

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор УО «ВГТУ»

\_\_\_\_\_ С.И. Малашенков

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

***Технология получения новых видов материалов  
с использованием отходов***

Методические указания для практических работ  
по курсу «Технология и оборудование для производства смешанной пряжи и  
комбинированных нитей»  
для студентов специальности 1–50 01 01  
«Производство текстильных материалов»  
специализации 1-50 01 01-01 01  
«Технология и менеджмент прядильного производства»

РЕКОМЕНДОВАНО

Редакционно-издательским  
советом УО «ВГТУ»

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

протокол № \_\_\_\_\_

Витебск  
2012

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

***Технология получения новых видов материалов  
с использованием отходов***

Методические указания для практических работ  
по курсу «Технология и оборудование для производства смешанной пряжи и  
комбинированных нитей»  
для студентов специальности 1–50 01 01  
«Производство текстильных материалов»  
специализации 1-50 01 01-01 01  
«Технология и менеджмент прядильного производства»

Витебск  
2012

УДК 677.08.02. 16./022

Технология получения новых видов материалов с использованием отходов: методические указания для практических работ по курсу «Технология и оборудование для производства смешанной пряжи и комбинированных нитей» для студентов специальности 1–50 01 01 «Производство текстильных материалов» специализации 1-50 01 01-01 01 «Технология и менеджмент прядильного производства»

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2012.

Составители: д.т.н., проф. Коган А.Г.,  
асп. Вербицкая Ю.П.,  
м.н.с. Карпеня А.М.

В методических указаниях описаны конструкция и принцип работы оборудования, применяемого при производстве новых видов материалов с использованием отходов, а также подготовка коротковолокнистых отходов текстильной промышленности, изложена методика технологического расчета разных видов материалов.

Одобрено кафедрой ПНХВ «14» ноября 2012 г., протокол № 6.

Рецензент: к.т.н., доц. Замостоцкий Е.Г.  
Редактор: к.т.н., доц. Соколов Л.Е.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом  
УО «ВГТУ» «\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г., протокол № \_\_\_\_

Ответственный за выпуск: Кунашев В.В.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_ Уч.-изд. лист. \_\_\_\_\_  
Печать ризографическая. Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ \_\_\_\_\_ Цена \_\_\_\_\_

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».  
Лицензия № 02330/0494384 от 16.03.2009.  
210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ	5
2. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ	7
2.1 Технология твердых органо-синтетических волокнистых плит мокрого способа производства	8
2.1.1 Подготовка коротковолокнистых отходов	11
2.1.2 Расчёт количества абсолютно сухой массы волокна, необходимого для одной плиты	15
2.2 Технология получения многослойных органо-синтетических волокнистых плит сухим способом производства	18
2.2.1 Расчёт потребности сырья для производства ОСВП с разным процентным вложением коротковолокнистых отходов	20
2.3 Технология мягких изоляционных синтетических волокнистых плит (СВП-М)	24
2.3.1 Расчёт потребности сырья для производства СВП-М	28
Литература	31

## ВЕДЕНИЕ

Стратегическими целями социально-экономического развития Республики Беларусь являются оздоровление народа и повышение уровня его благосостояния на основе сбалансированного и устойчивого экономического развития, обеспечение рациональной занятости населения и доведение его социальной защищенности до уровня экономически развитых государств. Достижение стратегических целей связано с ускорением и улучшением качественных параметров развития всего народнохозяйственного комплекса страны.

Целевыми ориентирами развития страны на ближайшие годы определены такие, как: производство продукции, соответствующей требованиям мировых стандартов, обеспечение ежегодного прироста объемов производства конкурентоспособной продукции главным образом за счёт снижения издержек производства продукции и повышение рентабельности на базе внедрения новых высокоэффективных видов оборудования и технологий.

Важными направлениями структурной политики Беларуси является концентрация сил и средств на ее эффективных направлениях, ориентация на ресурсосберегающий наукоемкий тип воспроизводства. Это, прежде всего, информационные технологии, микроэлектроника и оборудование для ее производства, приборостроение, точное машиностроение, новые материалы различного назначения, техника для сбыта, биологические и тонкие химические технологии, продукты для медицины и сельского хозяйства, мембранные технологии как наиболее эффективные для экологии и ресурсосбережения.

Использование отходов в качестве вторичного сырья становится целесообразным даже в том случае, если первичное сырье обходится дешевле, чем подготовка отходов для вторичного использования, так как применение первичного сырья сопровождается дополнительными расходами на ликвидацию вредных для окружающей среды отходов.

С этой точки зрения производство органо-синтетических и синтетических волокнистых плит, имеет огромные преимущества в плане использования отходов промышленных предприятий. Поскольку большинство отходов легкой промышленности имеет схожую волокнистую структуру сырья, то его добавка вместо части древесного материала не должна существенно повлиять на качественные показатели всего изделия в целом.

**Цель практической работы:** изучить классификацию текстильных отходов; ознакомиться с основными направлениями использования текстильных отходов; изучить технологические процессы переработки отходов в материалы строительного назначения; изучить технологию подготовки коротковолокнистых отходов к дальнейшей переработке.

### Задание

1. Изучить классификацию текстильных отходов.
2. Изучить и начертить схему основных направлений использования текстильных отходов.
3. Изучить и начертить технологическую схему твердых органо-синтетических волокнистых плит мокрого способа производства.
4. Изучить технологию подготовки коротковолокнистых отходов к дальнейшей переработке.
5. Произвести расчет количества абсолютно сухой массы волокна, необходимого для одной плиты.
6. Изучить и начертить технологическую схему многослойных органо-синтетических волокнистых плит сухим способом производства.
7. Произвести расчет потребности сырья для производства ОСВП с разным процентным вложением коротковолокнистых отходов.
8. Изучить и начертить технологическую схему мягких изоляционных синтетических волокнистых плит (СВП-М).
9. Произвести расчет потребности сырья для производства СВП-М.

## 1 КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Волокнистые отходы легкой промышленности классифицируют в зависимости от источника их образования по подотраслям текстильной промышленности на хлопчатобумажные, льняные, пенько-джутовые, шерстяные, шелковые; по подотраслям легкой промышленности на трикотажные и швейные.

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:

К первой группе могут быть отнесены так называемые *волокнистые отходы* производства, характеризующиеся высоким качеством, и которые, как правило, не выходят за стены тех предприятий, где они образуются, а подлежат

переработке в основную или дополнительную продукцию без применения специального оборудования. По виду сырья волокнистые отходы подразделяют на три группы: из натурального сырья, из химического сырья и из смешанного сырья, т. е. из смеси натурального и химического сырья.

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.

К третьей группе относятся *текстильные отходы производства и потребления, состоящие из химических, хлопковых и смешанных волокон,* которые вследствие отсутствия щипального оборудования не могут быть в настоящее время разволокнены и переработаны в продукцию ответственного назначения, а используются чаще всего как обтирочный материал или просто выбрасываются на свалки.

К четвертой группе текстильных материалов относятся *низкосортные отходы производства,* такие как волокно искусственного меха невозвратное, короткое, от стабилизации, стрижки и глажения. Диаграмма распределения длин волокон в коротковолокнистых отходах после стрижки искусственного меха представлена на рисунке 1.1.

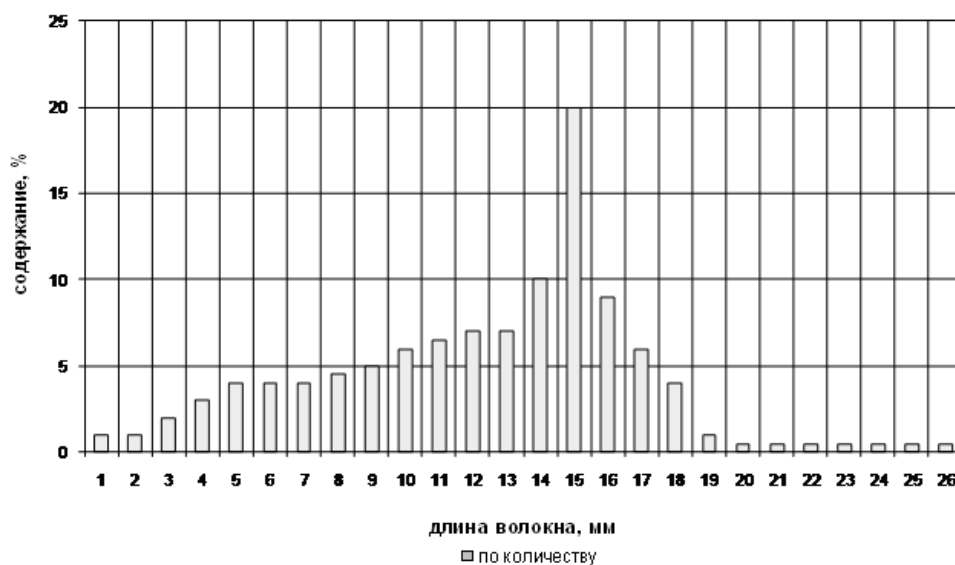


Рисунок 1.1 – Диаграмма распределения длин волокон в коротковолокнистых отходах после стрижки искусственного меха

Коротковолокнистые отходы образуются в основном на подготовительном участке (34 % от используемого сырья) и т. п., которые практически непригодны для производства текстильной продукции.

В настоящее время отходы этой группы чаще всего подвергаются уничтожению посредством сжигания или выбрасывания на свалки. Однако при на-

личии измельчающего оборудования они могут быть использованы, например, для получения композиционных материалов, применяемых, в свою очередь, для изготовления волокнистых строительных плит [1].

## 2 ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ

### Направления использования отходов лёгкой промышленности (кноп стригальный)

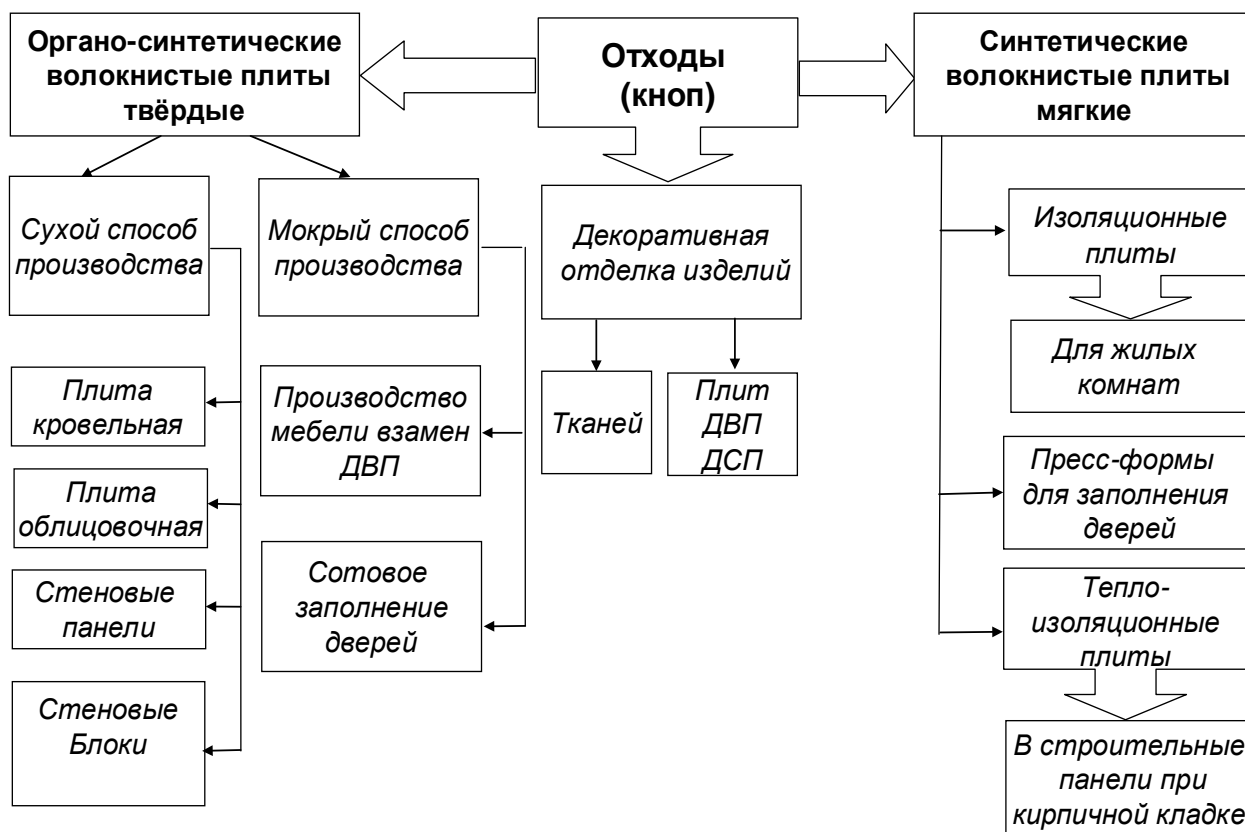


Рисунок 2.1 – Направления использования отходов лёгкой промышленности (кноп стригальный)

### Технологические процессы переработки отходов в строительных материалах

Решением проблемы переработки и применения коротковолокнистых отходов может стать внедрение их в строительные материалы. Известно несколько видов композиционных стройматериалов с использованием волокон. Это сухие строительные смеси, армированные волокнами, для придания дополнительных прочностных свойств цементному камню; это прессованные теплоизоляционные плиты с наполнением из волокон; это декоративно-отделочные материалы – текстильные обои с волокнистыми вкраплениями и «жидкие обои» [2].



## **2.1 Технология твердых органо-синтетических волокнистых плит мокрого способа производства**

Органо-синтетические волокнистые плиты изготавливаются по технологии древесноволокнистых плит с введением дополнительной технологической операции – подготовка коротковолокнистых текстильных отходов.

Древесноволокнистые плиты изготавливаются по мокрому способу производства, который состоит из следующих технологических операций:

1. Подготовка сырья к производству.
2. Изготовление древесной массы 1-й ступени помола.
3. Изготовление древесной массы 2-й ступени помола.
4. Подготовка проклеивающих составов.
5. Хранение, транспортирование и проклейка древесноволокнистой массы.
6. Формирование древесноволокнистого ковра.
7. Горячее прессование плит.
8. Послепрессовая обработка плит (термообработка и увлажнение).
9. Форматный раскрой плит.
10. Упаковка плит.

На рисунке 2.2 представлена разработанная схема получения органо-синтетических волокнистых плит твердых.

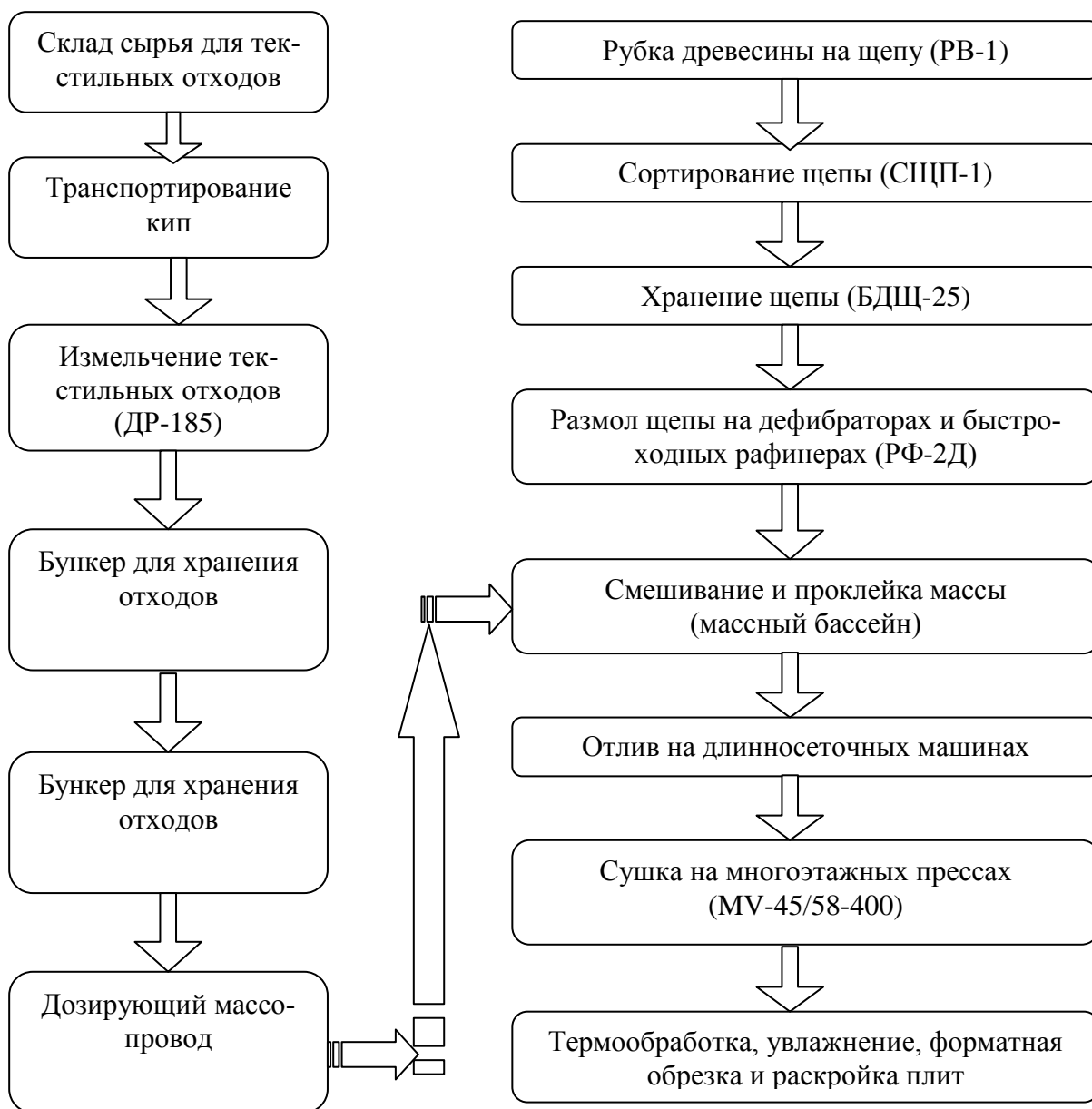


Рисунок 2.2 – Технологическая схема производства композиционных строительных плит

Древесное сырье в виде дров или отходов подается транспортером с биржи сырья в дроворубочный цех. При наличии рубительных машин, приспособленных для рубки длинника, можно обойтись без распиловки, то есть подавать балансы непосредственно в патрон рубительной машины. В этом случае уменьшается количество отходов древесины на опилки при поперечной распиловке (0,3 %). В иных случаях длинник распиливают на 2—2,5-метровые отрезки при помощи поперечных одиночных пил или (при большой производительности предприятия) на многопильных станках — слешерах. На рубительной машине древесина превращается в щепу, которая при помощи сортировки разделяется на щепу нормального размера, мелочь и крупные щепки. Последние подвергают дополнительному измельчению на дезинтеграторах и возвращают после этого на повторное сортирование. Однородность щепы обеспечивает нормальные условия работы размалывающих аппаратов. Однородная щепка рав-

номернее прогревается при пропарке, лучше держит «пробку» в загрузочной камере дефибраторов, улучшает качество древесноволокнистой массы. Отсортированная щепа транспортируется в главный бункер. Из бункера щепа при помощи вибрационного или дискового питателя равномерно поступает на распределительный транспортер, подающий ее к малым бункерам дефибраторов. Обратной ветвью транспортера излишек щепы возвращается в главный бункер при помощи дополнительных транспортеров. Из малых бункеров при помощи вибрационных механических питателей щепа подается равномерно и непрерывно в загрузочную камеру дефибратора или быстроходного рафинера, подвергается первому размолу, а затем — дополнительному размолу на рафинаторах.

Пройдя дополнительный (выравнивающий) размол на рафинаторах, масса поступает в массный бассейн.

На этой стадии производства композиционных строительных плит с использованием коротковолокнистых отходов текстильной промышленности, текстильные отходы смешиваются с древесным волокном. Из склада сырья отходы транспортируются на транспортировщике кип в цех ДВП. Подготовка отходов осуществляется на измельчителе универсальном ДР-185. По ленточному транспортеру подготовленные отходы поступают в бункер для хранения волокна. Далее по массопроводу они подаются в массный бассейн, где происходит смешивание компонентов. Из бассейна масса подается в регулятор концентрации. При непрерывной проклейке масса с отрегулированной концентрацией подается в ящик проклеивания, куда одновременно через дозаторы поступают приготовленные растворы парафиновой эмульсии. Проклеенная масса подается в смесительный насос, где она смешивается с кислой оборотной водой, поступающей из бака кислых оборотных вод, и затем переливается в напорный бак отливной машины. Для производства твердых плит применяются машины с плоской сеткой. Пройдя регистровую часть, сформованная плита частично обезвоживается на сетке и далее поступает на сосуны. На них происходит дальнейшее обезвоживание волокнистой плиты, а сосунная вода перекачивается в ловушку. Пройдя ловушку, эта вода идет в сток. Волокнистая плита, пройдя сосунную часть машины, поступает на форпрессы и далее на гауч-пресс. Отжимаемая с прессов вода идет на ловушку, а волокнистая плита подвергается предварительной продольной обрезке и поперечной распиловке. Получающиеся при этом обрезки поступают в гидроразбиватель и возвращаются в общий поток через бассейн не регулируемой массы. Поперечная распиловка влажного полотна на отдельные плиты необходима ввиду того, что сушильные устройства приспособлены для отдельных плит, а не для непрерывного полотна, которое получается на отливной машине. Распиленные влажные плиты поступают на дифференциальный транспортер, имеющий на своих двух половинах различные скорости. Это обеспечивает создание между плитами разрывов, необходимых для работы стоящего далее 25-этажного вертикального подъемника, на полки которого поступают влажные плиты на подкладных стальных листах.

Последние поступают под влажные плиты в момент их схода с дифференциального транспортера.

После загрузки всех этажей клетки подъемника толкатель производит перегрузку плит вместе с подкладными листами на полки горячего пресса, где осуществляется процесс обезвоживания плит механическим отжимом, а затем сушкой на стальных плитах, обогреваемых паром.

После сушки плит пресс открывают и производят разгрузку всех этажей одновременно с помощью разгрузочного толкателя на полки клетки вертикального разгрузочного подъемника. С последней плиты разгружаются на роликовый транспортер, на котором подкладочные листы отделяются от сухих волокнистых плит и возвращаются по обводному транспортеру в исходное положение. Волокнистые сухие плиты поступают на термообработку в закалочные камеры, затем в увлажнительные камеры или станки увлажнения непрерывного действия. Наконец, плиты подвергаются разделке и обрезке кромок на форматных продольных и поперечных станках, упаковываются и поступают на склад готовой продукции [3].

### **2.1.1 Подготовка коротковолокнистых отходов**

Для подготовки ворса коротковолокнистые химические отходы необходимо подвергнуть процессу измельчения. Выбор способа, типа и рациональной конструкции машины для измельчения базируется на анализе свойств с учетом размера измельченного материала и различных требований к крупности готового продукта.

Для разработки технологического процесса подготовки ворса выбран метод измельчения способом резания. Данный способ позволяет полностью управлять процессом и получать волокна заданной длины в зависимости от выбранных технологических и конструктивных параметров. Для измельчения неоднородной волокнистой массы принята дробилка роторная ДР-185, внешний вид которой приведен на рисунке 2.3.

Дробилка состоит из следующих узлов: загрузочного бункера с падающей заслонкой 1, предназначенной для загрузки отходов; бункер выполнен из листовой стали, конструкция его сварная; камеры резания 2, в которой установлены выдвижная сетка; два неподвижных ножа с возможностью регулировки их осевого положения; ротор с шестью ножами, вращающийся на двух радиальных подшипниках качения; шкафа выгрузки сварной конструкции 3, которая предназначена для размещения в нем приемной тары; электродвигателя 4.

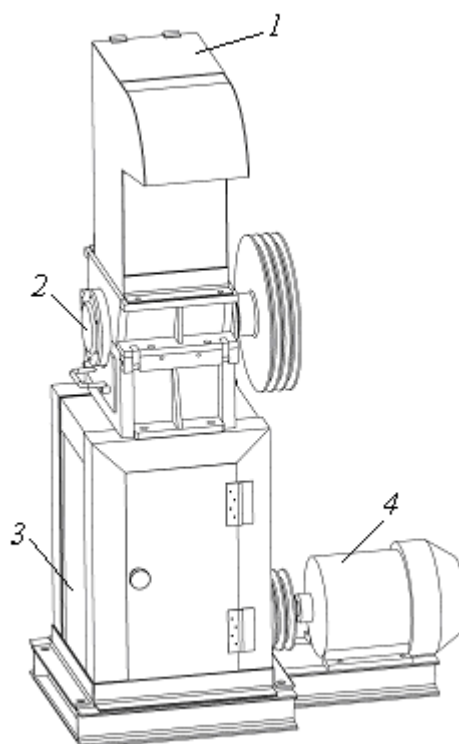


Рисунок 2.3 – Дробилка ДР-185

Принцип работы дробилки заключается в следующем. В загрузочный бункер загружаются коротковолокнистые отходы, измельчение которых происходит между вращающимися ножами ротора и неподвижными ножами, установленными в камере резания дробилки. Максимальный размер измельченных частиц определяется как разводкой между подвижными и неподвижными ножами, так и диаметром отверстий в выдвижной сетке, установленной в нижней части камеры резания. Проваливаясь в отверстия выдвижной сетки, измельченные частицы попадают в приемную тару, установленную в шкафу выгрузки.

Исходными данными для установления технологических параметров дробилки являются:

- степень измельчения, которая определяется соотношением средневзвешенных размеров частиц материала до и после измельчения:

$$i = \frac{d}{d_0}, \quad (2.1)$$

где  $d$  и  $d_0$  – средние эквивалентные диаметры частиц до и после измельчения соответственно, м.

- плотность вещества частиц,  $\rho = 1300$ , кг/м<sup>3</sup>;
- плотность стали  $\rho_c = 7850$  кг/м<sup>3</sup>;
- продолжительность удара ножа по частице,  $t = 10^{-2}$ с;
- сила сопротивления частицы  $P = 9$  сН;

- усредненная масса частицы  $m = 0,01$  г.

- размеры ножа: длина ножа 200 мм, ширина ножа 100 мм, толщина ножа 10 мм.

Начальная скорость частиц равна нулю, а минимально необходимая окружная скорость ножей, м/с равна:

$$V = Pt / m . \quad (2.2)$$

Исходя из размеров ножа, его минимальная угловая скорость равна:

$$\omega = V / R . \quad (2.3)$$

Масса стального ножа определяется по формуле

$$m_n = V_n \rho_s . \quad (2.4)$$

Центробежная сила инерции ножа равна:

$$P_n = m_n \omega^2 R . \quad (2.5)$$

По угловой скорости определена минимальная частота вращения ротора:

$$n = 30 \omega / \pi . \quad (2.6)$$

Производительность дробилки равна:

$$П = 1,66 D p L^2 p n . \quad (2.7)$$

Расчетная мощность дробилки равна:

$$N = 360 . \quad (2.8)$$

Принятые параметры дробилки представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные конструктивные параметры дробилки ДР – 185

Показатель	Единицы измерения	Значение
Конечный продукт	-	волокнистая масса
Степень измельчения	-	20
Зазор между подвижным и неподвижными ножами	м	0,001
Частота вращения ротора, не менее	мин <sup>-1</sup>	1000 – 3000
Производительность дробилки	кг/ч	6 – 10
Установленная мощность дробилки	кВт	3,0

Измельчение есть процесс уменьшения геометрических размеров частиц полимеров, неизбежно сопровождающийся незначительным естественным изменением их объёмных и поверхностных свойств.

Распределение волокон по длине после процесса подготовки представлено на рисунке 2.4.

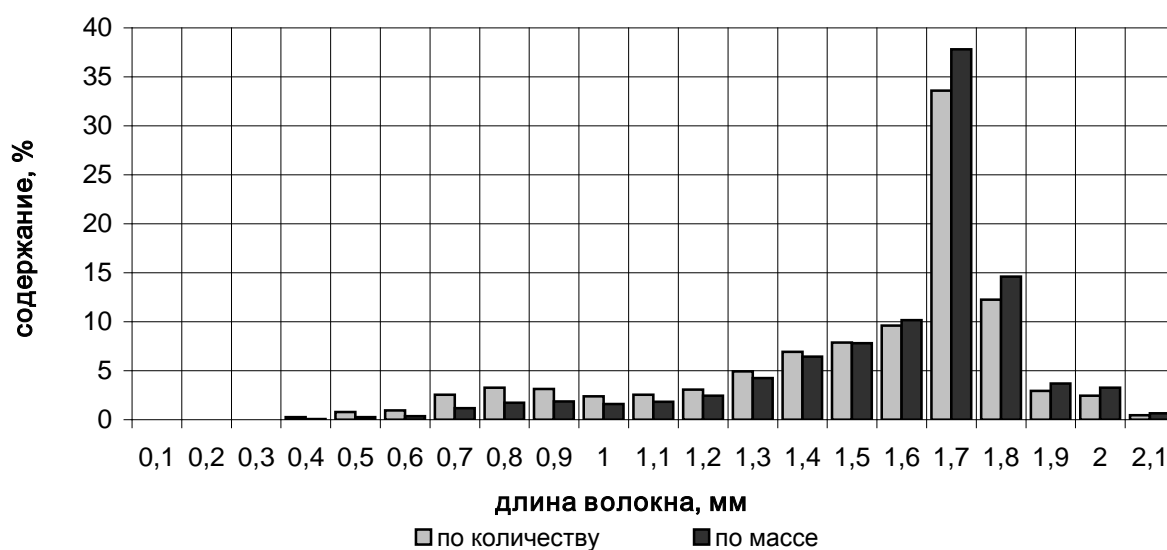


Рисунок 2.4 – Диаграмма распределения химических волокон по длине в отходе кноп стригальный после подготовки

В зависимости от назначения и принципа действия в машинах для измельчения могут использоваться различные виды нагрузок: раздавливание, излом, раскалывание, истирание и удар.

Для разработки технологического процесса подготовки ворса выбран метод измельчения ударным способом с использованием роторной дробилки. Данный способ позволяет полностью управлять процессом и получать волокна заданной длины в зависимости от выбранных технологических и конструктивных параметров оборудования. Подготовленные отходы по конвейеру транс-

портируются на последующие технологические переходы, в машинный бассейн, где происходит смешивание компонентов ОСВП [4].

### 2.1.2 Расчёт количества абсолютно сухой массы волокна, необходимого для навески одной плиты

Для расчёта количества необходимого сырья при производстве композиционных строительных плит возьмём за основу размеры стандартной плиты ОСВП:

- размер плиты	274,5x175,0 см;
- толщина	0,32 см;
- плотность	0,950 г/см <sup>3</sup> .

Расчёт массы абсолютно сухого древесного волокна, необходимого для производства одной плиты, ведется по следующей формуле:

$$Q_c = a \times b \times h \times \gamma, \quad (2.9)$$

где  $a$  – ширина готовой плиты, см;

$b$  – длина готовой плиты, см;

$h$  – толщина готовой плиты, см;

$\gamma$  – плотность, г/см<sup>3</sup>;

Для расчёта массы абсолютно сухого древесного волокна необходимо определить влажность волокна:

$$W = \frac{q_1 - q_0}{q_0} \times 100 \%, \quad (2.10)$$

$q_1$  – масса волокна во влажном состоянии, г;

$q_0$  – масса сухого волокна, г.

Для расчета массы волокна с учётом влажности волокна воспользуемся следующей формулой:

$$Q = \frac{Q_c \times 100}{C}, \quad (2.11)$$

где  $C$  – сухость волокна;

$$C = \frac{m_o \times 100}{m_{\text{общ}}}, \quad (2.12)$$

где  $m_o$  – абсолютно сухая масса;

$m_{\text{общ}}$  – масса влажного волокна.

Для определения влажности волокна произведен отбор проб рафинаторной массы:



Таблица 2.2 – Масса волокна в отобранных навесках

$q_1, \text{г}$	$q_0, \text{г}$
20	5,46
	5,51
	5,41
	5,53
	5,50
	5,54
	5,78

Подставляем полученные данные в формулу 2.1 и находим влажность волокна в каждой навеске:

$$W_i = \frac{q_1 - q_0}{q_0} \times 100 \text{ \%}.$$

Определим среднюю влажность волокон:

$$W_{cp} = \frac{W_1 + \dots + W_n}{n} \text{ \%}. \quad (2.13)$$

Расчет массы с учётом влажности волокна:

$$Q = \frac{Q_{ср} \times W}{100} \text{ г}. \quad (2.14)$$

Содержание а.с.в. в 1 литре воды:

$$Q_{\text{а.с.в. в 1л.}} = \frac{m \times W_{cp}}{100} \text{ г}. \quad (2.15)$$

Количество литров рафинаторной массы для 1 листа ДВП

$$Q_l = \frac{Q_c \times 1}{Q_{\text{а.с.в. в 1л.}}} \text{ л}. \quad (2.16)$$

Количество карбамидоформальдегидной смолы берётся из расчёта 1% от общей массы:

$$Q_{\text{смолы}} = \frac{Q_{\text{а.с.в.}} \times 1}{100} \text{ г}. \quad (2.17)$$

Количество парафиновой эмульсии берётся из расчёта 15% от общей массы:

$$Q_{\text{параф.эм}} = \frac{Q_{\text{а.с.в.}} \times 15}{100} \text{ г}. \quad (2.18)$$

**Пример:**

$$Q_c = a \times b \times h \times \gamma = 274,5 \times 175,0 \times 0,32 \times 0,95 = 14603,4 \text{ г}.$$

Для определения влажности волокна произведен отбор проб рафинаторной массы: таблица 2.2.

Подставляем полученные данные в формулу 2.13 и находим влажность волокна в каждой навеске:

$$W_1 = \frac{q_1 - q_0}{q_0} \times 100 = \frac{20 - 5,46}{5,46} \times 100 = 26,7 \text{ \%};$$

$$W_2 = \frac{q_1 - q_0}{q_0} \times 100 = \frac{20 - 5,51}{5,51} \times 100 = 26,3 \text{ \%};$$

$$W_3 = \frac{q_1 - q_0}{q_0} \times 100 = \frac{20 - 5,41}{5,41} \times 100 = 27 \text{ \%};$$

$$W_4 = \frac{q_1 - q_0}{q_0} \times 100 = \frac{20 - 5,53}{5,53} \times 100 = 26,2 \text{ \%};$$

$$W_5 = \frac{q_1 - q_0}{q_0} \times 100 = \frac{20 - 5,50}{5,50} \times 100 = 26,4 \text{ \%};$$

$$W_6 = \frac{q_1 - q_0}{q_0} \times 100 = \frac{20 - 5,54}{5,54} \times 100 = 26,1 \text{ \%};$$

$$W_7 = \frac{q_1 - q_0}{q_0} \times 100 = \frac{20 - 5,78}{5,78} \times 100 = 25 \text{ \%}.$$

Определим среднюю влажность волокон:

$$W_{cp} = \frac{W_1 + \dots + W_n}{n} = \frac{26,7 + 26,3 + 27 + 26,2 + 26,4 + 26,1 + 25}{7} = 26.$$

Расчет массы с учётом влажности волокна:

$$Q = \frac{Q_{ср} \times W}{100} = \frac{14603,4 \times 26}{100} = 3796,88 \text{ г}.$$

Количество литров рафинаторной массы для одного листа ДВП:

$$Q_{a.c.m} = 10806,52 \text{ г}.$$

Масса волокна в 1 литре рафинаторной массы послеотжима:

$$m = 124,6 \text{ г}.$$

Содержание а.с.в. в 1 литре воды:

$$Q_{a.c.m \text{ в 1л.}} = \frac{m \times W_{cp}}{100} = \frac{124,6 \times 26}{100} = 32,4 \text{ г}.$$

Количество литров рафинаторной массы для 1 листа ДВП

$$Q_l = \frac{Q_c \times 1}{Q_{a.c.m \text{ в 1л.}}} = \frac{14603,4 \times 1}{32,4} = 450,7 \text{ л}.$$

Количество карбамидоформальдегидной смолы берётся из расчёта 1% от общей массы:

$$Q_{смолы} = \frac{Q_{a.c.m.} \times 1}{100} = \frac{10806,52 \times 1}{100} = 108,1 \text{ г}.$$

Количество парафиновой эмульсии берётся из расчёта 15% от общей массы:

$$Q_{параф.эм} = \frac{Q_{a.c.m.} \times 15}{100} = \frac{10806,52 \times 15}{100} = 1620,99 \text{ г}.$$

В зависимости от требуемых показателей качества ОСВП следует вырабатывать их с определенным сочетанием температуры прессования и доли вложения текстильных волокон. Для получения комбинированных ОСВП с наилучшими физико-механическими свойствами: плотность – 940-950 кг/м<sup>3</sup>, прочность при изгибе – 20-22 МПа, разбухание – 17%, их рекомендуется производить при температуре прессования 165 °С и долей вложения текстильных отходов 35%.



Рисунок 2.5 – Плита органо-синтетическая твердая (ОСВП) (мокрый способ производства)

Состав ОСВП №1: 50 % текстильные отходы (кноп стригальный), 50 % древесное волокно.

Предел прочности при изгибе, МПа – 20 (норма 18).

Плотность образца, кг/м<sup>3</sup> – 870 (н. 850).

Разбухание по толщине, % – 21 (н. 23).

Состав ОСВП № 2: 30 % текстильные отходы (кноп стригальный), 70 % древесное волокно.

Предел прочности при изгибе, МПа – 22 (норма 18).

Плотность образца, кг/м<sup>3</sup> – 918 (н. 850).

Разбухание по толщине, % – 20 (н. 23).

## **2.2 Технология получения многослойных органо-синтетических волокнистых плит сухим способом производства**

1. Одним из полупродуктов в производстве многослойных органо-синтетических волокнистых плит является измельченная в стружку древесина. Форма и размер стружки влияют на качество плит (прочность, шероховатость поверхности и т. д.). Поэтому для наружных слоев трехслойных органо-синтетических волокнистых плит длина стружки должна быть 16—20 мм, ширина 2—4 мм толщина 0,15—0,20 мм, или длина стружки должна быть равна

30—40 мм, ширина 2—8 мм, толщина 0,30—0,40 мм. А для внутреннего слоя используются коротковолокнистые отходы (кноп стригальный). Древесные отходы, поступающие в производство органо-синтетических волокнистых плит, не соответствуют приведенным выше размерам. Поэтому отходы подвергают измельчению, которое осуществляется в два приема. Первичное измельчение обычно определяет размер древесных частиц по длине. Размер частиц по ширине устанавливается в результате вторичного измельчения. Толщина же стружки в зависимости от метода измельчения может определяться или при первичном, или при вторичном измельчении.

2. Сушка. Чтобы уменьшить расход энергии на изготовление стружки и получить при этом минимальное количество пыли, влажность перерабатываемой древесины должна быть выше точки насыщения волокна, т. е. более 30 %. Древесные частицы подаются в загрузочную воронку сушильного барабана агрегата и под действием разряженного воздуха постепенно перемещаются к выходу, пересыпаясь с полки на полку внутренних насадок барабана. Высушенная стружка направляется в циклоны, где стружка сыпается в два вертикальных бункера сухой стружки.

3. Подготовка текстильных отходов (дробление).

Для получения новых видов материалов, органо-синтетических волокнистых плит (ОСВП) необходимо подобрать такие показатели отходов, которые были приближены по своим геометрическим свойствам к древесному волокну. Для измельчения неоднородной волокнистой массы использовалась дробилка роторного типа ДР-185 (рисунок 2.3).

После обработки экспериментальных данных было установлено, что для получения волокнистой смеси, в которой волокна будут иметь среднюю длину 3 – 5 мм, с коэффициентом вариации не более 20 % и с долей спекшихся волокон не более 4 %, ее рекомендуется готовить при следующих технологических параметрах:

- частота вращения 2000 об/мин;
- масса порции одной загрузки 200 граммов;
- число дроблений 1 раз.

4. В производстве древесных плит связующим называют вещество, предназначенное для склеивания между собой древесных частиц или волокон в сформированном ковре в процессе горячего прессования материала. Для водостойких ОСВП используют фенолоформальдегидную смолу.

Проклейка древесноволокнистой массы производится с целью придания плитам водостойкости и повышения механической прочности.

Процесс смешивания компонентов ОСВП со связующим оказывает существенное влияние на качество и на себестоимость плит. Это объясняется тем, что стоимость связующего составляет 20—30 % себестоимости плит, а прочность плит резко возрастает с увеличением расхода связующего. В связи с этим хорошее смешивание древесных частиц со связующим имеет очень большое значение.

Смешивание проводят с целью равномерного покрытия поверхности стружки связующим. Достичь этого довольно затруднительно, так как объем связующего очень мал по сравнению с объемом и поверхностью стружки. Поэтому связующее наносится на стружку распылением посредством пневматических форсунок.

5. Задачей формирования является дозирование и равномерное распределение стружки по площади пакета, что необходимо для получения одинаковых показателей толщины и прочности по всей площади плиты.

Дозирование проводится в целях получения постоянного количества стружки и ворса на один пакет, а также на единицу поверхности пакета.

Формирование пакетов заключается в равномерном распределении древесных частиц по площади в наружном слое и равномерном распределении текстильных отходов во внутреннем слое.

6. Прессование органо-синтетических волокнистых плит осуществляется с приложением прессующего усилия перпендикулярно плоскости плиты. При таком способе изготовления плит объемистую стружечную массу необходимо превратить в плоский пакет. Прессование – эта операция в большой степени определяет качество плит и производительность всей установки.

Процесс плоского прессования органо-синтетических волокнистых плит стружечных осуществляется периодически. При прессовании один или несколько пакетов загружаются в горячий пресс, прессуются по заданному режиму (общее время выдержки – 7 минут, при температуре прессования – 180 °С и давлении 2,5 МПа) и затем выгружаются из пресса. Таким образом, пресс периодически загружается и разгружается.

7. Обработка плит. Горячие прессы для производства плит работают без охлаждения. Причиной этого является то, что охлаждение плит в прессе не улучшает качество плит и вызывает значительное снижение производительности прессы и повышение расхода тепла. Поэтому древесностружечные плиты выгружают из прессы горячими. После выгрузки из прессы плиты сначала выдерживают, а затем обрезают по формату. Выдержка плит осуществляется в плотных стопах в отапливаемом помещении в течение 5 — 8 суток, что обеспечивает их постепенное равномерное охлаждение и окончательное отверждение связующего.

Чтобы обеспечить одинаковые размеры органо-синтетические волокнистые плиты по толщине и иметь ровные, гладкие их поверхности, а также устранить отдельные производственные дефекты (вмятины, загрязнения и т. п.), плиты необходимо шлифовать. Шлифовку следует производить равномерно с обеих сторон во избежание коробления [5].

## 2.2.1 Расчёт потребности сырья для производства ОСВП с разным вложением коротковолокнистых отходов текстильной промышленности

Расчет количества сырья, используемого для производства плит с разным процентом вложения отходов коврового производства.

Производимая плита имеет следующие размеры:

Длина – 3700 мм.

Ширина – 1700 мм.

Толщина – 16 мм.

Плотность плиты  $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$ .

Рассчитаем объем плиты:

$$V_{пл} = a \times b \times h \text{ м}^3, \quad (2.19)$$

где  $a$  – ширина готовой плиты, см;

$b$  – длина готовой плиты, см;

$h$  – толщина готовой плиты, см;

Масса плиты рассчитывается по формуле

$$m_{пл} = \rho \times V_{пл} \text{ кг}, \quad (2.20)$$

где  $\rho$  – плотность,  $\text{кг/м}^3$ ;

$V_{пл}$  – объем плиты,  $\text{м}^3$ .

По данным предприятия на  $1 \text{ м}^3$  плиты вводят 120 кг карбомидоформальдегидной смолы, а во внутренний слой добавляют на  $1 \text{ м}^3$  5,2 кг отвердителя.

Рассчитаем массу карбомидоформальдегидной смолы на одну плиту по формуле

$$m_{см1пл} = V_{пл} \times m_{см} \text{ кг}, \quad (2.21)$$

где  $m_{см}$  – масса карбомидоформальдегидной смолы.

Рассчитаем массу отвердителя на одну плиту по формуле:

$$m_{отв1пл} = V_{пл} \times m_{отв} \text{ кг}. \quad (2.22)$$

Рассчитаем массу компонентов, требуемых для производства плиты с 30 % вложением отходов текстильного производства во внутреннем слое.

Масса щепы без учета отходов и оборотов рассчитывается по формуле

$$m_{щ} = m_{пл} \times \% \text{ сырья кг}, \quad (2.23)$$

где  $m_{щ}$  – масса щепы.

Масса кнопа рассчитывается по формуле 2.4:

$$m_{кп} = m_{пл} \times \% \text{ сырья, кг}.$$

Объем внутреннего слоя:

$$V_{внсл} = V_{пл} \times \% \text{ сырья, м}^3. \quad (2.24)$$

Объем наружного слоя:

$$V_{нарсл} = V_{пл} \times \% \text{ сырья, м}^3. \quad (2.25)$$

Смола:

Наружный слой 70 %:

$$m_{смнар} = m_{см1пл} \times \% \text{ сырья, кг}; \quad (2.26)$$

внутренний слой 30 %:

$$m_{смвн} = m_{см1пл} \times \% \text{ сырья, кг}. \quad (2.27)$$

Отвердитель:

$$m_{отв} = V_{внсл} \times m_{отв1пл}, \text{ кг}. \quad (2.28)$$

Данные о выходе отходов и полуфабрикатов, а также потребности в сырье сведены в таблице 2.1. Масса сырья с учетом отходов и оборотов:

$$m'_{щ} = 51,08 \text{ кг.}$$

Масса кнопа

$$m'_{кн} = 21,8 \text{ кг.}$$

Смола:

Наружный слой 70 %:

$$m'_{смнар} = 8,76 \text{ кг.}$$

Внутренний слой 30 %:

$$m'_{смвн} = 3,47 \text{ кг.}$$

Отвердитель:

$$m'_{отв} = 0,16 \text{ кг.}$$

Таблица 2.3 – Распределение отходов по переходам

Наименование оборотов и отходов	Подготовка щепы					Подготовка ворса		Процессы формирования плиты			Всего
	Разделка сырья	Измельчение в щепу	Сушка щепы	Сортировка щепы	Смешивание щепы со связующим	Дробление ворса	Смешивание ворса со связующим	Формирование пакета	Прессование пакета	Обрезка плиты	
Возвратные потери, %								1			<b>1</b>
Б/в потери, %	0,4				0,2		0,2		1,66	0,2	<b>2,66</b>
Всего, %	0,4				0,2		0,2	1	1,66	0,2	<b>3,66</b>
Выход продукта и п/ф, %											
Для древесного сырья	99,6	99,6	99,6	99,6	99,4			98,4	96,74	96,54	
Для ворса						100	99,8	98,8	97,14	96,94	
Потребность в древесном сырье, кг	50,88				50,77			50,26	49,42	49,31	<b>51,08</b>
Потребность в ворсе, кг						21,80	21,76	21,54	21,18	21,13	<b>21,80</b>

продолжение таблицы 2.3

Потребность в смоле для наружного слоя, кг					8,70			8,62	8,47	8,45	<b>8,76</b>
Потребность в смоле для внутреннего слоя, кг						3,74	3,73	3,69	3,63	3,62	<b>3,74</b>
Потребность в отвердителе, кг						0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	<b>0,16</b>



Рисунок 2.6 – Плита органо-синтетическая стружечная (ОСВПс)

Сухой способ производства

Состав: 30 % текстильные отходы (кноп стригальный), 30 % отходы подносков, 40 % древесная стружка

Предел прочности при изгибе, МПа – 35 (норма 16 – 18).

Плотность образца, кг/м<sup>3</sup> – 850 (норма 550 – 820).

Разбухание по толщине, % – 8 (норма 22 – 33).



Рисунок 2.7 – Плита органо-синтетическая стружечная (ОСВПс)

Сухой способ производства

Состав: 40 % текстильные отходы (кноп стригальный), 60 % древесная стружка (многослойная).

Предел прочности при изгибе, МПа – 27 (норма 16 – 18).

Плотность образца, кг/м<sup>3</sup> – 750 (норма 550 – 820).



Разбухание по толщине, % – 18 (норма 22 – 33).



Рисунок 2.8 – Плита органо-синтетическая стружечная (ОСВПс)

Сухой способ производства

Состав: 30 % текстильные отходы (кноп стригальный), 70 % древесная стружка (однослойная).

Предел прочности при изгибе, МПа – 30 (норма 16 – 18).

Плотность образца, кг/м<sup>3</sup> – 750 (норма 550 – 820).

Разбухание по толщине, % – 12 (норма 22 – 33).

### **2.3 Технология мягких изоляционных синтетических волокнистых плит (СВП-М)**

Синтетические мягкие плиты изготавливаются методом горячего плоского прессования по сухому способу производства (рис. 2.4), который состоит из следующих технологических операций:

1. Хранение, транспортирование сырья.
2. Подготовка сырья к производству.
3. Подготовка проклеивающих составов.
4. Проклейка волокнистой массы.
5. Формирование ковра.
6. Холодное прессование плит (подпрессовка).
7. Горячее прессование плит.
8. Форматный раскрой плит и охлаждение.
9. Послепрессовая обработка. Упаковка плит.

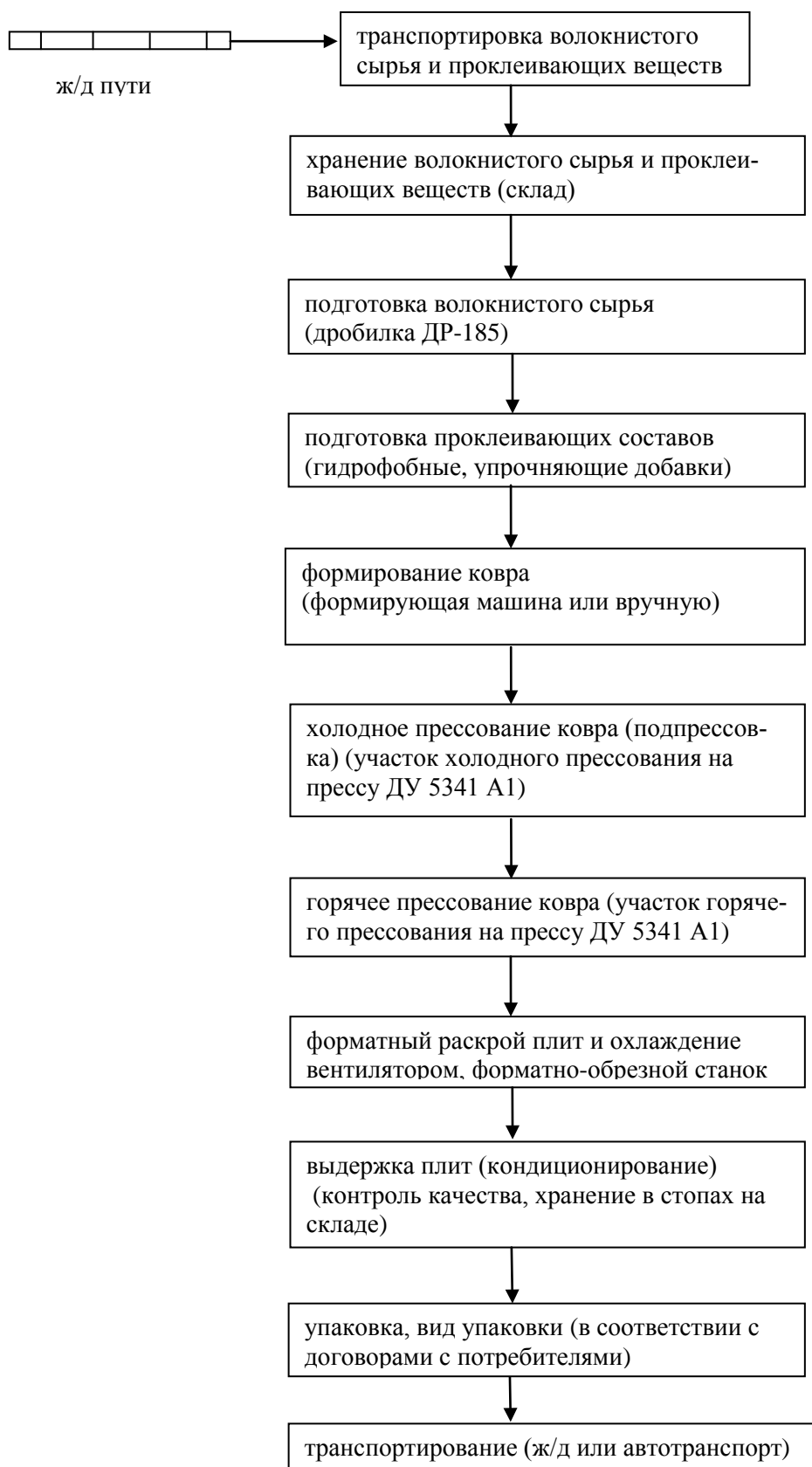


Рисунок 2.9 – Технологическая схема изготовления мягких синтетических волокнистых плит

Химическое волокно поступает на открытую площадку ж/д и автотранспортом в виде кип размером 1х1х1,2 м, массой – 160 кг. Внутриводским транспортом отвозится на склад для хранения.

Для подготовки коротковолокнистые химические отходы необходимо подвергнуть процессу измельчения способом резания.

Для измельчения неоднородной волокнистой массы использовалась дробилка роторного типа ДР-185 (рисунок 2.3).

Для приготовления проклеивающих составов используются цилиндрические баки объемом 1000 л из нержавеющей стали. Баки снабжены мешалками и, если надо, то змеевиками для поддержания заданной температуры проклеивающих составов (парафиновой эмульсии).

Для повышения механической прочности плит в массу вводят проклеивающее вещество (раствор смолы) методом распыления. Обязательным условием проклейки является первоначальное введение в массу парафиновой эмульсии, затем раствора смолы и после перемешивания раствора осадителя. Такая схема обеспечивает качественное осаждение проклеивающих веществ на волокна.

Расход связующего определяется по отношению к массе абсолютно сухого вещества и составляет:

- парафина – 8 – 10 %;
- смолы – 1 %.

На поддоны отходы волокна подаются вручную, предварительно подготовленные. Перед подачей поддона на рабочий стол загрузки осуществляется очистка поддонов, прокладочных листов от загрязнения.

Волокнистая масса укладывается на столе загрузки 1 (рис. 2.5) с рамкой на транспортный поддон ДУ 5341А1.00.011. Высота рамки выбирается с учетом равномерной загрузки по всему пакету. Внутренний размер рамки составляет 900х1900 мм.

Прессование плит производится на линии ДУ 5341 А1 (рис. 2.10) (в ручном или полуавтоматическом режиме [6, 7]).

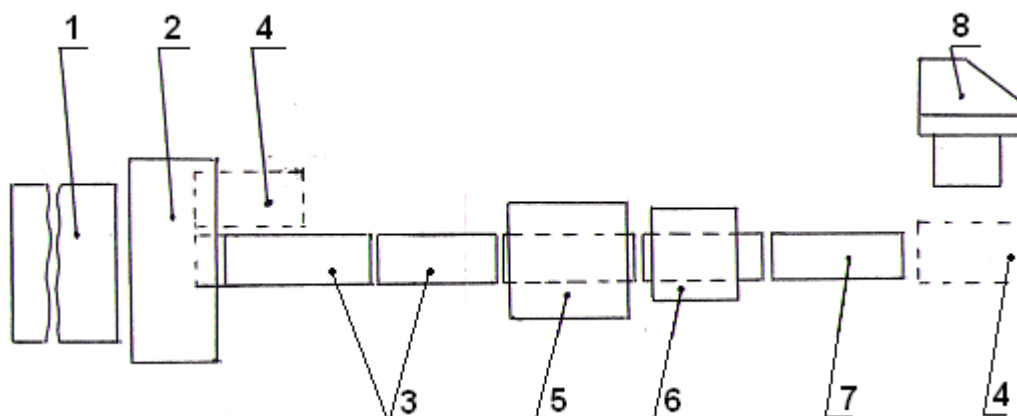


Рисунок 2.10 – Линия ДУ 5341 А1 для получения СВП-М

На рисунке 2.10 представлено: 1 – площадка загрузочная; 2 – автопитатель; 3 – транспортер; 4 – тележка для транспортировки поддонов; 5 – пресс гидравлический холодного прессования; 6 – пресс гидравлический горячего прессования; 7 – стол-транспортер; 8 – форматно-обрезной станок.

С загрузочного стола 1 сформированный ковер на поддоне 2 подается транспортером 3 в пресс холодного прессования 5, в котором он подпрессовывается в течение 1 – 0,5 мин при давлении 2 МПа. Основные технические параметры пресса даны в таблице 2.7.

Участок 6 технологической линии ДУ 5341 А1 (рис. 2.5) предназначен для горячего прессования отходов волокон искусственного меха (стригального кнопа) и производства на его основе СВП-М.

Из пресса холодного прессования 5 ковер подается транспортером 3 в пресс горячего прессования 6, в котором постоянно поддерживается заданная технологией температура прессования 150 – 160 °С, и давление 1 МПа.

Отпрессованное изделие транспортером выгружается на разгрузочный стол 7. Прессованную плиту укладывают горизонтально на отлежку не менее чем на 12 часов, для того чтобы завершился процесс стабилизации в листе.

Толщина плиты в готовом виде должна быть  $12 - 50 \pm (0,3 - 0,6)$  мм.

Мягкие плиты могут поставляться потребителю как в упаковке, так и без нее. Плиты укладывают горизонтально на ровные поддоны или деревянные бруски-прокладки высотой не более 0,5 м. Упаковка должна предусматривать защиту мягких плит от загрязнений и механических повреждений, а также обеспечивать стабильность формы пакета при транспортировании и погрузочно-разгрузочных работах [8].

Согласно разработанным ТУ ВУ 3000031282.053 – 2010 «Синтетические волокнистые плиты мягкие», значения показателей физико-механических свойств плит должны соответствовать указанным в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Показатели физико-механических свойств мягких плит

Наименование показателя	Показатели плит для марок		
	ПСВ-М1	ПСВ-М2	ПСВ-М3
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	200 – 400	400 – 500	500 – 600
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	0,4	1,1	1,8
Влажность, %:	2 – 12		
Разбухание за 24 часа, %, не более	34		
Теплопроводность, Вт/(м•к), не более	0,045 – 0,050	0,040 – 0,055	0,055 – 0,060

Достоинством изделий из разработанных композиций является то, что они отличаются экологической чистотой, высокой водо- и морозостойкостью, биостойкостью, низкой себестоимостью, технологичностью. Благодаря их термопластичности при необходимости, после соответствующей термообработки, их можно переформировать в соответствии с конкретными требованиями интерьера. Кроме того, отходы и изделия из разработанных экологически чистых древеснополимерных композиций могут подвергаться повторной переработке термобарическим методами, что позволяет создать практически безотходный технологический процесс.

Древеснополимерные композиции могут быть использованы в строительной, мебельной, деревообрабатывающей, машиностроительной и других отраслях промышленности, в частности, в авто- и вагостроении, в производстве тары, материалов для облицовки административных и жилых помещений, профильно-погонажных деталей, оконных и дверных блоков, теплоизоляционных плит, отделочной плитки, наличников, подоконников, поручней, плинтусов, игрушек [9].

### 2.3.1 Расчёт потребности сырья для производства СВП-М

Расчет количества сырья, используемого для производства СВП-М.

Производимая плита имеет следующие размеры:

Длина – 2000 мм.

Ширина – 1000 мм.

Высота – 12 мм.

Плотность плиты  $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ .

Рассчитаем объем плиты:

$$V_{пл} = a \times b \times h, \text{ м}^3, \quad (2.29)$$

где  $a$  – ширина готовой плиты, см;

$b$  – длина готовой плиты, см;

$h$  – толщина готовой плиты, см.

Масса плиты рассчитывается по формуле

$$m_{пл} = \rho \times V_{пл}, \text{ кг}, \quad (2.30)$$

где  $\rho$  – плотность,  $\text{кг/м}^3$ ;

$V_{пл}$  – объем плиты,  $\text{м}^3$ .

По разработанным ТУ ВУ 3000031282.053-2010 «Синтетические волокнистые плиты мягкие» на  $1 \text{ м}^3$  плиты вводят 44 кг парафиновой эмульсии и 0,4 кг карбомидоформальдегидной смолы [10].

Таким образом, для производства 1 плиты СВП-М необходимо:

- СМОЛЫ:

$$m_{c1пл} = V_{пл} \times m_c, \text{ кг}, \quad (2.31)$$

где  $m_c$  – масса смолы на  $1 \text{ м}^3$ ;

- парафиновой эмульсии:

$$m_{пэ1пл} = V_{пл} \times m_{пэ}, \text{ кг}, \quad (2.32)$$

где  $m_{пэ}$  – парафиновой эмульсии на  $1 \text{ м}^3$ .

### Пример:

Рассчитаем объем плиты:

$$V_{пл} = 2 \times 1 \times 0,012 = 0,024, \text{ м}^3$$

масса плиты рассчитывается по формуле

$$m_{пл} = \rho \times V = 400 \times 0,024 = 9,6, \text{ кг},$$

по разработанным ТУ ВУ 3000031282.053-2010 «Синтетические волокнистые плиты мягкие», на  $1 \text{ м}^3$  плиты вводят 44 кг парафиновой эмульсии и 0,4 кг карбомидоформальдегидной смолы.

Таким образом, для производства 1 СВП-М необходимо:

- смолы:

$$m_c = 0,024 \times 0,4 = 0,01, \text{ кг},$$

- парафиновой эмульсии:

$$m_{пэ} = 0,024 \times 44 = 1,06 \text{ кг}.$$



Рисунок 2.11 – Плита синтетическая мягкая (СВП-М)  
(сухой способ производства)

Состав СВП-М № 1: 100 % текстильные отходы (кноп стригальный – нитрон), толщина 12 мм.

Предел прочности при изгибе, МПа – 0,8 (норма 0,4 – 1,8).

Плотность образца, кг/м<sup>3</sup> – 200 (норма 150 – 400).

Разбухание по толщине, % - 34 (норма 34).

Состав СВП-М № 2: 100 % текстильные отходы (кноп стригальный – нитрон), толщина 18 мм.

Предел прочности при изгибе, МПа – 1,1 (норма 0,4 – 1,8).

Плотность образца, кг/м<sup>3</sup> – 400 (норма 150 – 400).

Разбухание по толщине, % – 34 (норма 34).

## Литература

1. Леонович, А. А. Физико-химические основы образования древесных плит / – А. А. Леонович. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2003. – 192 с.:ил.
2. Поспелова, Т. Г. Основы энергосбережения / Т. Г. Поспелова. – Минск : Технопринт, 2000. – 352 с.
3. Перепелкин, К. Е. Структура и свойства волокон / К. Е. Перепелкин. – Москва : Химия, 1985. – 208 с.
4. Кондратьев, В. П. Водостойкие клеи в деревообработке / В. П. Кондратьев, Ю. Г. Доронин. – Москва : Лесная Промышленность, 1988. – 216 с.
5. Мерсов, Е. Д. Производство древесноволокнистых плит / Е. Д. Мерсов. – Москва : Высшая школа, 1989. – 232 с.
6. Новая технология переработки коротковолокнистых отходов / Г. М. Беликов // Текстиль: бытовой, специальный, технический. – 2003. – № 5. – С. 25.
7. Ушакова, К. Н. Основы производства и подготовки к текстильной переработке химических нитей / К. Н. Ушакова. – Москва : Легпромбытиздат, 1991. – 352 с.
8. Кричевский, Г. Е. Химическая технология текстильных материалов : учеб. для вузов: в 3-х т. / Г. Е. Кричевский. – Москва, 2000. – Т. 1. – 436 с.
9. Способ получения комбинированного материала. Method for making a hydraulically entangled composite fabric: пат. 6550115 США, МПК<sup>7</sup> D 04 H 1/46. Kimberly-Clark World Wide, Inc., Cleveland Terry R., Mayfield Frances W., Brown Lawrence M. № 09/690045; заявление от 16.10.2000; опубл. 22.04.2003; НПК 28/104. Англ. // Легкая промышленность: РЖ 12/ ВИНТИ. – 2004. – №2, 04.02 – 12Б.95П. – С.12.
10. Новая технология переработки коротковолокнистых отходов / Г. М. Беликов // Текстиль: бытовой, специальный, технический. – 2003 – № 5 – С. 25.
11. Гончаренок, Ю. П. Технология получения органо-синтетических волокнистых плит с использованием отходов коврового производства / Ю. П. Гончаренок, А. М. Карпеня, А. Г. Коган // Материалы международной научной конференции в двух частях, Ч.1, Витебск, ноябрь 2009 г. / УО «ВГТУ» ; гл. ред. В. В. Пятов. – Витебск, 2009. – С. 69-72.
12. Карпеня, А. М. Исследование влияния связующего материала на формирование органо-синтетических волокнистых плит / А. М. Карпеня, Ю. П. Вербицкая, Е. М. Коган // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2011. – Вып. 20. – С. 137–142.