из грунта. При нажатии кнопки «Пуск» нижний зажим начинал движение вниз до тех пор, пока не происходил отрыв частиц от основы. Величина нагрузки фиксировалась на шкале динамометра.

Для определения количества клея, необходимого для прочного закрепления волокнистых частиц на поверхности основы, был проведен эксперимент, с целью установления оптимальной массы клея, наносимой на 1 м^2 полотна основы настенных покрытий [72].

В качестве входного параметра эксперимента выбрана масса клея и количество волокнистого материала, нанесенные на 1 м^2 полотна бумаги. Выходными параметрами выбраны: стойкость покрытия к истиранию, прочность закрепления частиц на поверхности основы. Учитывался также внешний вид материалов после склеивания. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Матрица планирования эксперимента при определении степени влияния количества наносимого связующего и волокнистого материала на стойкость покрытия к истиранию и прочность закрепления частиц на поверхности бумажной основы

Номер опыта	Кодированные значения		Натуральные значения		Экспериментальные значения	
	X ₁	X ₂	количество клея, г/м ²	количество волокнистого материала, г/м ²	потери массы при истирании, г/м ²	прочность закрепления частиц, Н
1	1	1	195	130	1,75	95
2	-1	1	155	130	13,65	70
3	1	-1	195	30	0,70	230
4	-1	-1	155	30	3,50	120
5	1	0	195	80	1,40	170
6	-1	0	155	80	9,45	80
7	0	1	175	130	13,30	90
8	0	-1	175	30	3,15	125
9	0	0	175	80	9,10	130

Изменение массы наносимого клея осуществлялось путем изменения разводки между валиками для нанесения клея.

По результатам эксперимента были построены графики зависимостей (рис. 5.33, 5.34), получены математические модели процесса и определены значения коэффициентов регрессии (табл. 5.9).

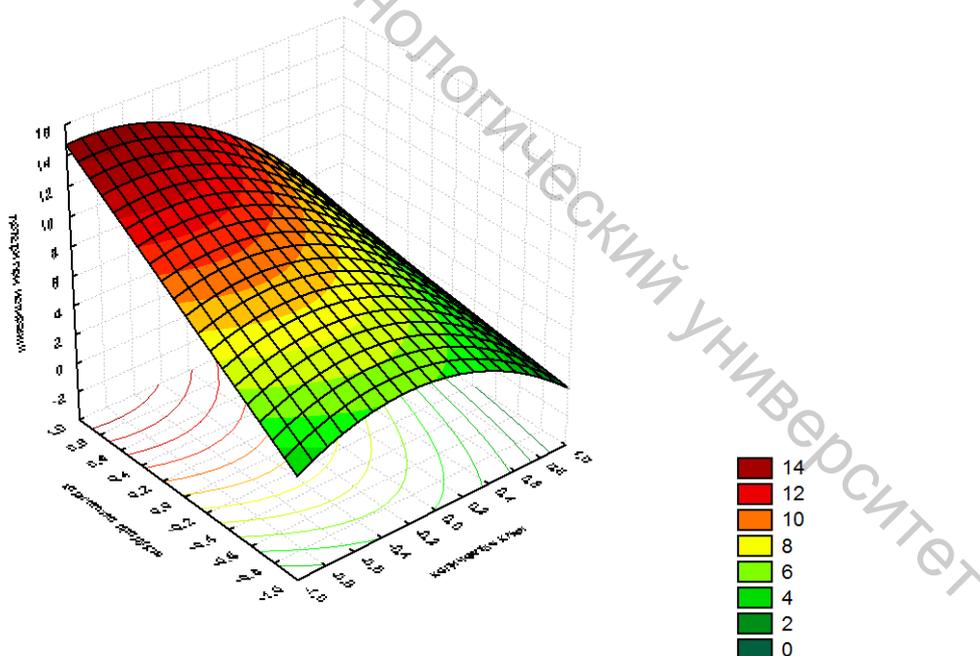


Рисунок 5.33 – Зависимость потерь покрытия при истирании от количества наносимого продукта и клея

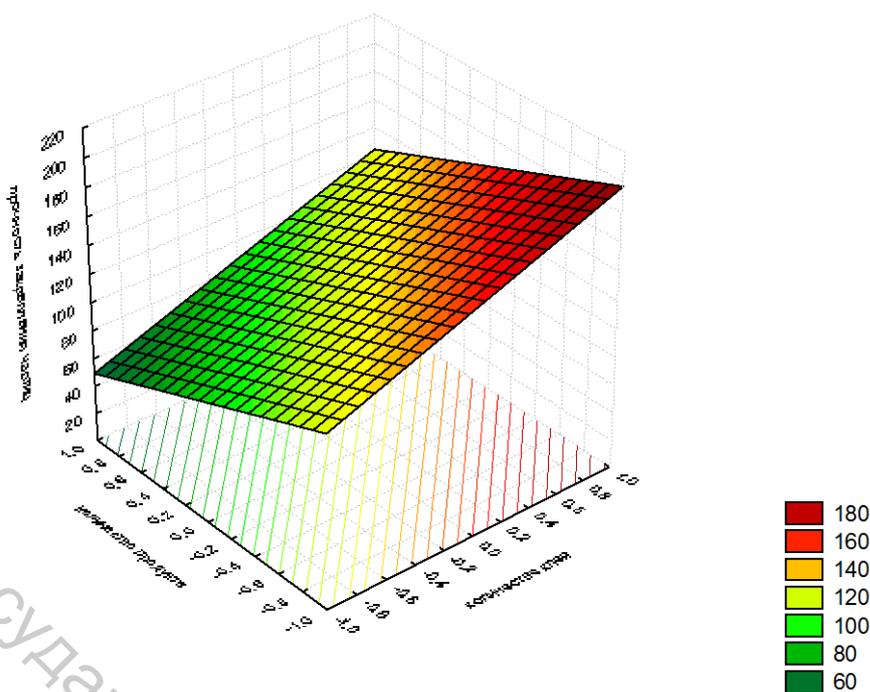


Рисунок 5.34 – Зависимость прочности закрепления частиц на поверхности основы от количества наносимого продукта и клея

Таблица 5.9 – Коэффициенты полиномиальных моделей композиционных материалов с волокнистым покрытием и оценка их значимости для эксперимента по определению степени влияния количества наносимого связующего и волокнистого материала на стойкость покрытия к истиранию и прочность закрепления частиц на поверхности основы

Стойкость покрытия к истиранию					
Модель: $Y=A_0+A_1 \cdot X_1+A_2 \cdot X_2+A_{11} \cdot X_1 \cdot X_1+A_{12} \cdot X_1 \cdot X_2$					$R_D=0,9813$
Обозначение коэффициента	A_0	A_1	A_2	A_{11}	A_{12}
Значение коэффициента	8,52	-3,79	3,56	-3,44	-2,28
P-level	0,000471	0,002744	0,003471	0,025955	0,032005
Прочность закрепления частиц на поверхности основы					
Модель: $Y=A_0+A_1 \cdot X_1+A_2 \cdot X_2$				$R_D=0,9505$	
Обозначение коэффициента	A_0	A_1	A_2		
Значение коэффициента	123,33	37,50	-36,67		
P-level	0,000006	0,010376	0,011441		

Уравнение зависимости стойкости покрытия к истиранию от количества наносимого связующего и волокнистого материала имеет вид:

$$Y_1 = 8,52 - 3,79 \cdot X_1 + 3,56 \cdot X_2 - 3,44 \cdot X_1 \cdot X_1 - 2,28 \cdot X_1 \cdot X_2 . \quad (5.101)$$

Уравнение зависимости прочности закрепления частиц на поверхности основы от количества наносимого связующего и волокнистого материала имеет вид:

$$Y_2 = 123,33 + 37,50 \cdot X_1 - 36,67 \cdot X_2. \quad (5.102)$$

Анализируя полученные уравнения регрессии, можно сделать вывод, что стойкость к истиранию поверхности композиционного материала и сила закрепления частиц на поверхности основы зависит от количества наносимого продукта и количества клея. При увеличении количества продукта потери при истирании увеличиваются, а для отрыва частиц от поверхности основы необходимо незначительное усилие. При увеличении количества наносимого клея потери уменьшаются, сила отрыва частиц увеличивается.

На физико-механические свойства композиционных материалов будут оказывать влияние не только исследуемые факторы, но еще и структура, свойства и длина измельченных отходов.

На рисунке 5.35 представлен совмещенный график зависимости прочности закрепления частиц на поверхности основы и стойкости покрытия к истиранию от количества наносимого связующего и волокнистого материала.

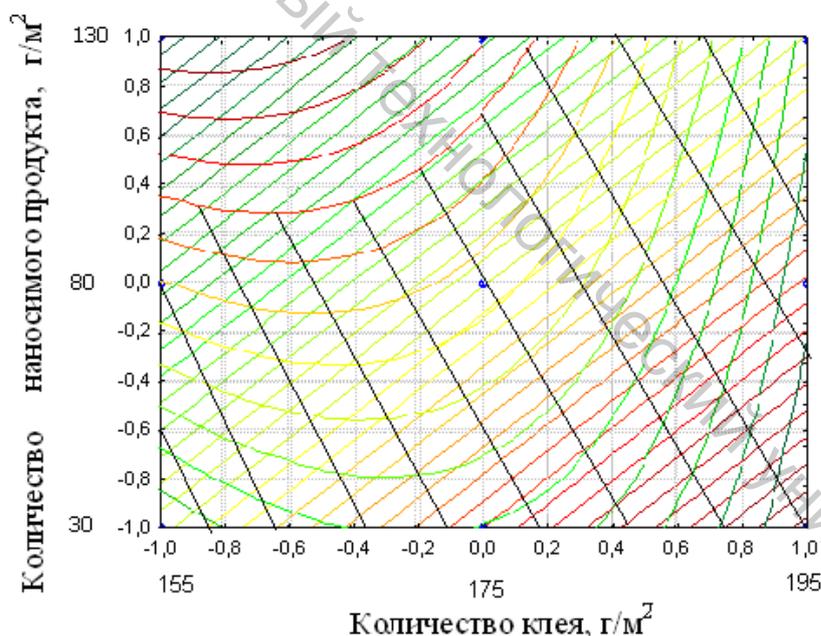


Рисунок 5.35 – Совмещенный график зависимости прочности закрепления частиц и стойкости покрытия к истиранию от количества наносимого связующего и волокнистого материала

Исследования по выбранным факторам показали, что область оптимума бесконечна, то есть при уменьшении до бесконечности количества наносимого волокнистого материала и увеличении количества клея значения выходных параметров увеличиваются. Это

недопустимо для реального технологического процесса, следовательно, необходимо ограничиться дополнительными факторами.

Для производства настенных покрытий менее 40 г/м^2 волокнистого материала нецелесообразно наносить на поверхность основы, так как тогда в покрытии нет никакого смысла в плане декоративной отделки.

Для нахождения оптимального количества клея и количества волокнистого материала необходимо ограничиться дополнительными показателями, например, жесткостью готового полотна (при чрезмерном нанесении клея данный показатель значительно увеличивается).

Для определения жесткости композиционного материала был использован метод при статическом изгибе согласно ГОСТ 9582-75 «Бумага и картон. Метод определения жесткости при статическом изгибе». Сущность метода заключается в измерении силы, приложенной к свободному концу консольно закрепленного образца на постоянном расстоянии от линии закрепления и изгибающей его на угол, равный 15° .

Определение жесткости проводили на образцах без нанесения волокнистого материала.

Результаты проведения эксперимента представлены на рисунке 5.36.

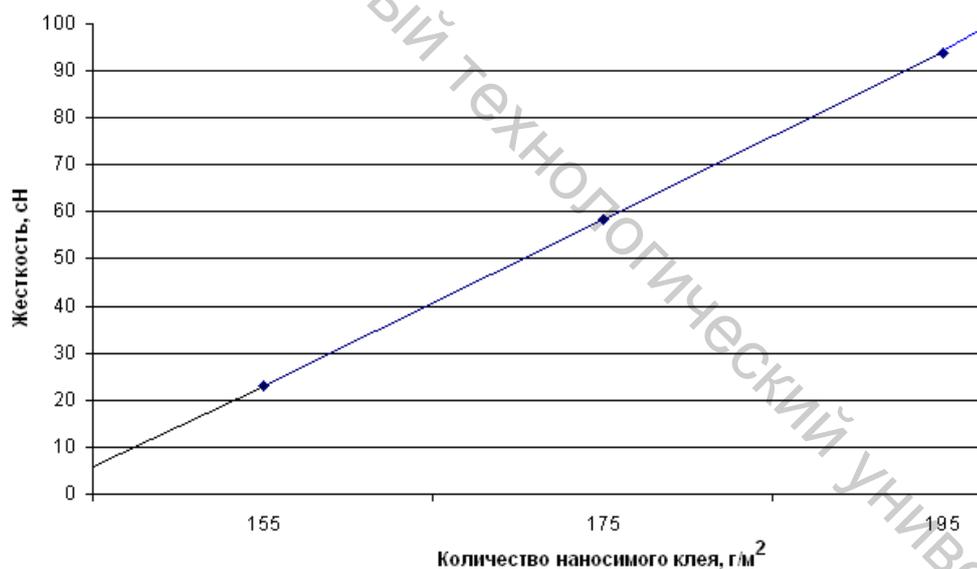


Рисунок 5.36 – Влияние количества наносимого клея на жесткость готового полотна

Для обоев значения жесткости при изгибе должны быть не более 18–27 сН. Данная величина не гостирована, а установлена предприятием-изготовителем «Гомельобои». Следовательно, согласно рисунку 5.39 для получения полотна принятой жесткости количество клея не должно превышать 157 г/м^2 .

Тогда совмещенный график зависимости стойкости к истиранию и силы закрепления частиц на поверхности основы от количества наносимого волокнистого материала и клея примет вид, представленный на рисунке 5.37.

По полученным значениям при условии, что $Y_1 \rightarrow \max$, $Y_2 \rightarrow \max$, а $-0,8 \leq X_2$, $-1,0 \geq X_1 \geq -0,8$ установлены оптимальные параметры нанесения:

- количество клея – 155–157 г/м²,
- количество волокнистого материала – 40–70 г/м².

В этом случае показатели качества обоев, декорированных волокнистым материалом, имеют наилучшие показатели.

Для оптимизации параметров работы устройства был проведен эксперимент в условиях производства «Гомельобои». Скорость движения полотна – 50 м/мин, угол наклона стенок питающей шахты – 120°.

В качестве входных параметров были приняты расстояние между распределяющими валиками (X_1) и скорость их вращения (X_2); выходных параметров – поверхностное заполнение волокнистым материалом и стойкость покрытия к истиранию. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 5.10.

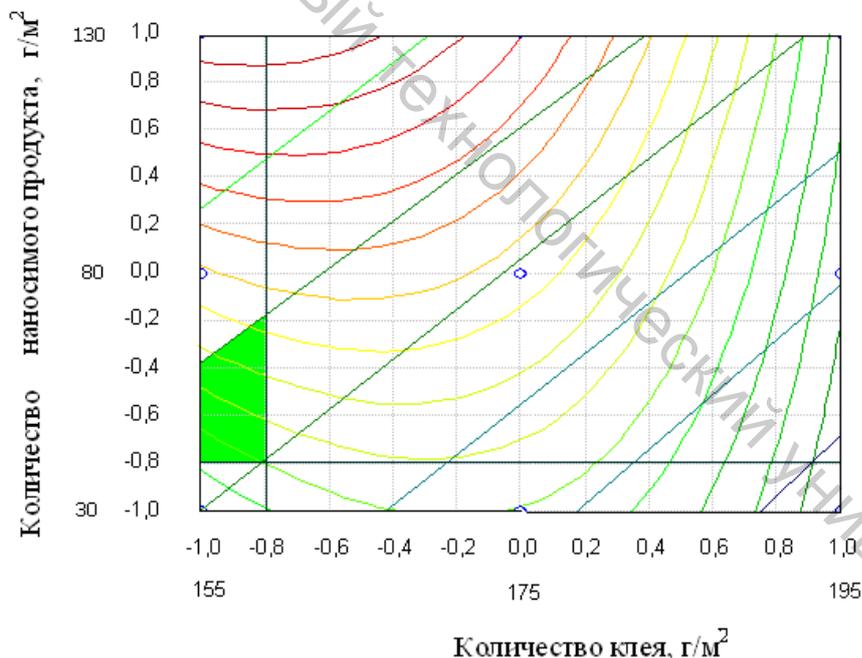


Рисунок 5.37 – Совмещенный график зависимости стойкости к истиранию и силы закрепления частиц на поверхности основы от количества наносимого волокнистого материала и клея

Таблица 5.10 – Матрица планирования эксперимента определения степени влияния расстояния между валиками и скорости вращения распределяющих валиков на поверхностное заполнение

Номер опыта	Кодированные значения		Натуральные значения		Экспериментальные значения	
	X ₁	X ₂	Расстояние между валиками, мм	Скорость вращения распределяющих валиков, мин ⁻¹	поверхностное заполнение, г/м ²	потери массы при истирании, г/м ²
1	1	1	10	1000	57,3	11,50
2	-1	1	0	1000	12,8	3,15
3	1	-1	10	200	45,3	9,10
4	-1	-1	0	200	69,6	14,00
5	1	0	10	600	51,5	10,30
6	-1	0	0	600	34,7	6,90
7	0	1	5	1000	32,0	6,40
8	0	-1	5	200	30,4	6,10
9	0	0	5	600	36,5	7,30

По результатам эксперимента получены уравнения регрессии процесса и определены коэффициенты регрессии, представленные в таблице 5.11, построены графики зависимостей (рис. 5.38, 5.39).

Таблица 5.11 – Коэффициенты полиномиальных моделей и оценка их значимости при определении степени влияния скорости движения полотна и скорости вращения распределяющих валиков на поверхностное заполнение

Поверхностное заполнение					
Модель: $Y=A_0+A_1 \cdot X_1+A_{11} \cdot X_1 \cdot X_1+A_{12} \cdot X_1 \cdot X_2+A_{112} \cdot X_1 \cdot X_1 \cdot X_2$					
R _д =0,9893					
Обозначение коэффициента	A ₀	A ₁	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₁₂
Значение коэффициента	32,97	6,17	12,23	17,20	-11,20
P-level	0,000080	0,001214	0,055800	0,000582	0,002969
Потери массы покрытия при истирании					
Модель: $Y=A_0+A_1 \cdot X_1+A_{11} \cdot X_1 \cdot X_1+A_{12} \cdot X_1 \cdot X_2+A_{112} \cdot X_1 \cdot X_1 \cdot X_2$					
R _д =0,9500					
Обозначение коэффициента	A ₀	A ₁	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₁₂
Значение коэффициента	5,52	1,14	3,64	3,31	-2,11
P-level	0,004500	0,056800	0,003598	0,016178	0,053394

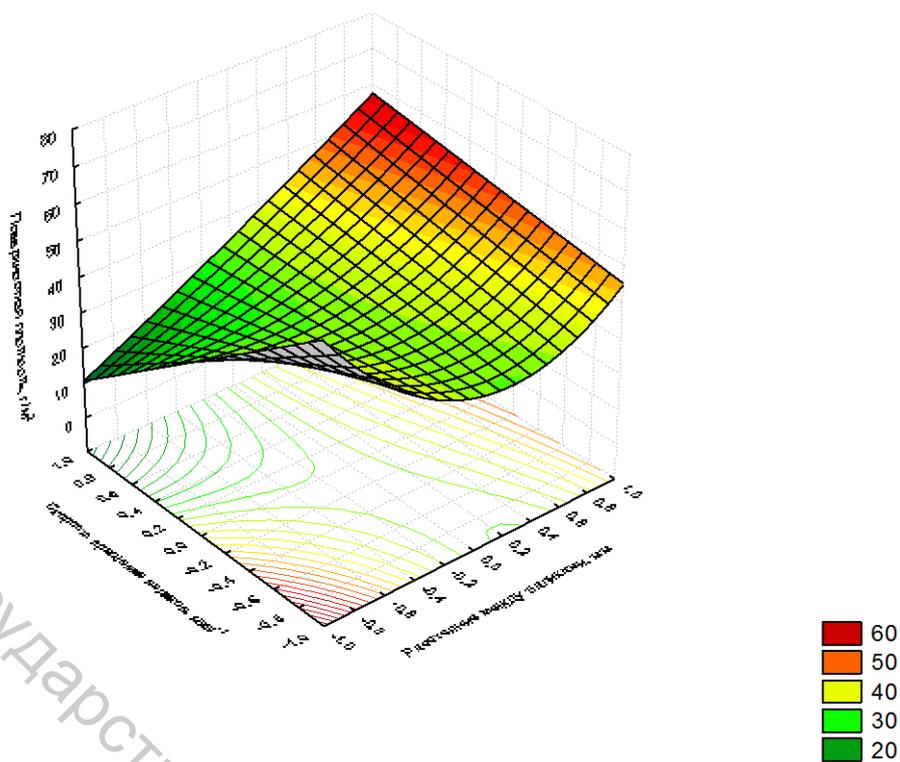


Рисунок 5.38 – Зависимость поверхностной плотности от расстояния между валиками и скорости их вращения

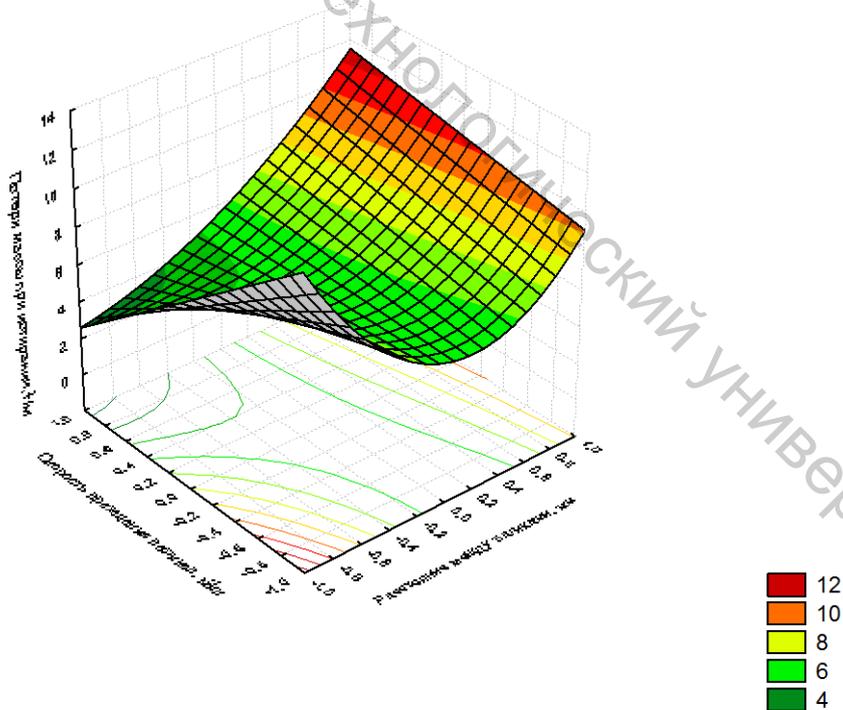


Рисунок 5.39 – Зависимость потерь массы волокнистого материала при истирании от расстояния между валиками и скорости их вращения

Уравнение зависимости поверхностного заполнения основы волокнистым материалом от расстояния между распределяющими валиками и скорости их вращения имеет вид:

$$Y=32,97+6,17 \cdot X_1+12,23 \cdot X_1 \cdot X_1+17,20 \cdot X_1 \cdot X_2-11,20 X_1 \cdot X_1 \cdot X_2. \quad (5.103)$$

Стойкость волокнистого покрытия оценивалась по потерям массы продукта при истирании. Уравнение зависимости стойкости покрытия при истирании от расстояния между распределяющими валиками и скорости их вращения имеет вид:

$$Y=5,52+1,14 \cdot X_1+3,64 \cdot X_1 \cdot X_1+3,31 \cdot X_1 \cdot X_2-2,11 \cdot X_1 \cdot X_1 \cdot X_2. \quad (5.104)$$

На рисунке 5.40 представлен совмещенный график зависимости стойкости покрытия при истирании и поверхностного заполнения основы волокнистым материалом от расстояния между распределяющими валиками и скорости их вращения.

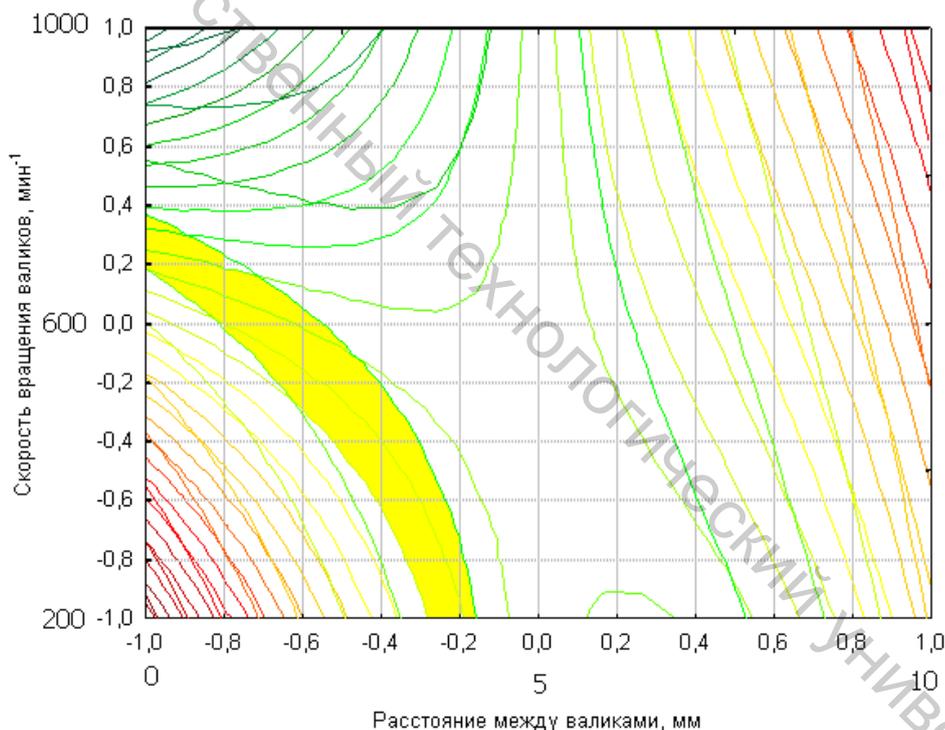


Рисунок 5.40 – Совмещенный график зависимости стойкости покрытия при истирании и поверхностного заполнения основы волокнистым материалом от расстояния между распределяющими валиками и скорости их вращения

По полученным значениям при условии, что $-1 \leq X_2$ (вследствие игольчатой поверхности валиков), выполнена оптимизация методом сечений и наложений и установлены оптимальные параметры нанесения волокнистого материала при заданной скорости движения полотна:

- расстояние между распределяющими валиками – 0–0,042 м;
- скорость вращения валиков – 3,33–12,67 с⁻¹.

При увеличении скорости движения полотна регулирование количества наносимого продукта возможно за счет увеличения расстояния между распределяющими валиками и угла наклона питающей шахты [38, 73].

5.4 Производственная апробация технологического процесса получения композиционных материалов

5.4.1 Выпуск опытно-промышленной партии обоев, декорированных волокнистым материалом

Производственная апробация устройства для нанесения волокнистого материала и устройства для измельчения текстильных отходов проводилась в условиях филиала «Гомельобои» (г. Гомель). Опытная партия обоев, декорированных волокнистым материалом, нарабатывалась, согласно проекту технических условий «Обои с волокнистым покрытием» и технологическому регламенту, утвержденным предприятием. Нарботка обоев осуществлялась на технологических линиях «Фишер и Крекке» и «Вифаг» (рис. 5.13) и разработанного узла для нанесения волокнистого материала, установленного на линиях, с использованием сушильной камеры, входящей в комплектацию (рис. 5.19). Устройства были изготовлены в промышленном варианте в условиях производства «Гомельобои». Отличительной особенностью промышленного устройства для измельчения текстильных отходов является то, что материал в зону резания подается по ленточному транспортеру через воронку в виде настила.

Обои с волокнистым покрытием получали путем нанесения волокнистого материала на бумагу для обоев массой 110,0±3,0 г/м² согласно ГОСТу 6810-2002 «Обои. Технические условия» (табл. 5.12). Обои бумажные профильные с волокнистым покрытием относятся к типу 2, марка выпускаемых обоев «С» – устойчивые к сухому истиранию. Обои изготавливались в рулонах без кромки. Ширина обоев – 0,53 ±0,02 м. Длина рулона – 10,05±(1,5 %) м [89].

Таблица 5.12 – Показатели качества используемого сырья, материалов

Наименование сырья, материалов, химикатов (НД)	Наименование показателя	Норма показателя	Примечание
1	2	3	4
Декоративный волокнистый материал	плотность готового продукта, не более, г/м ³	50-150,0	
	влажность, %	4,0-7,0	
	стойкость к действию света, %	8-10	
Бумага для нижнего слоя обоев	масса бумаги площадью 1 м ² , г	(90,0±3,0) (110,0±3,0)	ГОСТ 6749-2005
	толщина, мкм	110,0-150,0	ГОСТ 6749-2005
	разрушающее усилие (в машинном направлении), Н, не менее	75,0 50,0	ГОСТ 6749-2005
	разрушающее усилие во влажном состоянии (в машинном направлении), Н, не менее	8,5 6,5	ГОСТ 6749-2005
	относительное удлинение (в машинном направлении), %, не менее в сухом состоянии во влажном состоянии	1,2 1,0	ГОСТ 6749-2005
	разрушающее усилие при растяжении в машинном направлении во влажном состоянии, Н, не менее	8,0 6,5	ГОСТ 6749-2005
	поверхностная впитываемость воды при одностороннем смачивании, г/м ²	18,0-25,0	ГОСТ 12605
	гладкость верхней стороны, с	150-250	ГОСТ 12795
	сорность – контрастные включения на 1 м ² , шт., не более	80 не допускаются	ГОСТ 13525.4
	влажность, %	4,0-7,0	ГОСТ 13525.19
	шероховатость, мл/мин, не более	135	ГОСТ 30115
	сопротивление раздиранию в машинном направлении, мН, не менее	800 500	ГОСТ 13525.3

Окончание таблицы 5.12

1	2	3	4
	содержание золы, %	14-18	ГОСТ 7629
	линейная деформация в поперечном направлении, %, не более	2,5 3,0	ГОСТ 12057
	влажность, %	6,0-8,0	
Пенокраска	вязкая непрозрачная однородная суспензия белого цвета без посторонних механических включений		ТУ РБ 808000410.004-2003
Клей на основе поливинилацетатной дисперсии	белая густая масса, после высыхания образует прозрачную пленку		ГОСТ 18992
Пленка полиэтиленовая, термоусадочная, марки «У»	внешний вид – бесцветная прозрачная пленка		
	размеры (ширина), мм	600,0 ± 10 650,0 ± 10	
	толщина, мкм	20,0 ± 20 %	
Лента склеивающая ЛСД-19 или ЛСД-38			ТУ 2245-001-58297128
Мешки бумажные ГОСТ 2226-88	внутренние размеры, см предельные отклонения, мм	(83,0*61,5*21,5) (±1,0*±0,5*±0,5)	ТУ РБ 400004877.010
Гофроящики	внутренние размеры, мм	(300*300*540)	ГОСТ 9142-90
Краски флексографские водоразбавляемые, лак-осветлитель			ТУ 2354-006-17666708
Латекс синтетический БС-65 м.А			ТУ 38.103550

Обои бумажные профильные вспененные с акриловой пенокраской и волокнистым покрытием отличаются эффектно-фактурной декоративностью. Технологический процесс изготовления обоев бумажных, декорированных волокнистым материалом, включает следующие операции:

- подготовка волокнистой массы;
- подготовка клеевого состава;
- подготовка основы;
- нанесение клеевого состава;
- нанесение волокнистой массы;
- очистка полотна от излишков;

- сушка;
- раскат в рулоны;
- упаковка, маркировка.

Описание технологического процесса

1. *Подготовка линии к работе включает:* установку (регулировку) ножей для обрезки кромки на нужную ширину обоев; заправку бумаги на узлы размотки; заливку клея в клеевой узел.

2. *Подготовка материалов.*

Основа для обоев: в качестве основы служит бумага для обоев производства ЗАО «Выборгский ЦБК» и других поставщиков по НД, утвержденной в установленном порядке. Перед поступлением на линию бумага должна пройти акклиматизацию в обойном цехе на протяжении смены.

Подготовка декоративного волокнистого материала: в качестве сырья используются отходы химических нитей, которые измельчаются способом резания на устройстве (рис. 2.5).

3. *Приготовление клеевого состава.*

В качестве связующего используется клей на основе поливинилацетатной дисперсии и другого производства ООО «Кубань-полимер» (РФ), пенокраска производства фирмы «Вейка» (Литва) и др. поставщиков по НД, утвержденной в установленном порядке.

4. *Описание технологической схемы производства* (рис. 5.4) представлено в разделе 5.1.

Маркировка обоев производится в соответствии с ГОСТ 6810-86 «Обои. Технические условия».

Параметры технологического процесса представлены в таблице 5.13.

Таблица 5.13 – Параметры технологического процесса

Наименование показателей	Значение показателей
1	2
Обоепечатная машина «Фишер и Крекке»	
Рабочая скорость, м/с	0,83-1,66
Давление ракеля, МПа	0,15-0,3
Давление печатных валов, МПа	0,2-0,4
Температура сушки, °С	90-160
Температура в камере вспенивания, °С	125-165
Вязкость печатных красок, с	12-18
Вязкость связующего для декоративного волокнистого материала, с	19-25
Температура в термоусадочной камере, °С	140-220
Обоепечатная машина «Вифаг»	
Рабочая скорость, м/с	1,00-1,33

Окончание таблицы 5.13

1	2
Давление ракеля, МПа	0,15-0,35
Давление ракеля на секциях наноса пенокраски, МПа	0,3-0,4
Давление печатных валов, МПа	0,2-0,4
Температура сушки, °С	80-110
Температура в предварительной сушильной камере, °С	80-120
Температура в камере вспенивания, °С:	
– в начале камеры;	125-165
– в конце камеры	125-165
Вязкость печатных красок, с	12-18

Внешний вид обоев бумажных, декорированных волокнистым материалом, полученным из отходов химических нитей, представлен на рисунке 5.41 [89].

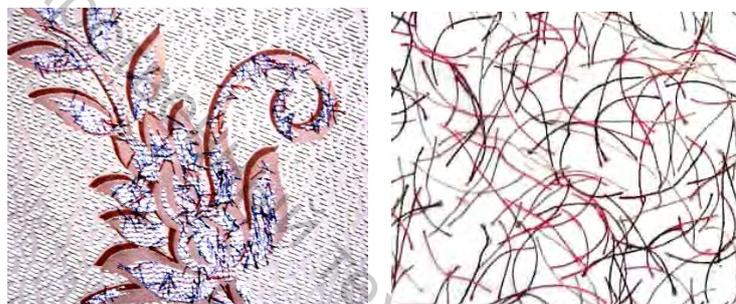


Рисунок 5.41 – Внешний вид обоев, декорированных волокнистым материалом

Свойства данного вида настенных покрытий представлены в таблице 5.14.

Таблица 5.14 – Свойства обоев, декорированных волокнистым материалом

Показатель	Величина
Поверхностная плотность, г/м ²	140-200
Толщина, мм	1,3-1,7
Устойчивость к воздействию света, баллы	8-10
Жесткость, сН	10-15
Пылеемкость, г/м ² с	11
Стойкость к истиранию, тыс. циклов	0,5-1

5.4.2 Перспективное направление в развитии технологии композиционных материалов

С целью расширения области применения разработанного технологического процесса производства композиционных текстильных

материалов механического способа формирования с использованием текстильных отходов было рассмотрено использование данного способа в производстве материалов одежного назначения для изготовления швейных изделий. Отличительной особенностью таких композиционных материалов является то, что в качестве основы для формирования волокнистого слоя служит ткань. Производство такого вида материала осуществляется по технологической схеме, представленной на рисунке 5.10. Волокнистое покрытие наносится на рулонный материал по всей поверхности при прохождении ткани устройства для нанесения (рис. 2.11).

Для выбора клеевой композиции при производстве композиционных материалов одежного назначения были проведены экспериментальные исследования при нанесении волокнистого материала (длина частиц 1–2 мм) на поверхность тканой основы, свойства которой отвечали бы физико-механическим и эстетическим требованиям, предъявляемым к текстильным материалам. В качестве основы использовалась льняная ткань поверхностной плотностью 160 г/м².

Исследовались клеевые композиции на основе поливинилацетатной эмульсии. Эти композиции относятся к группе водорастворимых клеев, не пропитывают ткани и просты в употреблении, однако полученные с их применением материалы неустойчивы к истиранию (рис. 5.42) [72].

Введение в эмульсии полимерных веществ изменяет свойства клея, который вследствие образования сетчатой структуры становится устойчивыми к стирке и растворителям. Исследована композиция, содержащая поливинилацетатную эмульсию и метазин. При увеличении содержания метазина устойчивость покрытия к истиранию возрастает, но жесткость повышается. Оптимальное содержание метазина 50 г [10]. Применение клеевой композиции указанного состава дает возможность получить высокостойкую к износу поверхность.

Исследовалась клеевая композиция, состоящая из латекса, бензина, растворителя, парафина, которая используется при отделке текстильных материалов. Применение данной клеевой композиции обеспечивает низкую сцепляемость ниточной массы и клея, после высыхания образцов на ткани закрепляется только 10 % продукта.

Клеевая композиция на основе эпоксидной смолы с добавлением полиэтиленполиамина (10÷14 % от массы смолы). При использовании данной композиции на поверхности закрепляется 60 % продукта, но значительно увеличивается жесткость материала, что ухудшает физико-механические свойства готовых изделий, клей пропитывает ткань – ухудшаются эстетические и гигиенические свойства. Данную клеевую композицию можно использовать в тех областях, где требуется

прочность закрепления покрытия в сухом и мокром состоянии в сочетании с малой эластичностью.

Клеевая композиция на основе акриловой эмульсии. Акриловые эмульсии на водной основе в своем составе не имеют органических растворителей, следовательно пожаробезопасны, могут быть окрашены в различные цвета, позволяют получить пластичные, мягкие, устойчивые к истиранию пленки с высокой адгезией к основе и волокнистой массе.

Стойкость покрытия к истиранию оценивалась по потерям массы продукта с площади истирания в процентах от первоначальной массы, учитывая изменения внешнего вида. Потеря массы при эксплуатации происходит из-за истирания покрытия и извлечения частиц из грунта. Испытания проводились по ГОСТу 9913-90 [85] на приборе типа ТИ-1М. Снятие ворса определялось визуально через каждые 100 циклов при давлении на пробу 26,7 КПа, частоте вращения головок и абразивного диска $2,5 \text{ с}^{-1}$, массе обоймы 0,5 кг, результаты представлены на рисунке 5.42.

Для изготовления композиционных материалов с высокими эластичностью и стойкостью к истиранию применяют клей из неопрена, который дорог и огнеопасен. Клей из полиизобутелена используют для получения материалов, не требующих высокой устойчивости к истиранию и химической чистке [10]. Данные виды клеев вследствие своих свойств не испытывались.

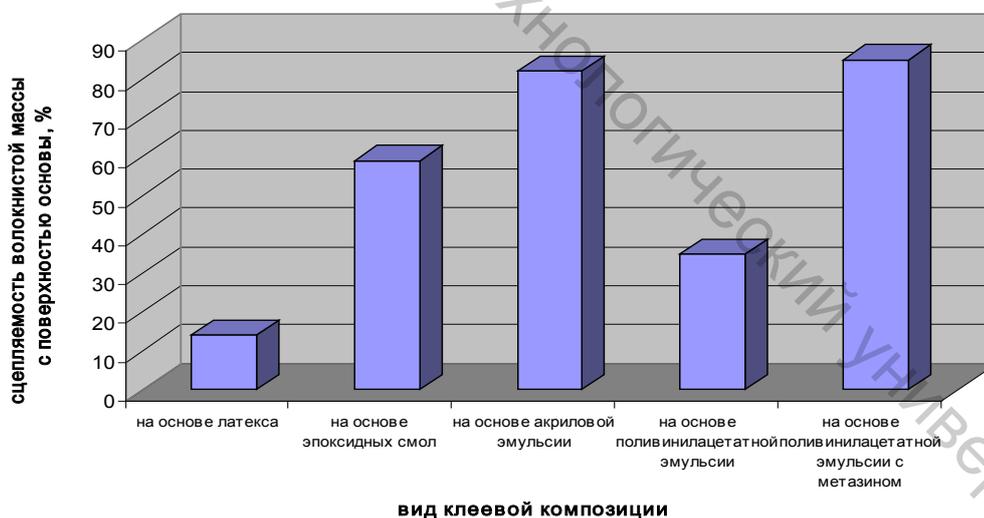


Рисунок 5.42 – Влияние вида клеевой композиции на сцепляемость волокнистого материала с поверхностью основы

Из графика видно, что самые высокие показатели устойчивости к истиранию наблюдались у клеевых композиций на основе эпоксидных смол, акриловой и поливинилацетатной эмульсии с метацином. Эти виды клеев подвергались дальнейшим исследованиям на жесткость и

стойкость к стирке, результаты представлены в виде диаграмм (рис. 5.43, 5.44).

Жесткость определялась по ГОСТу 10550-93 [86] на гибкомере. Она находится в тесной взаимосвязи с толщиной и массой готовых образцов, также влияние оказывает количество наносимого продукта и толщина клеевого покрытия, поэтому испытания проводились при стабилизации данных показателей: количество клея – 150 г/м², количество продукта – 100 г/м².

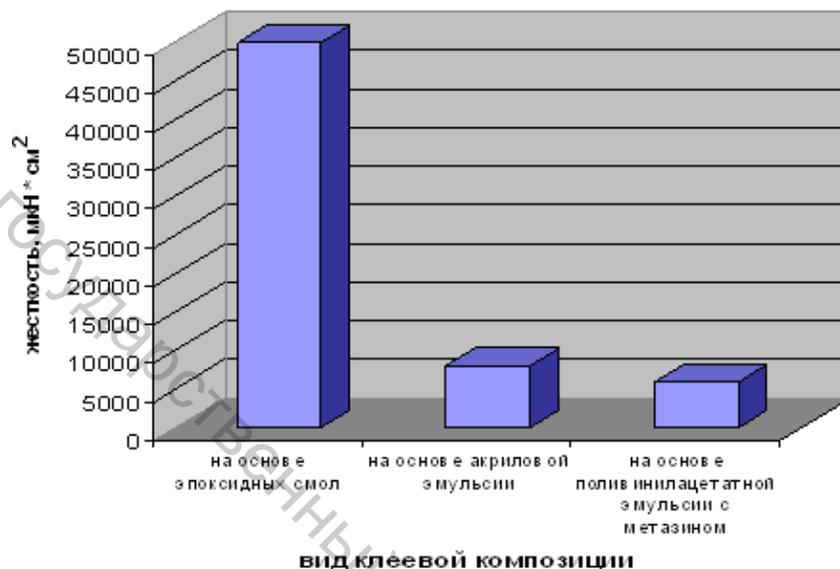


Рисунок 5.43 – Влияние вида клеевой композиции на жесткость материалов

Стойкость покрытия к стирке оценивалась для определения возможности изготовления из полученных композиционных материалов швейных изделий.

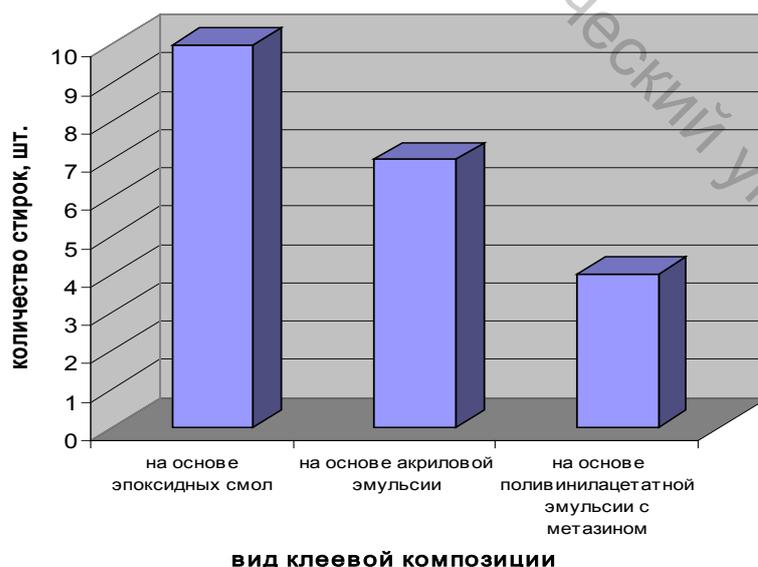


Рисунок 5.44 – Стойкость материала с волокнистым покрытием к стирке

Свыше указанного на диаграмме количества стирок ткани теряют 50 % волокнистого покрытия, ухудшается внешний вид.

Согласно нормативам на физико-механические свойства костюмных тканей жесткость не должна превышать 9000 мкН·см², стойкость к истиранию – не менее 800 циклов [85].

Испытания показали, что образцы с использованием клеевой композиции на основе эпоксидных смол обладают жесткостью, не соответствующей стандарту [84]. Для производства композиционных материалов с волокнистым покрытием на тканой основе предлагается использовать клеевую композицию на основе акриловой эмульсии, которая выпускается различных цветов, что позволяет ликвидировать образование пустот – улучшает вид готовых изделий, обладает хорошей адгезией и жесткостью, соответствующей текстильным материалам одежного назначения.

Опытная проработка композиционных материалов с использованием тканой основы проводилась в лаборатории кафедры «ПНХВ» и на фабрике художественных изделий «Купава» г. Витебска [72].

Результаты внедрения показали, что изделие из полученного материала обладает высокими физико-механическими, потребительскими, а также эстетическими свойствами и является конкурентоспособной продукцией.

Планируемый экономический эффект при изготовлении изделий из тканей, декорированных волокнистым материалом с использованием подготовленных текстильных отходов, выражается в дополнительной прибыли, которую может получить предприятие при освоении данного вида продукции.

Свойства данного вида ткани, декорированной волокнистым материалом, представлены в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Свойства ткани, декорированной волокнистым материалом

Наименование показателей	Значение
Поверхностная плотность ткани, г/м ²	160
Поверхностная плотность покрытия, г/м ²	60-100
Толщина, мм	1,5-2,0
Устойчивость к стирке, количество стирок	7
Жесткость, мкН·см ²	9000
Стойкость покрытия к истиранию, тыс. циклов	0,8

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. «Файбертек» и одежда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.fibretech.ru/index.phtml?page=1123>. – Дата доступа : 02.11.2015.

2. Artemkina, O. Development of material-saving activities for enterprises of the sewing industry / O. Artemkina, A. Zimina // Education and science in the 21st century: articles of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, October 31, 2017 / Vitebsk State Technological University. – Vitebsk, 2017. – P. 9–10.

3. The Asphalt Handbook: MS-4 / Asphalt Institute, 2007. – С. 788.

4. Zimina, E. Processing nonwovens by pressing / E. Zimina, A. Kogan // Education and science in the 21st century : articles of the International Scientific and Practical Conference, October 27, 2016 / Vitebsk State Technological University. – Vitebsk, 2016. – P. 37–38.

5. Андрианова, Г. П. Химия и технология полимерных пленочных материалов и искусственных кож / Г. П. Андрианова [и др.]. В 2 т. Т. 1. – 2-е изд. – Москва : Легпромбытиздат, 1990. – 304 с.

6. Ассортимент нетканых материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=516867.html>. – Дата доступа : 03.11.2015.

7. Асфальтовые бетоны. Составляющие материалы для асфальтового бетона (2018). – Режим доступа : materialsworld.ru/15/sostav.php. – Дата доступа : 18.03.2018.

8. Бабарика, Е. С. Рациональное использование отходов текстильных материалов на предприятиях Республики Беларусь / Е. С. Бабарика, В. Д. Дельцова, Л. И. Трутченко // Тезисы докладов IX научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО ВГТУ. – Витебск, 2001. – С. 105–106.

9. Берлин, А. А. Современные полимерные композиционные материалы (ПМК) / А. А. Берлин // Соросовский образовательный журнал. – 1995. – Вып. № 1. – С. 57–65.

10. Бершев, Е. Н. Электрофлорирование (нанесение ворса в электрических полях) / Е. Н. Бершев. – Москва : Издательство «Легкая индустрия», 1977. – 232 с.

11. Бершев, Е. Н. Технология производства нетканых материалов : учебник для вузов / Е. Н. Бершев. – Москва : Легпромбытиздат, 1982. – 352 с.

12. Бершев, Е. Н. Физико-химические способы производства нетканых материалов / Е. Н. Бершев, Л. В. Лобова. – Москва : Легпромбытиздат, 1990. – 47 с.

13. Бобров, В. Ф. Основы теории резания металлов / В. Ф. Бобров. – Москва : Машиностроение, 1975. – 344 с.

14. Богданова, Ю. Г. Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов : учебное пособие для студентов по специальности «Композиционные наноматериалы» / Ю. Г. Богданова. – Москва : Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 2010. – С. 68.

15. Боссарт, М. Гигиеническая защита текстильных материалов / М. Боссарт // Российский химический журнал. – 2002. – Вып. XLVI. – № 2. – С. 62–65.

16. Бумагоделательные и отделочные машины / И. Я. Эйдлин [и др.] ; под ред. И. Я. Эйдлина. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Лесная промышленность, 1970. – 623 с.

17. Сборник задач по машиностроительной гидравлике / Д. А. Бутаев [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1972. – 472 с.

18. Вертинская, О. Устройство для формирования многослойных материалов / О. Вертинская, Е. Л. Кулаженко, А. Г. Коган // Тезисы докладов 41 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, 2008. – С. 73–74.

19. Внедрение экологического менеджмента на предприятиях легкой промышленности / Е. Ковергович [и др.] // Тезисы докладов 45 республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году книги / УО «ВГТУ». – Витебск, 2012. – С. 260–261.

20. ВСН 56-97. Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций / Научно-техническое управление Департамента строительства (01.07.1996), 1997.

21. Ганцевич, А. К. Направление использования отходов в швейном производстве / А. К. Ганцевич, Е. Л. Кулаженко // Сборник материалов 14 Международной научно-инновационной конференции аспирантов, студентов и молодых исследователей с элементами научной школы «Теоретические знания – в практические дела»: в 2 ч. / Филиал ФГ БОУВПО «МГУТУ им. К. Г. Разумовского» в г. Омске. – Омск, 2013. – Ч. 1. – С. 38–40.

22. Ганцевич, А. К. Эксклюзивные сумки из отходов швейного производства / А. К. Ганцевич, Е. Л. Кулаженко, Н. В. Ульянова // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-2013), 27–29 мая 2013 г. : в 2 ч. / ФГБОУ ВПО «Текстильный институт ИВГПУ». – Иваново, 2013. – Ч. 2. – С. 115–117.

23. Ганцевич, А. Проектирование без отходов / А. Ганцевич, Е. Л. Кулаженко, Н. В. Ульянова // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-2013), 27–29 мая 2013 г. : в 2 ч. / ФГБОУ

ВПО «Текстильный институт ИВГПУ». – Иваново, 2013. – Ч. 2. – С. 99–101.

24. Герасимук, И. Problem of design of products from sewing waste at the enterprise - Проблема проектирования изделий из швейных отходов на предприятии / И. Герасимук, Е. Зими́на // Education and science in the 21st century: articles of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, October 31, 2017 / Vitebsk State Technological University. – Vitebsk, 2017. – P. 31–33.

25. Герасимук, И. Н. Конструкторская и технологическая подготовка производства изделий из отходов текстильного производства / И. Н. Герасимук, Е. Л. Зими́на // Тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність», Херсон 27–28 жовтня 2016 р. / Херсонський національний університет. – Херсон, 2017. – С. 39–41.

26. Герасимук, И. Н. Модернизация программного модуля раскладки для рационального использования отходов швейного производства / И. Н. Герасимук, Е. Л. Зими́на, А. Г. Коган // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности: сборник материалов Всероссийской научной студенческой конференции (ИНТЕКС-2017). Ч. 1. – Москва : ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2017. – С. 32–35.

27. Герасимук, И. Н. Новый способ снижения отходов и расхода материалов швейного производства / И. Н. Герасимук, Е. Л. Зими́на // Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасний стан легкої і текстильної промисловості: інновації, ефективність, екологічність», Херсон 12–17 вересня 2017 р. / Херсонський національний університет. – Херсон, 2017. – С. 39–41.

28. Герасимук, И. Н. Технологии получения материалов различного назначения из вторичных материальных ресурсов / И. Н. Герасимук, Е. Л. Зими́на, А. Г. Коган // Сборник материалов III Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума «Новые горизонты» / БНТУ. – Минск, 2016. – С. 68–69.

29. Голибардова, М. Рецепты быстрых и надежных соединений / М. Голибардова // Строительство и реконструкция. – 2001. – № 8. – С. 14–16.

30. Грошев, И. М. Товароведная экспертиза и классификация отходов легкой и деревообрабатывающей промышленности и направления их использования в Республике Беларусь / И. М. Грошев, Е. М. Соколова, Е. Л. Зими́на // Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности : материалы докладов международной научно-технической конференции, Витебск, 25–26 ноября 2015 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2015. – С. 337–339.

31. Закон Республики Беларусь № 271-З от 20 июля 2007 г. «Об обращении с отходами». – Минск, 2007. – 26 с.

32. Зими́на, Е. Л. Анализ возможности использования отходов легкой промышленности в производстве материалов строительного назначения / Е. Л. Зими́на // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2016. – Вып. 2 (31). – С. 39–46.

33. Зими́на, Е. Л. Анализ управления текстильными отходами на швейных предприятиях Республики Беларусь / Е. Л. Зими́на, А. Г. Коган, В. И. Луцейкович // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности : материалы докладов международной научно-технической конференции, посвященной Году науки, Витебск, 21–22 ноября 2017 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2017. – С. 14–16.

34. Зими́на, Е. Л. Внедрение новых видов нетканых материалов в автомобильной швейной промышленности / Е. Л. Зими́на, Н. В. Ульянова, А. Г. Коган // Сборник научных трудов «Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии». – Москва, 2018. – С. 200–204.

35. Зими́на, Е. Л. Использование текстильных отходов в качестве армирующей добавки в строительные смеси / Е. Л. Зими́на, А. Г. Коган, Е. А. Трифоненко // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов международной научно-технической конференции, посвященной Году науки, Витебск, 21–22 ноября 2017 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2017. – С. 210–212.

36. Зими́на, Е. Л. Использование текстильных отходов при изготовлении аксессуаров в автомобиль / Е. Л. Зими́на, Н. В. Ульянова // Сборник материалов Межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК-2018)». – Иваново, 2018. – № 1 (1). – С. 103–104.

37. Зими́на, Е. Л. Исследование процесса резания текстильных материалов / Е. Л. Зими́на, А. Г. Коган // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2017. – № 2 (33). – С. 14–20.

38. Кулаженко, Е. Л. Технология композиционных текстильных материалов механического способа формирования : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.19.02 : защищена 09.02.10 : утв. 05.05.10 / Елена Леонидовна Кулаженко. – Витебск, 2009. – 234 с.

39. Зими́на, Е. Л. Моделирование процесса подготовки текстильных отходов для производства нетканых материалов / Е. Л. Зими́на, Е. С. Ушаков, А. Г. Коган // Моделирование в технике и экономике : сборник материалов докладов международной научно-практической конференции, Витебск, 23–24 марта 2016 г. / Витебский

государственный технологический университет. – Витебск, 2016. – С. 74–77.

40. Зими́на, Е. Л. Моделирование процесса производства нетканых материалов, с использованием текстильных отходов / Е. Л. Зими́на, О. О. Корниенко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова». – Воронеж, 2015. – С. 404–407.

41. Зими́на, Е. Л. Подготовка текстильных отходов при производстве нетканых материалов, полученных способом мокрого прессования / Е. Л. Зими́на, А. Г. Коган, В. И. Ольшанский // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2016. – Вып. 31. – С. 47–54.

42. Зими́на, Е. Л. Проблемы хранения, транспортирования и переработки отходов на предприятиях легкой промышленности / Е. Л. Зими́на, С. М. Горячева // Сборник научных трудов «Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды : инклюзивный аспект». Ч. 1. – Москва, 2019. – С. 125–128.

43. Зими́на, Е. Л. Ресурсосберегающие технологии в швейной промышленности : монография / Е. Л. Зими́на, В. И. Ольшанский ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2016. – 91 с.

44. Зими́на, Е. Л. Технология бетонных смесей с использованием текстильных отходов в качестве армирующей добавки / Е. Л. Зими́на, А. Г. Коган // Материалы и технологии. – Витебск, 2018. – № 1 (1). – С. 60–65.

45. Зими́на, Е. Л. Экономические проблемы сбора и утилизации отходов // Е. Л. Зими́на, С. М. Горячева // Сборник статей по итогам международной научно-практической конференции «Социально-экономическое развитие организаций и регионов Беларуси : эффективность и инновации». – Витебск, 2018. – С. 76–79.

46. Зими́на, Е. Л. Экономия средств государства за счет сокращения отходов производства // Е. Л. Зими́на, С. М. Горячева // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Шляхи вдосконалення системи технічного регулювання в Україні та світі», – Херсон, 2018. – С. 47–49.

47. Инновации в текстильной промышленности : монография / УО «ВГТУ» ; Е. Л. Зими́на [и др.] . – Витебск, 2016. – 220 с.

48. Использование новых текстильных материалов при изготовлении специальной одежды / Е. В. Панова, И. В. Макеева, Е. Л. Кулаженко, Н. В. Ульянова // Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (ТЕКСТИЛЬ-2011) : тезисы докладов, 29–30 ноября

2011 г. / ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2011. – С. 96–97.

49. Калекин, А. А. Гидравлика и гидравлические машины : учебное пособие / А. А. Калекин. – Москва : Мир, 2005. – 512 с.

50. Калиновская, И. Н. Высокоэффективные технологии получения многослойных текстильных материалов с использованием волокнистых отходов и короткого льняного волокна / И. Н. Калиновская, Е. Л. Кулаженко, Е. В. Чукасова-Ильюшкина // Высокоэффективные технологии как неотъемлемая часть развития современного общества : монография / В. Н. Антонов [и др.]. – Одесса, 2015. – Гл. 7.2. – С. 159–174.

51. Калиновская, И. Н. Определение прочности адгезионного соединения текстильных настенных покрытий и факторов, влияющих на ее величину / И. Н. Калиновская // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2007. – Вып. 13. – С. 8–12.

52. Капустин, И. И. Резание и режущий инструмент : учебное пособие для вузов / И. И. Капустин. – Москва : Гизлегпром, 1950. – 377 с.

53. Клепацкий, Р. А. Комплексная переработка отходов коврового производства / Л. Е. Соколов, Е. Л. Зими́на, Р. А. Клепацкий // Сборник материалов Межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы» (ПОИСК-2018). – Иваново, 2018. – № 1 (1). – С. 13–14.

54. Клепацкий, Р. А. Технология переработки отходов коврового производства / Р. А. Клепацкий, Е. Л. Зими́на, Л. Е. Соколов // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні хімічні технології: екологічність, інновації, ефективність», Херсон, 5–6 жовтня 2017 р. / Херсонський національний університет. – Херсон, 2017. – С. 59.

55. Ковергович, Е. А. Использование нетрадиционных остатков для декорирования одежды на предприятии ЧУП «Орхидея стиль» / Е. А. Ковергович, Е. Л. Кулаженко // Качество товаров: теория и практика : материалы докладов международной научно-практической конференции, Витебск, 15–16 ноября 2012 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2012. – С. 121–123.

56. Ковергович, Е. А. Использование текстильных отходов при производстве многослойных материалов / Е. А. Ковергович, Е. Л. Кулаженко // С наукой в будущее : материалы международной научно-практической конференции высших и средних специальных учебных заведений, Барановичи, 18 мая 2012 г. / УО «Барановичский государственный колледж легкой промышленности им. В. Е. Чернышева». – Барановичи, 2012. – С. 185–188.

57. Ковергович, Е. А. Технологический процесс непрерывного валкового нанесения штапелированных нитей на основу / Е. А. Ковергович, Е. Л. Кулаженко // С наукой в будущее : материалы международной научно-практической конференции высших и средних специальных учебных заведений, Барановичи, 18 мая 2012 г. / УО «Барановичский государственный колледж легкой промышленности им. В. Е. Чернышева». – Барановичи, 2012. – С. 188–191.

58. Коган, А. Г. Технологии переработки текстильных отходов и способы их использования / А. Г. Коган, Е. Л. Зимина // Переработка отходов текстильной и легкой промышленности: теория и практика : материалы докладов Международной научно-практической конференции, Витебск, 30 ноября 2016 г. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2016. – С. 12–14.

59. Кузнецова, А. А. Исследование возможности использования текстильных отходов / А. А. Кузнецова, Н. В. Ульянова, Е. Л. Кулаженко // Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК-2012) : сборник материалов, 23–25 апреля 2012 г. : в 2 ч. / ФГБОУ «ИГТА». – Иваново, 2012. – Ч. 1. – С. 177–178.

60. Королев, И. В. Когезионная прочность битумов в тонких слоях / И. В. Королев, К. С. Дроздов, Б. И. Дегтярев // Строительство и архитектура, 1976. – № 3. – С. 152–156.

61. Кукин, Г. Н. Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы) / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев. – Москва, 1985. – 216 с.

62. Кулаженко, Е. Л. Дизайн изделий бытового назначения из текстильных отходов / Е. Л. Кулаженко, А. К. Ганцевич // Технологии и управление: проблемы, идеи, инновации : материалы международной научно-практической заочной конференции, 29 апреля 2013 г. / Филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского» в г. Твери. – Тверь, 2013. – С. 98–100.

63. Кулаженко, Е. Л. Использование текстильных отходов при производстве многослойных материалов / Е. Л. Кулаженко, А. Г. Коган // Современные технологии и оборудование текстильной промышленности (Текстиль-2008) : тезисы докладов международной научно-технической конференции / Московский государственный текстильный университет имени А. Н. Косыгина ; редкол.: К. И. Кобраков [и др.]. – Москва : ГОУВПО «МГТУ им. А. Н. Косыгина», 2008. – С. 46-47.

64. Кулаженко, Е. Л. Использование текстильных отходов при производстве многослойных материалов / Е. Л. Кулаженко, А. Г. Коган

// Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2008. – Вып. 15. – С. 81–83.

65. Кулаженко, Е. Л. Использование текстильных отходов при производстве многослойных материалов / Е. Л. Кулаженко, А. Г. Коган // Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (ТЕКСТИЛЬ-2008) : тезисы докладов, 11–12 ноября 2008 г. / МГТУ им. А. Н. Косыгина. – Москва, 2008. – С. 46–47.

66. Кулаженко, Е. Л. Исследование движения волокнистых частиц в накопительном бункере при производстве многослойных текстильных материалов / Е. Л. Кулаженко, В. И. Ольшанский ; под рук. д.т.н., проф. А. Г. Когана // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2009. – Вып. 16. – С. 61–66.

67. Кулаженко, Е. Л. Исследование процесса нанесения клея валичным способом / Е. Л. Кулаженко // Материалы докладов 42 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, 2009. – С. 189–191.

68. Кулаженко, Е. Л. Исследование процесса резания упругопластичных материалов / Е. Л. Кулаженко // Вестник учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». – 2009. – Вып. 16. – С. 57–61.

69. Кулаженко, Е. Л. Исследование процесса резания упругопластичных материалов / Е. Л. Кулаженко // Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК–2010) : сборник материалов, 28–30 апреля 2010 г. : в 2 ч. / ИГТА. – Иваново, 2010. – Ч. 1. – С. 72.

70. Кулаженко, Е. Л. Классификация текстильных отходов и вторичная их переработка / Е. Л. Кулаженко, Т. Г. Кирьякова, Н. Н. Бодяло // Материалы докладов 41 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, 2008. – С. 135–136.

71. Кулаженко, Е. Л. Нанесение клея валичным способом на поверхность рулонных материалов / Е. Л. Кулаженко, В. И. Ольшанский // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2011. – № 4 (18). – С. 41–44.

72. Кулаженко, Е. Л. Оптимизация клеевого состава при производстве многослойных материалов на тканой основе / Е. Л. Кулаженко // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2008. – Вып. 15. – С. 83–86.

73. Кулаженко, Е. Л. Оптимизация параметров формирования волокнистого покрытия при производстве композиционных текстильных материалов / Е. Л. Кулаженко, Н. Н. Ясинская, А. Г. Коган // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности

: материалы международной научной конференции / УО «ВГТУ» ; гл. редактор В. В. Пятов. – Витебск : УО «ВГТУ», 2009. – С. 72–74.

74. Кулаженко, Е. Л. Основные направления ресурсосбережения на предприятиях швейной промышленности / Е. Л. Кулаженко, Н. В. Ульянова // Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК-2011) : сборник материалов, 26–28 апреля 2011 г. : в 2 ч. / ИГТА. – Иваново, 2011. – Ч. 1. – С. 209–210.

75. Кулаженко, Е. Л. Перспективы применения отходов текстильной промышленности / Е. Л. Кулаженко, Н. Н. Ясинская, А. Г. Коган // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2008) : сборник материалов международной научно-технической конференции. Ч. 1. / Ивановская государственная текстильная академия; редкол. : Г. И. Чистобородов [и др.]. – Иваново : ИГТА, 2008. – С. 16–17.

76. Кулаженко, Е. Л. Рациональное использование отходов текстильных материалов предприятий Республики Беларусь / Е. Л. Кулаженко, Н. Н. Ясинская // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : тезисы докладов международной научно-технической конференции / Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет» ; редкол. : И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2008. – С. 66–67.

77. Кулаженко, Е. Л. Ресурсосберегающие технологии в швейной промышленности : курс лекций для студентов спец. 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий» специализации 1-50 01 02 01 «Технология швейных изделий» дневной и заочной форм обучения / Е. Л. Кулаженко, Н. В. Ульянова ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2012. – 86 с.

78. Кулаженко, Е. Л. Способ и устройство для формирования волокнистого покрытия при производстве композиционных текстильных материалов / Е. Л. Кулаженко, А. Г. Коган // Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Актуальные проблемы проектирования и технологии изготовления текстильных материалов специального назначения» (ТЕХТЕКСТИЛЬ-2010) : сборник материалов, 20–21 января 2010 г. / ДИТУД (филиал) УлГТУ. – Димитровград, 2010. – С. 67–69.

79. Кулаженко, Е. Л. Способ и устройство для формирования многослойных материалов / Е. Л. Кулаженко, Е. В. Чукасова-Ильющкина // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : тезисы докладов международной научно-технической конференции. Часть 2 / Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет» ; редкол. : И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2009. – С. 35–36.

80. Кулаженко, Е. Л. Технологический процесс непрерывного валкового нанесения штапелированных нитей на основу / Е. Л. Кулаженко, В. И. Ольшанский // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2008. – Вып. 14. – С. 11–14.

81. Кулаженко, Е. Л. Технологический процесс производства многослойных материалов с текстильным покрытием / Е. Л. Кулаженко, Н. Н. Ясинская, А. Г. Коган // Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК-2009) : сборник материалов, 28–30 апреля 2009 г. : в 2 ч. / ГОУ «ИГТА». – Иваново, 2009. – Ч. 1. – С. 22–23.

82. Майзель, М. М. Автоматика, телемеханика и системы управления производственными процессами : учебное пособие для вузов / М. М. Майзель. – Москва : Высшая школа, 1972. – 463 с.

83. Макеева, И. В. Ресурсосберегающие технологии изготовления специальной одежды / И. В. Макеева, Е. В. Панова, Е. Л. Кулаженко // Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (ТЕКСТИЛЬ-2011) : тезисы докладов, 29–30 ноября 2011 г. / ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А. Н. Косыгина». – Москва, 2011. – С. 76.

84. ГОСТ 24684-87. Материалы для одежды. Нормы жесткости. – Минск : Издательство стандартов, 1997. – 24 с.

85. ГОСТ 9913-90. Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию. – Минск : Издательство стандартов, 1990. – 8 с.

86. ГОСТ 10550-93. Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жесткости при изгибе. – Минск : Издательство стандартов, 1997. – 12 с.

87. Милеева, Е. С. Textile wastes and the areas of their application – Текстильные отходы и направления их использования / Е. С. Милеева, Е. Л. Зими́на // Education and science in the 21st century: articles of the International Scientific and Practical Conference, Vitebsk, November 1, 2018 / Vitebsk State Technological University. – Vitebsk, 2018. – P. 35–38.

88. Моделирование процесса производства нетканых материалов методом горячего прессования / Е. Л. Зими́на [и др.] // Моделирование в технике и экономике : сборник материалов докладов международной научно-практической конференции, Витебск, 23–24 марта 2016 г. / Витебский государственный технологический университет. – Витебск, 2016. – С. 180–182.

89. Настенное покрытие : пат. 5436 РБ : МПК : В 32В 29/00 / Е. Л. Кулаженко, Н. Н. Ясинская, Е. В. Чукасова-Ильющкина, А. Г. Коган ; заявитель и патентообладатель УО «ВГТУ». – № и 20080567 ; заявл. 15.07.08 ; опубл. 04.05.09, Бюл. № 4.

90. Национальный статистический комитет Республики Беларусь Охрана окружающей среды в Республике Беларусь (2018).

[Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа : 08.09.2018.

91. Нетканые материалы – история [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rauta.ru/information/history.html>. – Дата доступа : 15.09.2015.

92. Нетканые материалы. История развития отрасли [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.stp-nn.ru/articles/78/>. – Дата доступа : 17.09.2015.

93. Нетканые материалы: классификация, характеристика ассортимента и свойства [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://lektsii.com/1-98740.html>. – Дата доступа : 22.09.2015.

94. Нетканые полотна [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ultratkan.ru/poleznye-stati/netkanue-polotna/>. – Дата доступа : 17.09.2015.

95. Новикова, А. А. Текстильные отходы, как стабилизирующая добавка в асфальтобетоны / А. А. Новикова, Е. Л. Зимина, Н. В. Ульянова // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Молодь – науці і виробництву – 2018: Інноваційні технології легкої промисловості», Херсон, 2018 р. / Херсонський національний університет. – Херсон, 2018. – С. 128–130.

96. Новые виды нетканых материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://studopedia.su/6_24523_novie-vidi-netkanih-materialov.html. – Дата доступа : 28.09.2015.

97. Обои. Технические условия : ГОСТ 6810-2002. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002. – 5 с.

98. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2018. – 228 с.

99. Подполуха, Е. Основные направления ресурсосбережения на предприятиях легкой промышленности / Е. Подполуха, Е. Л. Кулаженко, Н. В. Ульянова // Тезисы докладов 44 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, 2011. – С. 111–112.

100. Подполуха, Е. С. Ресурсосберегающие мероприятия на швейных предприятиях / Е. С. Подполуха, Е. Л. Кулаженко // Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК-2012) : сборник материалов, 23–25 апреля 2012 г. : в 2 ч. / ФГБОУ «ИГТА». – Иваново, 2012. – Ч. 1. – С. 159–160.

101. Попок, Н. Н. Теория резания / Н. Н. Попок. – Новополоцк, 2006. – 228 с.

102. Принципиальные конструктивные особенности современных иглопробивных машин [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.lpb.ru/print.php?id=3641>. – Дата доступа : 28.09.2015.

103. Производство асфальта (асфальтобетона) (2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ideibiznesa.org/proizvodstvo-asfalta-asfaltobetona.html>. – Дата доступа : 20.03.2018.

104. Производство нетканых материалов. Современные технологии производства нетканых материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=516867>. – Дата доступа : 10.10.2015.

105. Разновидности асфальтовых бетонов (2008-2014) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://stroy-spravka.ru/article/raznovidnosti-asfaltovykh-betonov>. – Дата доступа : 10.04.2018.

106. Рациональное использование материальных ресурсов как фактор повышения эффективности производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mark5.ru/46/14622/index1.1.html>. – Дата доступа : 25.04.2017.

107. Ресурсосбережение и эффективность использования ресурсов / Е. Ковергович [и др.] // Материалы докладов 45 республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году книги / УО «ВГТУ». – Витебск, 2012. – С. 425–427.

108. Селезнева, И. И. Ресурсосбережение в швейном производстве / И. И. Селезнева, Р. Н. Филимоненкова, Е. Л. Кулаженко // Материалы докладов 43 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, 2010. – С. 230–231.

109. Способ получения нетканого текстильного материала и устройство для получения нетканого покрытия текстильного материала: пат. № 10383 Респ. Беларусь МПК D 04H 1/00 / Е. В. Чукасова-Ильюшкина, Н. Н. Ясинская, В. И. Ольшанский, А. Г. Коган; заявитель ВГТУ. – № а 20050939; заявл. 30.09.2005; опубл. 28.02.2008 // Афiцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці / 2008. – № 1. – С. 107.

110. Справочник по сварке и склеиванию пластмасс / А. Н. Шестопалов [и др.] / под ред. А. Н. Шестопалова. – Киев : Техніка, 1986. – 192 с.

111. СТБ 1115–2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний. – Минск Госстандарт, 2013. – 39 с.

112. Технический текстиль (геотекстиль) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://brez.ru/info/info-6.html>. – Дата доступа : 18.09.2015.

113. Технологические основы подготовки текстильных отходов к вторичной их переработке / Е. Л. Зими́на [и др.] // Материалы докладов

49 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2016. – Т. 2. – С. 117–120.

114. Трифоненко, Е. Использование текстильных отходов в производстве строительных материалов / Е. Трифоненко, Е. Л. Зимина // Тезисы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной Году науки / УО «ВГТУ». – Витебск, 2017. – С. 193.

115. Трифоненко, Е. Оборудование для измельчения текстильных отходов / Е. Трифоненко, Е. Л. Зимина // Тезисы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной Году науки / УО «ВГТУ». – Витебск, 2017. – С. 194.

116. Умный текстиль [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=956.html. – Дата доступа : 15.10.2015.

117. Фибробетон – применение, характеристики и технология (2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://diskmag.ru/materialy/fibrobeton-harakteristiki.html>. – Дата доступа : 22.09.2017.

118. Физико-химическая технология [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://fashion-portal.com.ua/stati/fiziko-himicheskaya-technologiya-2.html>. – Дата доступа : 29.09.2015.

119. Чукасова-Ильюшкина, Е. В. Использование способа аэродинамического напыления / Е. В. Чукасова-Ильюшкина, Е. Л. Кулаженко // Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (ТЕКСТИЛЬ-2008) : тезисы докладов, 11–12 ноября 2008 г. / МГТУ им. А. Н. Косыгина. – Москва, 2008. – С. 78–79.

120. Чукасова-Ильюшкина, Е. В. Материалы из вторичного сырья как один из путей ресурсосбережения: свойства и перспективы развития / Е. В. Чукасова-Ильюшкина, Е. Л. Кулаженко // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности : материалы международной научной конференции, Витебск, ноябрь 2011 г. : в 2 ч. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2011. – Ч. 2. – С. 283–286.

121. Чукасова-Ильюшкина, Е. В. Технология получения текстильных композиционных многослойных материалов с использованием химических волокон / Е. В. Чукасова-Ильюшкина, Н. Н. Ясинская, А. Г. Коган // Материалы третьей Белорусской научно-практической конференции «Научно-технические проблемы развития производства химических волокон в Беларуси» (с международным участием), Могилев, 13–15 декабря 2006 г. / УО «Могилевский государственный университет продовольствия»; отв. редактор Б. Э. Геллер. – Могилев, 2007. – С. 280–281.

122. Чукасова-Ильюшкина, Е. В. Экономическая перспективность технологий с использованием текстильных вторичных материальных

ресурсов / Е. В. Чукасова-Ильюшкина, Н. Н. Ясинская, Е. Л. Кулаженко // Сборник трудов института экономики и управления / Институт экономики и управления. – Таллин, 2010. – Вып. 10. – С. 214–216.

123. Ясинская, Н. Н. Новые технологии склеивания при формировании многослойных текстильных материалов / Н. Н. Ясинская, Е. Л. Кулаженко, Е. В. Чукасова-Ильюшкина // Тезисы докладов XLII научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ» ; редкол. : В. В. Пятов [и др.]. – Витебск : УО «ВГТУ», 2009. – С. 123.

Витебский государственный технологический университет

Научное издание

Зими́на Елена Леонидовна
Коган Александр Григорьевич
Ольшанский Валерий Иосифович

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Монография

Редактор *Т.А. Осипова*
Корректор *Т.А. Осипова*
Компьютерная верстка *Е.Л. Зими́на*

Подписано к печати 12.06.2019. Формат 60x90^{1/16}. Усл. печ. листов 14,3.
Уч.-изд. листов 17,0. Тираж 100 экз. Заказ № 188.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля.2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.