

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии

Кафедра технологии машиностроения, станков и инструментов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____ А.В. Бобылев
_____ 2020 г.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТХОДОВ КОЖИ С
ПРИМЕНЕНИЕМ НОВОГО УДАРНО-РЕЖУЩЕГО
ИНСТРУМЕНТА. ЧАСТЬ 2

ПОЯНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ– 15.03.05.2020.130 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности
заведующий кафедрой

_____ А.В. Бобылев
_____ 2020 г.

Руководитель работы
профессор

_____ С.В. Сергеев
_____ 2020 г.

Автор работы

студент группы ФТТз-531

_____ М.В. Бобров
_____ 2020 г.

Нормоконтролер
доцент

_____ И.Н. Миронова
_____ 2020 г.

Златоуст 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии
Кафедра технологии машиностроения, станков и инструментов
Направление 15.03.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (направление)»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.В. Бобылев
_____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студента
Боброва Максима Васильевича
Группа ФТТз-531

1 Тема работы

_____ Технология измельчения отходов кожи с применением нового ударно-режущего инструмента. Часть 2

утверждена приказом по университету от _____ 24 апреля _____ 2020 г. № _____ 627

2 Срок сдачи студентом законченной работы _____ 29 июня 2020 г.

3 Исходные данные к работе

_____ 3.1 Материалы преддипломной практики

_____ 3.2 Техническая, научная и патентная литература

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение

1 Анализ исходных данных

1.1 Анализ способов контроля размеров дисперсных частиц

2 Технологический раздел

2.1 Анализ технологичности конструкции инструмента «кошачий коготь»

2.2 Разработка и реализация технологии изготовления принципиально нового ударно-режущего инструмента «кошачий коготь» для размерного измельчения отходов натуральной кожи

3 Руководящие материалы по определению технологических параметров для проектирования и настройки привода главного движения виброударных станков для размерного измельчения отходов натуральной кожи

4 Экспериментальная проверка стабилизации геометрических параметров дисперсных частиц при вибрационном ударно-режущем измельчении отходов кожи

5 Организационно-экономический раздел

5.1 Классификация и этапы НИР

5.2 Определение текущих затрат на проведение НИР:

5.3 Расчёт единовременных затрат на изготовление опытного образца установки

5.4 Расчёт трудовых затрат

5.5 Сравнение с аналогом

5.6 Составление калькуляции

6 Безопасность жизнедеятельности

6.1 Обеспечение безопасности экспериментальной установки

6.2 Определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса

6.3 Организация средств коллективной защиты населения при чрезвычайных ситуациях

Заключение

Библиографический список

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

1 Цель, задачи ВКР. Плакат	(1 лист)
2 Анализ методов контроля размеров частиц. Плакат	(1 лист)
3 Технология изготовления инструмента. Плакат	(2 листа)
4 Руководящие материалы. Плакат	(1 листа)
5 Результаты эксперименты исследований. Плакат	(2 листа)
6 Выводы по ВКР. Плакат	(1 лист)

Всего 8 листов

6 Консультанты по работе, с указанием относящихся к ним разделов работы

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
Безопасность жизнедеятельности	Бобылев А.В.		

7 Дата выдачи задания 25 апреля 2020 г.

Руководитель С.В. Сергеев

Задание принял к исполнению М.В. Бобров

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Введение	25.04.2020	
Анализ исходных данных	09.05.2020	
Технологический раздел	16.05.2020	
Руководящие материалы по определению технологических параметров для проектирования и настройки привода главного движения виброударных станков для размерного измельчения отходов натуральной кожи	30.05.2020	
Экспериментальная проверка стабилизации геометрических параметров дисперсных частиц при вибрационном ударно-режущем измельчении отходов кожи	06.06.2020	
Организационно-экономический раздел	13.06.2020	
Безопасность жизнедеятельности	29.06.2020	
Заключение	29.06.2020	

Заведующий кафедрой _____ А.В. Бобылев

Руководитель работы _____ С.В. Сергеев

Студент _____ М.В. Бобров

АННОТАЦИЯ

Бобров М.В. Технология измельчения отходов кожи с применением нового ударно-режущего инструмента. Часть 2 – г. Златоуст: филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, кафедра ТМСИ; 2020 г., 71 с., 38 ил., библиогр. список – 85 наим., 8 листов чертежей ф.А1.

Анализ существующих работ в области переработки твердых промышленных и бытовых отходов (ТПиБО) позволил во введении обосновать актуальность темы выпускной квалификационной работы (ВКР), сформулировать цель работы, решаемые задачи, определить объект и предмет исследований. В рамках ВКР проанализированы способы контроля дисперсности измельченных частиц. За основу был принят ситовой анализ, поскольку он экономически целесообразен и является самым доступным из точных способов контроля. На основе геометрических расчетов, выполненных в первой части ВКР разработана 3d модель принципиально нового инструмента для виброизмельчителей отходов натуральной кожи. Выполнен анализ технологичности конструкции спроектированного инструмента и с учетом выявленных недостатков разработана оптимальная технология его изготовления. При этом выбрана заготовка, оборудование и металлообрабатывающий инструмент. Технология описана в пояснительной записке и реализована в виде управляющей программы для станка BUMOTEC S-191. Инструмент был изготовлен, а его работа апробирована в лабораторных условиях. Для расчета технологических параметров при проектировании и настройке привода главного движения виброударных станков для размерного измельчения отходов кожи разработаны и представлены руководящие материалы. Предложенный новый способ измельчения посредством ударно-режущего инструмента был реализован и апробирован в лабораторных условиях. Представлены результаты экспериментов в виде расчетов, графиков и фотоматериалов.

В организационно-экономическом разделе определены текущие затраты на научно-исследовательскую работу (НИР).

В разделе безопасности жизнедеятельности описаны вопросы безопасной работы на предлагаемой экспериментальной установке.

					15.03.05.2020.130 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Бобров				Лит.	Лист	Листов
Провер.	Сергеев				Д	4	71
Реценз.					Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоуст Кафедра ТМСИ		
Н. Контр.	Миронова						
Утверд.	Бобылев						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	
1.1 Анализ способов контроля размеров дисперсных частиц.....	10
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
2.1 Анализ технологичности конструкции инструмента «кошачий коготь»	13
2.2 Разработка и реализация технологии изготовления принципиально нового ударно-режущего инструмента «кошачий коготь» для размерного измельчения отходов натуральной кожи.....	14
3 РУКОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И НАСТРОЙКИ ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ ВИБРОУДАРНЫХ СТАНКОВ ДЛЯ РАЗМЕРНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТХОДОВ НАТУРАЛЬНОЙ КОЖИ.....	20
4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА СТАБИЛИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ УДАРНО-РЕЖУЩЕМ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ ОТХОДОВ КОЖИ.....	33
5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
5.1 Классификация и этапы НИР.....	46
5.2 Определение текущих затрат на проведение НИР:.....	47
5.3 Расчёт единовременных затрат на изготовление опытного образца установки	49
5.4 Расчёт трудовых затрат	51
5.5 Сравнение с аналогом.....	53
5.6 Составление калькуляции	53
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
6.1 Обеспечение безопасности экспериментальной установки	54
6.2 Определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса	56
6.3 Организация средств коллективной защиты населения при чрезвычайных ситуациях	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	65
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	65
Приложение А – Программа изготовления инструмента «кошачий коготь».	71

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в экономике нашей страны происходят заметные изменения в области переработки отходов волокнистых материалов. Повышается роль вторичного сырья на предприятиях различных отраслей промышленности. Утилизация и переработка отходов волокнистых материалов превращаются в одну из важнейших социально-экономических и технических проблем развития современного производства.

Политика более рационального использования волокнистых материалов всё более тесно интегрируется в другие важнейшими направлениями научно-технического прогресса, и, прежде всего, в создание и внедрение более эффективных технологических процессов, а также процессов комплексной переработки сырья и материалов. Происходит это путём внедрения более экономичных способов обращения с отходами волокнистых материалов, направленных на снижения общего количества производимых предприятиями отходов, что в итоге приводит к уменьшению доли материалов и энергоресурсов в готовом продукте.

В большинстве случаев, при проектировании технологической линии по измельчению и переработки отходов волокнистых материалов, тип и характеристики машины для измельчения таких материалов определяются только исходя из требования достигаемой тонкости измельчения. Однако, эта характеристика не может полностью отражать свойства получаемого в процессе измельчения материала, так как не учитывает некоторые важные параметры измельчения, такие как форма частиц и их размеры. Во многих случаях при производстве дисперсных материалов необходимо обеспечить получение материала достаточно узкого гранулометрического состава, что при измельчении волокнистых материалов до сих пор остаётся трудно решаемой задачей. Существующее в настоящее время оборудование, предназначенное для измельчения волокнистых материалов, не позволяет получать достаточно качественных гранулометрический состав получаемого материала. В связи с этим, создание оборудования для размерного измельчения волокнистых материалов, отвечающего высоким требованиям промышленности, является достаточно важной задачей. Однако, создание такого оборудования практически невозможно без глубокого изучения процесса измельчения волокнистых материалов как теоретически, так и эмпирическими методами.

Анализ существующих работ в области измельчения волокнистых материалов, в том числе и натуральной кожи, убедительно свидетельствуют о том, что исследования в этой области следует продолжать. Большинство из рассматриваемых работ посвящены проблеме измельчения волокнистых материалов без учёта их физико-технических свойств. В этой связи дальнейшие исследования в области разработки теоретических основ процесса измельчения волокнистых материалов являются весьма актуальными.

Так же хочется отметить, что в настоящее время при проведении теоретических исследований в области измельчения волокнистых материалов недостаточное внимание уделяется изучению вопроса взаимодействия рабочего органа машины для измельчения волокнистых материалов и измельчаемой среды, основанного на глубоком изучении процесса разрушения одиночных волокон материала. Без таких

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

исследований невозможно добиться существенного прогресса в создании высокоэффективных машин для измельчения волокнистых материалов.

В ряде промышленных отраслей получение стружки измельчением является специфической деятельностью, когда необходимо получать поверхности элементов стружки с требуемыми геометрическими параметрами – это производство порошков, гранулоподобной стружки и волокон для изготовления принципиально новых композиционных материалов, а также переработка твёрдых промышленных и бытовых отходов в качественное вторсырьё [1, 2].

Повышенные требования к современным промышленным изделиям обусловили потребность в получении широкого спектра композиционных материалов с заданным набором физико-механических свойств в различных производствах. При этом варьируя состав, соотношение, ориентацию различных по форме и размерам дисперсных частиц наполнителя не только управляют эксплуатационными свойствами композитов [3, 4], но и создают новые [5, 6]. Перспективы развития материаловедения обусловлены востребованностью новых материалов с уникальными свойствами и эффективностью технологии их получения, поскольку требования к их свойствам постоянно меняются. Порошки, крошка, гранулы, пудры и пасты минералов природных волокнистых и коллагенсодержащих материалов находят все более широкое применение в различных областях техники – металлургии [7], химии [8], медицине [9], энергетике [10], строительстве [12], атомной [13], космической, военной технике [14] легкой промышленности [15], сельском хозяйстве [16] и других отраслях промышленности, благодаря своим новым (в сравнении с компактными материалами) свойствам, обусловленным особыми поверхностными свойствами дисперсных материалов [17], например, различных композиционных материалов из искусственных и природных минералов. Их получают механическим дроблением, истиранием и т.п. Технологические особенности этих процессов определяют свою область их применения и экономическую целесообразность. Разнообразие процессов обусловлено разными требованиями к физическим, химическим, механическим и эксплуатационным свойствам дисперсных материалов. Однако, совершенствование всех этих процессов одинаково направлено на повышение производительности с сохранением физико-химических свойств материала и, главным образом, на получение частиц со стабильной дисперсностью требуемой формой и размерами. Поэтому перед всеми производителями компонентов композиционных материалов достаточно остро стоит задача обеспечения требуемой геометрии и однородности дисперсных частиц, в значительной степени определяющих эксплуатационные свойства изделий. Такие требования обычно предъявляются при получении дисперсных компонентов из материалов животного происхождения, например, в производстве коллагенсодержащих композитов из отходов натуральной кожи (используется кожаная дисперсная стружка при производстве натуральной прессованной кожи) [16].

Прессованная кожа – это тот же кожзаменитель, то есть многокомпонентный композиционный материал. Просто один из компонентов, применяемых при изготовлении так называемой прессованной кожи, содержит основной ингредиент – кожаные отходы скорняжных, швейных и обувных производств [30,15]. Это коже-

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

венная пыль, стружка, а также измельченные отбракованные краевые участки шкур, либо мелкие обрезки и лоскутки, которые остаются после раскроя. Второй компонент – это различные синтетические связующие: полиэфирные, полиамидные, полиэтиленовые волокна и т.п. [31]. Эти волокна измельчаются, перемешиваются, нагреваются и прессуются вместе с кожаными отходами. При нагревании синтетические волокна расплавляются, пропитывая и склеивая кожаные отходы, образуя коллагенсодержащий композитный материал. В этом композите есть еще третий компонент (для дополнительного упрочнения) – это синтетические термореактивные и термопластические смолы [32], которые дополняя свойства друг друга тоже плавятся и пропитывают всю волокнистую структуру. Такой композиционный материал имеет не только хороший блеск, легко вынимается из формы, но и обладает кожеподобными свойствами, что обеспечивает возможность использовать его не только для формования изделий техники, но и для приготовления листовой прессованной кожи, обладающей хорошей износостойкостью и гибкостью. У таких материалов сохраняются преимущества обеих типов смол: у термопластичных – прочность, твердость; у термореактивных высокая термостойкость и стойкость к воздействию различных химических реагентов. На практике требуемые различные эксплуатационные свойства изделий из кожеподобного композита обеспечиваются оптимальным подбором количественного и качественного состава его компонентов [33]. Преимуществом таких материалов перед аналогичными, но не содержащими натуральные коллагеновые волокна является их более низкая усадка, а также более высокая эластичность и термостойкость и низкое остаточное сжатие. А это позволяет использовать их, например, в качестве подошвенного материала [34], амортизаторов и прокладочных материалов, способных работать в статических и динамических условиях в широком интервале температур [20]. Композиты, полученные на основе отходов натуральной кожи, модифицированные фенольными смолами обладают высокой прочностью сопротивлением истиранию [21], их применяют даже для покрытий металлов и прессматериалов [31,35]. Поэтому в современной промышленности такие материалы все более и более становятся востребованными в автомобиле-, авиа- и судостроении при изготовлении высокотехнологичной техники. Состав, а, следовательно, и свойства таких материалов варьируются в зависимости от требуемых значений прочности, теплостойкости, модуля упругости, абразивной стойкости, а также различаются их магнитные, диэлектрические, радиопоглощающие и специальные свойства [36]. Однако, из-за температурных перепадов, сильного термического воздействия (например, от турбин) или из-за различных деформаций материала от внешних воздействий (таких как неудачная посадка судна или попадание пули) в процессе эксплуатации возможны различные непредвиденные самопроизвольные изменения структуры композита. Так же возможен износ материала, связанный с периодом эксплуатации. Поэтому широкое применение коллагенсодержащих композитов требует новых подходов не только к проектированию, но и изготовлению материалов для деталей судно- и авиатехники.

Как правило, на производствах химии-технологи, главным образом уделяют внимание рецептуре [37,38,39], а также процессам массопередачи веществ при

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

перемешивании смесей [40,41,42,43]. Их интересует глубина и скорость проникновения полужидких связующих компонентов в твердые коллагенсодержащие, а также скорость полимеризации композитов [44,45]. Однако, кроме процесса перемешивания на однородность такого сложного по структуре композита существенное влияние оказывает качество механической подготовки коллагенсодержащей дисперсной основы материала [46,47,48]. То есть, чем однороднее будет гранулометрический состав этих кожаных дисперсных частиц, тем однороднее во всех направлениях будут и физико-механические свойства, например, низкая воздухо- и влагопроницаемость прессованной кожи. Это и есть, так называемый, воксельный принцип построения композитного материала [49,50,51]. Кстати только из такого материала детали способны выдержать значительные температурные (от -70° до +70°) перегрузки, а также воздействия агрессивных сред [46,47,48].

Цель выпускной квалификационной работы – формирование основ размерного механического диспергирования конденсированных сред, обеспеченного введением в зону разрушения материала расчетного управляемого вибрационного воздействия, для проектирования вибрационных технологий и высокотехнологичного, энергоэффективного оборудования, необходимых на производстве гранулоподобной крошки, мелкодисперсных частиц и порошков из различных волокнистых материалов, применяемых, главным образом, при изготовлении изделий из композитов в различных производственных сферах, а также при утилизации отходов.

Для достижения цели во второй части ВКР необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать способы контроля размеров дисперсных частиц.
2. Разработать и реализовать технологию изготовления принципиально нового ударно-режущего инструмента «кошачий коготь» для размерного измельчения отходов натуральной кожи.
3. Разработать руководящие материалы по определению технологических параметров для проектирования и настройки привода главного движения виброударных станков для размерного измельчения отходов натуральной кожи.
4. Выполнить экспериментальную проверку стабилизации геометрических параметров дисперсных частиц при вибрационном ударно-режущем измельчении отходов кожи.
5. Определить затраты на проведение исследований.
6. Рассмотреть вопросы безопасности жизнедеятельности.

Объект: процесс измельчения коллагенсодержащих отходов кожевенного производства.

Предмет: технологическое оборудование для измельчения отходов кожевенного производства.

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1 АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Анализ способов контроля размеров дисперсных частиц

В теории разрушения [58] процесс измельчения рассматривают как процесс приращения новых поверхностей, при этом выделяются два основных вопроса: выявление закономерностей в распределении частиц по размерам, с целью отыскания простых методов управления их размером и формообразованием и исследуются зависимости между затратами энергии на процесс измельчения и степенью измельчения. Глубина процесса диспергирования, влияющая на энергозатраты, оценивается степенью измельчения – λ , которой в технике принято называть отношением среднего размера D частиц исходного материала к среднему размеру d частиц продукта измельчения

$$\lambda = \frac{D}{d}. \quad (1.1)$$

Как видно из этой зависимости оценка энергозатрат при измельчении не обходится без определения размеров, получаемых после измельчения частиц. По этой причине процесс измельчения зачастую характеризуют только размерными параметрами измельченного материала. Количественное содержание массы частиц в определенных фракциях по отношению к общему количеству порошка называют гранулометрическим составом, а фракцией – диапазон размеров частиц между их верхним и нижним значениями. Гранулометрический состав в основном определяют тремя способами: ситовым, седиментационным (разделение на фракции по скорости оседания частиц в жидкой среде), микроскопическим (измерение характерного линейного размера частиц) [52]. Первый способ применим, если частицы крупнее 40 мкм, второй – если их размеры находятся в пределах 5...50 мкм; третий – при размерах частиц менее 50 мкм. Графическое изображение гранулометрического состава измельченного материала называют характеристиками крупности. При ситовом анализе основываются на номинальном размере a стороны квадратного отверстия сита, в соответствии с рисунком 1.1 а. При микроскопическом анализе за размер принимают при визуальном наблюдении максимальную хорду d частицы в горизонтальном или вертикальном направлениях, при автоматическом измерении – хорду частицы в горизонтальном направлении, в соответствии с рисунком 1.1 б.

Результаты указанных выше анализов дисперсности можно выразить графически несколькими способами. По оси абсцисс откладывают размер частиц d , а по оси ординат – их процентное содержание $Q\%$, в соответствии с рисунком 1.2 а.

Данные о содержании различных фракций представляют на графике в виде частных либо суммарных (интегральных) кривых. Каждая точка суммарной кривой соответствует общему содержанию частиц, больше (суммарная по плюсу) или меньше (суммарная по минусу) данного размера. Частные кривые строят в большинстве случаев на основании среднего (как правило, среднего арифметического)

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

в пределах данной фракции размера, по своему характеру они сходны с дифференциальной кривой распределения, в соответствии с рисунком 1.2 б.

Дифференциальная кривая отражает относительное содержание $F(d)$ отдельных фракций порошка в виде площадей, ограниченных кривой и осью абсцисс, каждая фракция изображается в виде прямоугольника, основание которого равно интервалу размеров частиц данной фракции, а высота равна процентному содержанию фракции, отнесенному к величине интервала размеров частиц. Если интервал размеров частиц в пределах каждой фракции одинаков, то частная и дифференциальная кривые распределения частиц по размерам полностью совпадут.

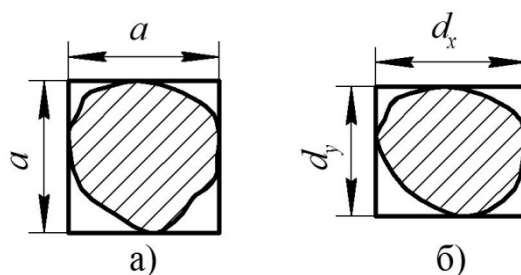


Рисунок 1.1 – Оценка размера частицы при помощи:
а) ситового анализа, б) микроскопического анализа

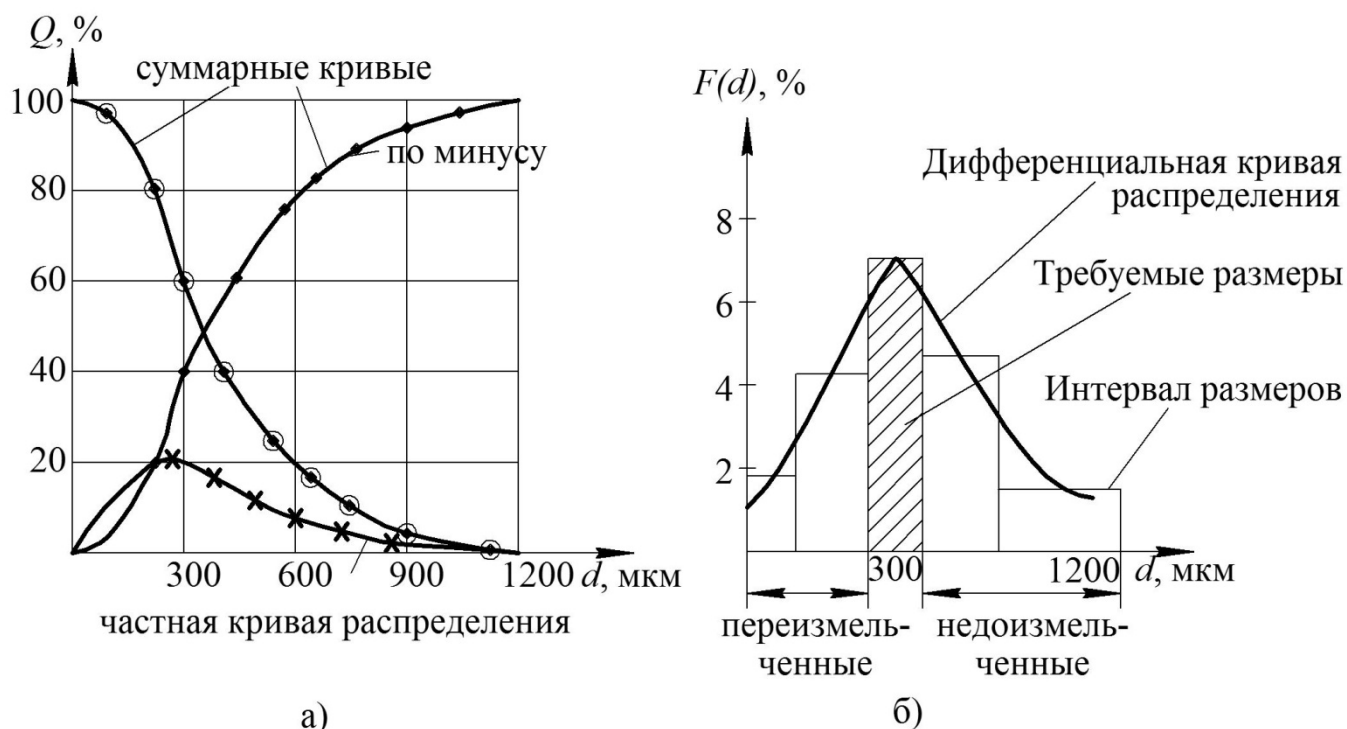


Рисунок 1.2 – Распределение частиц по размерам при измельчении:
а) усредненные кривые, б) дифференциальная кривая

Размеры частиц существенно влияют на технологические свойства порошкового материала [53] и через них на плотность, прочность, проницаемость, а особенно однородность свойств полученной из него заготовки. Критерии оценки формы частиц сводятся в основном к оценке фактора неравноосности или удлиненности частицы (отношению ее размеров в перпендикулярных сечениях), в силу

простоты измерения используют наиболее часто, сводя, таким образом, оценку формы к оценке размеров частиц получаемой стружки.

Выводы по разделу один

1. Изучены методики определения степени измельчения и его энергоэффективности. Проанализированы методы определения гранулометрического состава дисперсных частиц материалов, получаемых при их измельчении.

2. При проведении работ по данной теме за основу выбран ситовой анализ, поскольку он экономически целесообразен и является самым доступным из точных способов контроля.

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Анализ технологичности конструкции инструмента «кошачий коготь»

Деталь «кошачий коготь», в соответствии с рисунком 2.1 (подана заявка №2019113183 от 26.04.2019 г. на патент РФ), достаточно нетехнологична, поскольку сочетает в себе сложнопрофильные нелинейчатые внутренние и наружные поверхности. При изготовлении таких поверхностей, технологически трудно обеспечить симметричность сложных по профилю режущих кромок, поскольку геометрически они получаются в результате сложения сложных по форме наружной и внутренней поверхностей. Поэтому, даже при незначительном их пространственном отклонении возникает асимметрия режущих кромок. А работа такого инструмента с неправильной геометрией режущей части приводит не только к неравномерному износу, но и к асимметрии его режущих свойств. Это в свою очередь будет отрицательно влиять на процесс отделения дисперсных частиц, то есть иными словами одна из режущих кромок не будет дорезать материал.



Рисунок 2.1 – Инструмент типа «кошачий коготь» (3d модель)

Важно отметить, что в существующих молотковых дробилках в качестве ударного инструмента используются молотки. При их изготовлении пространственное расположение базового отверстия никак не влияет на работу такого инструмента, поскольку даже при не правильной установке их на осях в рабочем органе (диске) для рабочей поверхности, имеющей геометрические округлые формы совсем не важно какой частью этой поверхности молоток, соударяется с измельчаемым хрупких материалом. В новой же конструкции измельчителя отходов кожи предполагается применить принципиально новый ударно-режущий инструмент, который в процессе работы будет совершать главное движение, имитирую-

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	15.03.05.2020.130 ПЗ					

щее перемещение в пространстве «кошачьего когтя». Поэтому в данном случае, на асимметрию режущих свойств инструмента будет влиять не правильная его установка в рабочем органе. А это будет зависеть от диссимметрии пространственного расположения оси базового отверстия относительно каждой из криволинейных режущих кромок.

Отсюда становится ясным какие требования являются главными при разработке технологии изготовления такого инструмента.

2.2 Разработка и реализация технологии изготовления принципиально нового ударно-режущего инструмента «кошачий коготь» для размерного измельчения отходов натуральной кожи

Выбор материала для изготовления инструмента «кошачий коготь» произведем исходя из экономических соображений. Поскольку предполагается, что такой инструмент будет осуществлять измельчение резанием отходов коллагенсодержащих материалов типа «кожа», то выбираем не теплостойкие марки инструментальных сталей. Наиболее доступной и дешевой оказалась широко используемая сталь 9ХС ГОСТ 5950-2000. В качестве заготовки выбираем прутки Ø25 мм, длиной 100 мм. Так как в качестве заготовки будем использовать прутки круглой формы, то его удобнее всего закрепить в шпинделе станка в трехкулачковом патроне, а поворачивая его при необходимости в процессе обработки можно будет фрезеровать сложные по форме нелинейчатые поверхности как внутренние, так и наружные за одну установку заготовки. Это позволит полностью избежать погрешностей установки. Исходя из габаритов детали выбираем наиболее близкий по требуемому функционалу станок: токарно-фрезерный обрабатывающий центр ВUMOTEС S-191, в соответствии с рисунком 2.2.



Рисунок 2.2 – Токарно-фрезерный обрабатывающий центр ВUMOTEС S-191

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

15.03.05.2020.130 ПЗ

Исходя из условия предания максимальной жесткости заготовке обработку целесообразнее всего разбить на два этапа с разделением ее по длине. Причем, начинать ее нужно с чернового фрезерования наружной поверхности на $\frac{1}{2}$ максимальной длины заготовки в соответствии с рисунком 2.3 и 2.4, используя концевую фрезу $\varnothing 8$ мм.

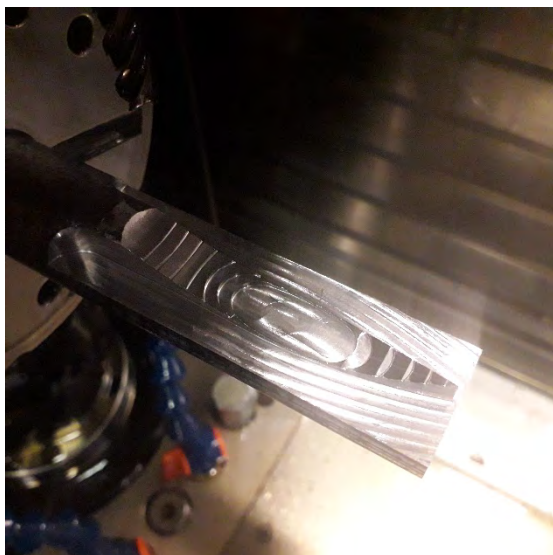


Рисунок 2.3 – Черновое фрезерование вогнутой наружной поверхности детали на $\frac{1}{2}$ длины заготовки

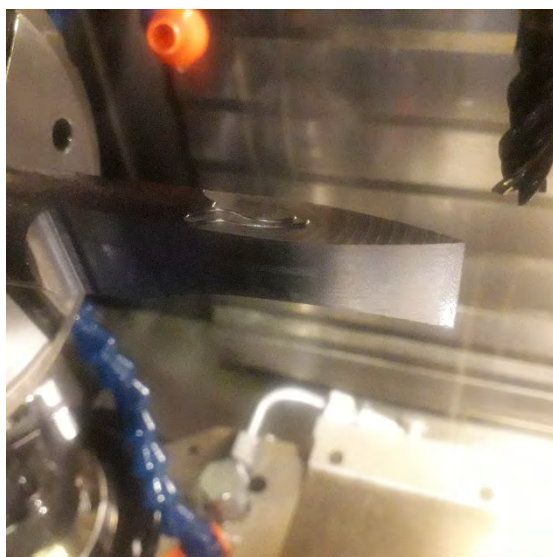


Рисунок 2.4 – Черновое фрезерование выпуклой части наружной поверхности с поворотом заготовки на 180° на $\frac{1}{2}$ ее длины

На следующем переходе производим получистовое фрезерование сначала внутренней части режущих кромок концевой сферической фрезой $\varnothing 4$ мм ($r = 2$ мм), в соответствии с рисунком 2.5, а затем ее чистовая обработка сферической фрезой диаметром $\varnothing 2$ мм ($r = 1$ мм), в соответствии с рисунком 2.6.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

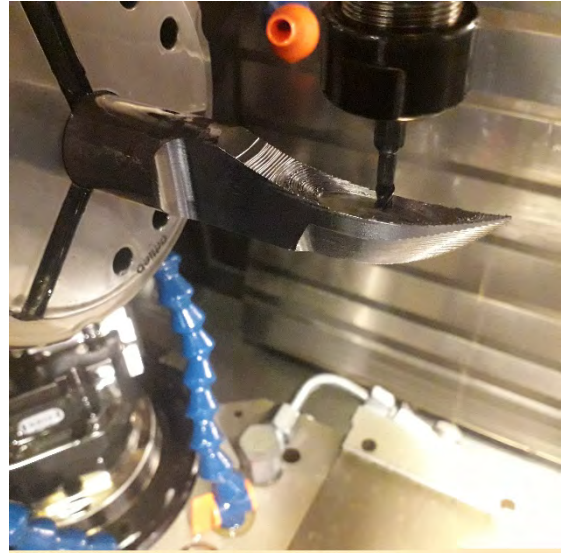


Рисунок 2.5 – Получистовое фрезерование внутренней линейчатой поверхности детали сферической фрезой $\varnothing 4$ мм ($r = 2$ мм)



Рисунок 2.6 – Чистовое фрезерование внутренней линейчатой поверхности детали сферической фрезой $\varnothing 2$ мм ($r = 1$ мм)

На следующем переходе производится получистовая обработка наружной (выпуклой поверхности) детали, в соответствии с рисунком 2.7, а затем ее чистовое фрезерование концевой сферической фрезой $\varnothing 4$ мм ($r = 2$ мм), в соответствии с рисунком 2.8.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.130 ПЗ

Лист

16

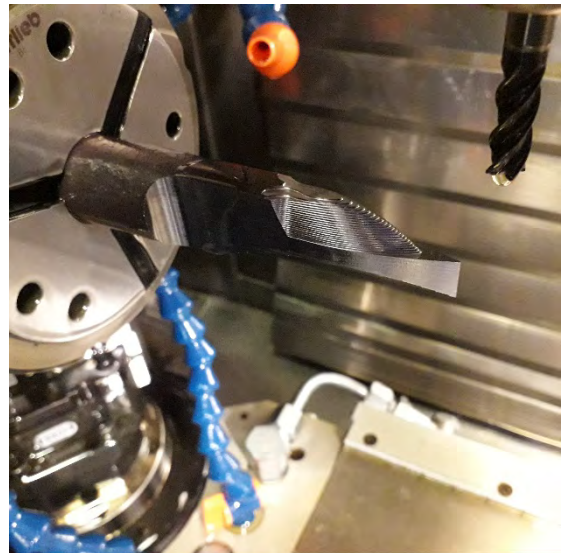
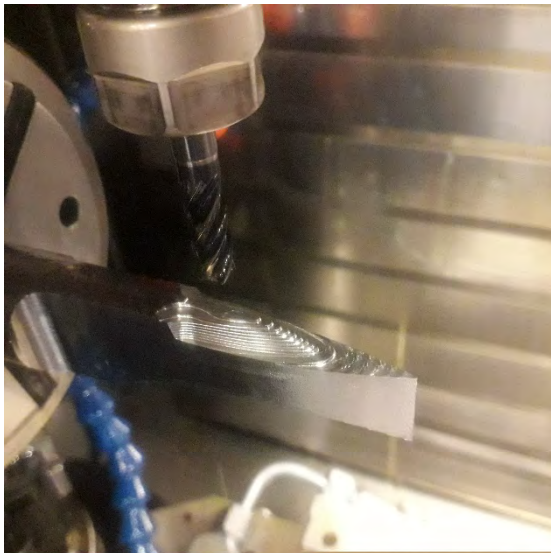


Рисунок 2.7 – Полуцистовая обработка наружной (выпуклой) поверхности

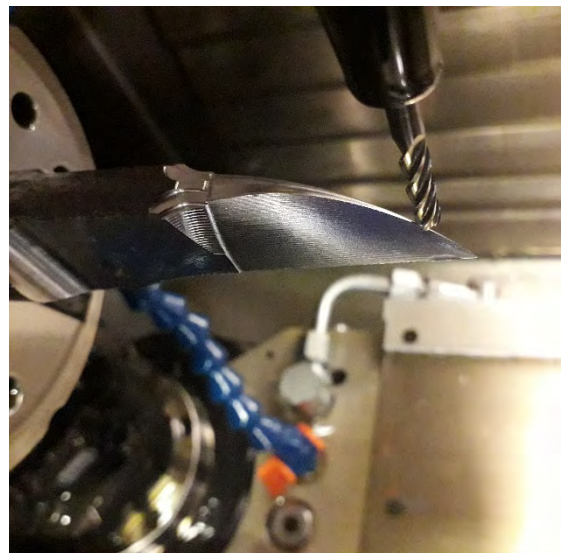


Рисунок 2.8 – Чистовая обработка наружной (выпуклой) поверхности детали

На следующем переходе производим центрование базового отверстия центровочным сверлом и непосредственно его сверление спиральным сверлом $\varnothing 5$ мм, в соответствии с рисунком 2.9.

Далее концевой фрезой диаметром $\varnothing 8$ мм сначала производим черновое фрезерование оставшейся части длины детали в соответствии с рисунком 2.10, а затем концевой сферической фрезой $\varnothing 4$ мм ($r = 2$ мм) чистовую обработку этой поверхности в соответствии с рисунком 2.11.

По окончании обработки фрезой $\varnothing 8$ мм осуществляется отрезка готовой детали в соответствии с рисунком 2.12.

После этого деталь подвергают слесарной обработке, где зачищают заусенцы. Для реализации всего цикла обработки инструмента «кошачий коготь» написана общая программа в G-коде, состоящая из отдельных подпрограмм-переходов, в соответствии с Приложением А.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.130 ПЗ

Лист

17

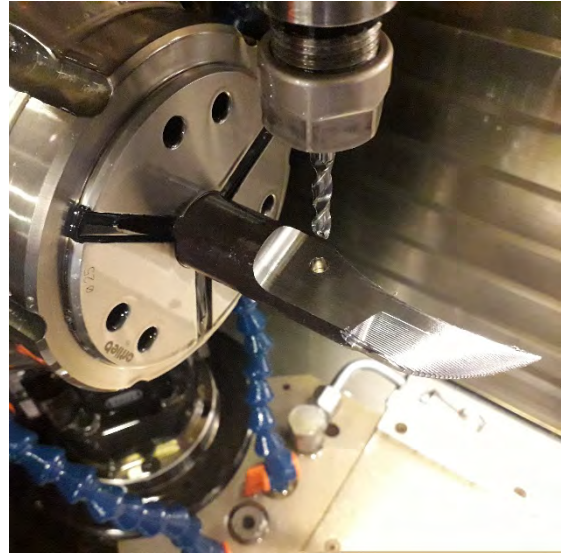


Рисунок 2.9 – Обработка базового отверстия

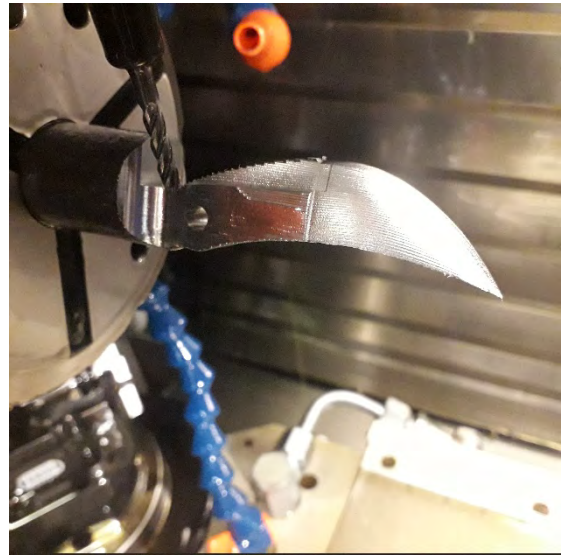
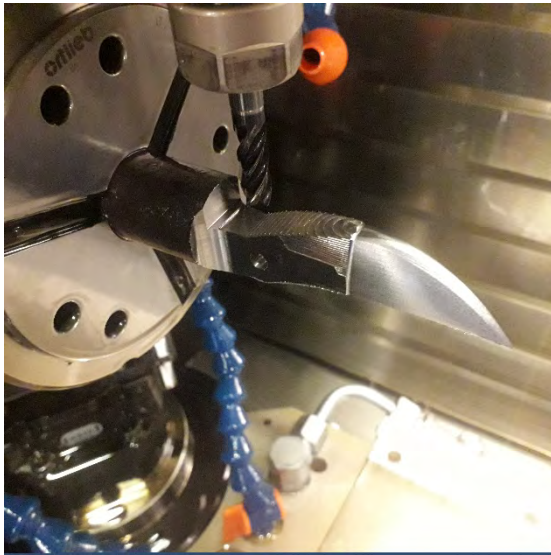


Рисунок 2.10 – Черновое фрезерование оставшейся части длины детали

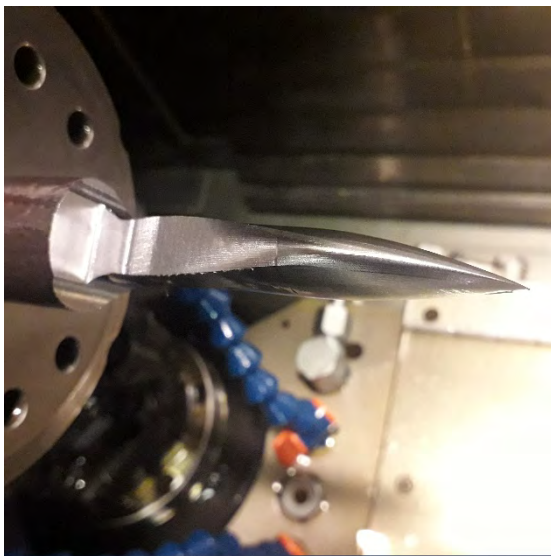


Рисунок 2.11 – Чистовое фрезерование оставшейся второй части поверхности

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

15.03.05.2020.130 ПЗ

Лист

18

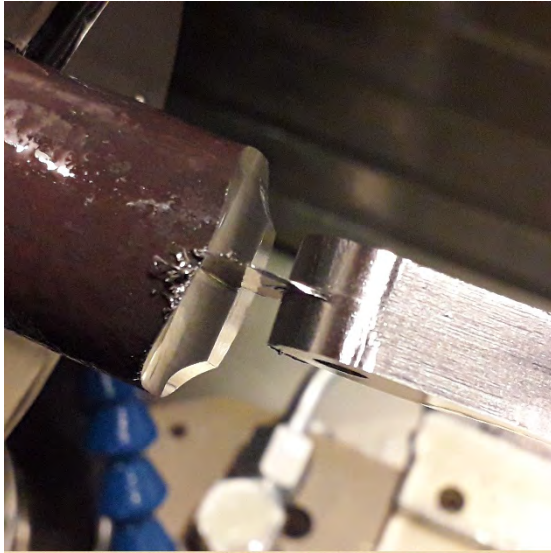


Рисунок 2.12 – Отрезка готовой детали «кошачий коготь»

Выводы по разделу два

1. На основе геометрических расчетов, выполненных в первой части ВКР разработана 3d модель инструмента типа «кошачий коготь» для вибро-измельчителей отходов натуральной кожи.

2. Выполнен анализ технологичности конструкции инструмента, при этом обосновано то, что деталь не является технологичной, поскольку сочетает в себе сложнопрофильные нелинейчатые внутренние и наружные поверхности. Также на асимметрию режущих свойств инструмента будет влиять не правильная его установка в рабочем органе. А это будет зависеть от диссимметрии пространственного расположения оси базового отверстия относительно каждой из криволинейных режущих кромок.

3. С учетом выявленных недостатков при анализе технологичности конструкции детали разработана оптимальная технология ее изготовления, позволяющая их исключить. При этом выбрана заготовка, оборудование и необходимый металлообрабатывающий инструмент.

4. Технология изготовления нового инструмента описана и реализована в виде управляющей программы для станка BUMOTEC S-191.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3 РУКОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И НАСТРОЙКИ ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ ВИБРОУДАРНЫХ СТАНКОВ ДЛЯ РАЗМЕРНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТХОДОВ НАТУРАЛЬНОЙ КОЖИ

Новый принцип размерного диспергирования со скользящим резанием волокнистых материалов описан в первой части ВКР, там же показано его конструктивное исполнение в виде станка.

В частности, для практической реализации нового принципа вибрационного размерного диспергирования коллагенсодержащих волокнистых материалов животного происхождения разработан способ измельчения (подана заявка на патент РФ №2019113183 от 26.04.2019 г.) резанием с ударом, реализованный в молотковой дробилке, в соответствии с рисунком 3.1, где установлен комбинированный вибропривод имитирующий сложное пространственное движение инструмента в виде «кошачьего когтя».



Рисунок 3.1 – Экспериментальная дробилка для управляемого размерного диспергирования коллагенсодержащих сред

Покажем порядок расчета конструкторско-технологических параметров нового оборудования.

Для примера рассмотрим схему возбуждения колебаний, представленную, в соответствии с рисунком 3.2, имеющую следующие параметры: масса вращаемого тела $m_1 = 0,5$ кг; диаметр вращаемого тела $D = 0,2$ м; радиус вращаемого тела $r = 0,05$ м; длина вылета стержня $l = 0,2$ м; частота вращения ротора $\omega_{вр} = 50$ с⁻¹; осевая тарированная сила $P_{ос} = 0,5$ Н; диаметр стержня $d = 0,01$ м; модуль упругости стержня $E_C = 2,14 \times 10^{10}$ кгс/м²; неуравновешенная радиальная сила $F_2 = 12$ Н; суммарная масса тел $M = 0,8$ кг; время $t = 1$ с.

Жесткость вращаемого тела равна

$$j = \frac{3 \cdot \pi \cdot E_C \cdot d^4}{64 \cdot l^4} = \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 2,14 \times 10^{10} \cdot 0,01^4}{64 \cdot 0,2^4} = 1,969 \times 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Программа представляет собой универсальное средство для расчета траектории движения ротора вибрационного привода путем моделирования движения центра масс инерционной системы средствами *MathCAD*. При этом расчет может производиться для дебалансных, роторных и роторно-дебалансных инерционных систем. Внедрение программы на предприятиях различных форм собственности, занимающихся переработкой твердых промышленных и бытовых отходов во вторичное сельскохозяйственное сырье, позволяет, рассчитать параметры настройки вибропривода станка, посредством которых производится управление амплитудно-частотными характеристиками вынужденных колебаний, соответствии с рисунками 3.2, 3.3 и 3.4.

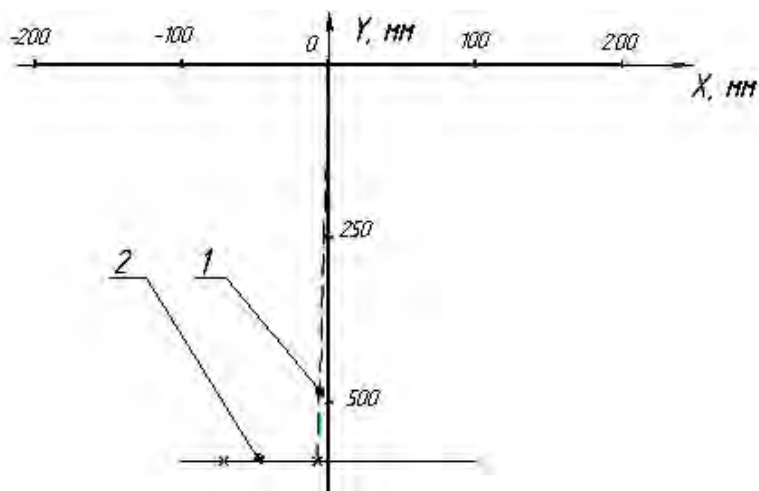


Рисунок 3.2 – Пример изображений, траектория движения ротора в горизонтальной плоскости для роторно-дебалансных инерционных систем: 1 – отрезок, связывающий начало координат и центр ротора, 2 – линия контакта ротора с контртелом

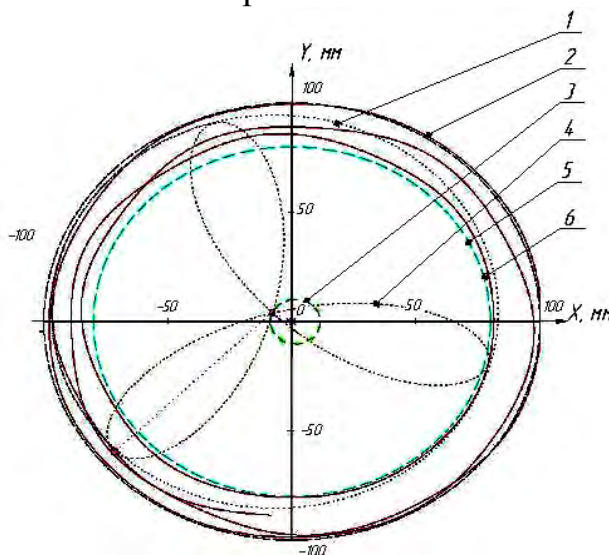


Рисунок 3.3 – Пример изображений, траектория движения ротора во фронтальной плоскости для роторно-дебалансных инерционных систем: 1 – наружная окружность ротора, 2 – линия, описывающая максимальную амплитуду, 3 - траектория движения центра ротора, 4 – ротор, 5 - линия, описывающая минимальную амплитуду, 6 – траектория движения ротора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

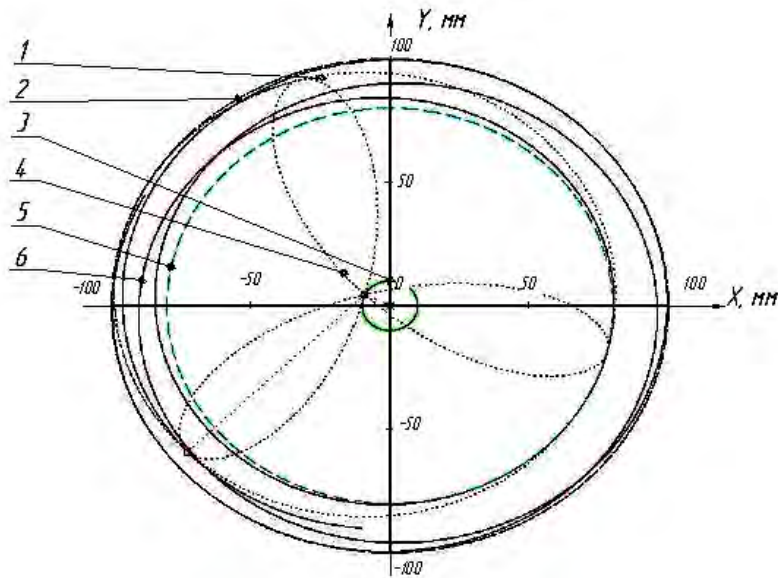


Рисунок 3.4 – Пример изображений, траектория движения ротора во фронтальной плоскости для роторных инерционных систем: 1 – наружная окружность ротора, 2 – линия, описывающая максимальную амплитуду, 3 – траектория движения центра ротора, 4 – ротор, 5 – линия, описывающая минимальную амплитуду, 6 – траектория движения ротора

Для выполнения расчетов на ЭВМ приведем полный листинг программы, в соответствии с рисунком 3.5.

$$\rho = 7800 \quad \omega = \pi \cdot 10 \quad d = 0.1 \quad h = 0.011 \quad d1 = 0.014 \quad l = 0.452 \quad Rc = 0.07 \quad E = 2 \cdot 10^{11}$$

масса диска $m = \rho \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h \quad m = 0.673872$

масса стержня $m1 = \rho \cdot \left(\frac{d1^2}{4} \cdot l \right) \quad m1 = 0.172754$

Осевой момент стержня $Jx = \pi \cdot \frac{d1^4}{64} \quad Jx = 1.885741 \times 10^{-9}$

$$\gamma1 = \text{atan}\left(\frac{Rc}{1}\right) \quad \gamma1 = 0.153647 \quad \theta = \frac{\pi}{180}$$

Given

Угол отклонения ротора

$$\theta = \frac{\left[(m1 + m) \cdot \left(\omega^2 \cdot \frac{1 \cdot \sin(\gamma1 + \theta) \cdot \cos(\theta)}{\cos(\gamma1)} \right) \right] \cdot l^2}{-2 \cdot E \cdot Jx} + \frac{\left(m1 \cdot \omega^2 \cdot \frac{\sin(\theta)}{2} \right) \cdot l^3}{-6 \cdot E \cdot Jx}$$

Find(θ) = -0.014324

$\theta = 0.017453$

Рисунок 3.5 – Листинг программы расчета траектории движения рабочего органа

$$r1 := 1 \quad r2 := 0.9 \quad \phi := 0.05 \cdot \frac{1}{1} \cdot \omega_{ez} := \frac{\pi}{2} \quad t := 0, \frac{1}{1000} .. 8 \quad L := 1.5$$

Угол между подвижной и неподвижной системой

$$\gamma := \arcsin\left(\sin(\phi) \cdot \frac{r2}{r1}\right)$$

Расстояние от оси вращения до центра ротора

$$oa := r2 \cdot \frac{\cos(\gamma)}{\sin(\gamma)}$$

Абсолютная угловая скорость

$$\omega_0 := \omega_{ez} \cdot \frac{L}{r2} \cdot \frac{\cos(-\phi + \gamma)}{\cos(\gamma)}$$

Проекции абсолютной и переносной угловых скоростей на оси подвижной системы

$$\omega_r := \omega_0 \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ \sin(\phi) \\ \cos(\phi) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega_{ez} \end{pmatrix}$$

Угол поворота оси ротора

$$\alpha(t) := \omega_{ez} \cdot t$$

Вектор абсолютной угловой скорости в проекциях на оси неподвижной системы

$$\omega_{ol} := \omega_{ez} \cdot \frac{L}{r2} \cdot \frac{\cos(\gamma - \phi)}{\cos(\gamma)} \cdot \begin{pmatrix} \sin(\alpha(t)) \\ -\cos(\alpha(t)) \\ \cos(\phi) \end{pmatrix}$$

Угол поворота ротора вокруг собственной оси

$$\beta(t) := |\omega_r| \cdot \frac{-\omega_{ez}}{|\omega_{ez}|} \cdot t \quad +$$

Радиус вектор точки a

$$ra := oa \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Радиус вектор идущий из точки A в точку B

$$\rho(t) := r2 \cdot \begin{pmatrix} -\cos(\beta(t)) \\ 0 \\ \sin(\beta(t)) \end{pmatrix}$$

Радиус вектор точки b

$$rb(t) := ra + \rho(t)$$

$$\Delta\phi(t) := \cos(10 \cdot \omega_{ez} \cdot t)$$

$$\Delta\phi_1(t) := \cos(\omega_{ez} \cdot t)$$

Амплитуда для дебаланса

$$Am := \frac{r2 \cdot \omega_{ez}}{100}$$

Продолжение рисунка 3.5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.05.2020.130 ПЗ

Лист

23

$$Mr(t) := \begin{pmatrix} \cos(\beta(t)) & 0 & \sin(\beta(t)) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\beta(t)) & 0 & \cos(\beta(t)) \end{pmatrix}$$

$$Me(t) := \begin{pmatrix} \cos(\alpha(t)) & -\sin(\alpha(t)) & 0 \\ \sin(\alpha(t)) & \cos(\alpha(t)) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Угол наклона ротора к оси неподвижной системы

$$\psi := \frac{\pi}{2} - (-\phi + \gamma)$$

$$mol := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\psi) & \sin(\psi) \\ 0 & -\sin(\psi) & \cos(\psi) \end{pmatrix}$$

Траектория движения ротора

$$rb1(t) := Me(t) \cdot mol \cdot \left[rb(t) + Am \cdot \begin{pmatrix} \Delta\phi(t) \\ 0 \\ \Delta\phi1(t) \end{pmatrix} \right]$$

Траектория движения центра ротора

$$ra1(t) := Me(t) \cdot mol \cdot \left[ra + Am \cdot \begin{pmatrix} \Delta\phi(t) \\ 0 \\ \Delta\phi1(t) \end{pmatrix} \right]$$

Окружность описывающая максимальную амплитуду

$$\rho1(t) := Me(t) \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) & \sin\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \\ 0 & -\sin\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) & \cos\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \end{pmatrix} \cdot \left(\frac{r1}{\sin(\phi)} \right) \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$j := 0..1 \quad t2 := 0.3$$

Отрезок соединяющий начало координат с точкой a

$$oA_j := ra1(t2) \cdot j$$

Положение ротора в момент времени t

$$aB_j := ra1(t2) + [(rb1(t2) - ra1(t2)) \cdot j]$$

$$tr(t) := \frac{-r2}{2} \cdot \begin{pmatrix} \cos(\alpha(t)) + \cos(-2 \cdot \alpha(t)) \\ 0 \\ \sin(\alpha(t)) + \sin(-2 \cdot \alpha(t)) \end{pmatrix}$$

Продолжение рисунка 3.5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

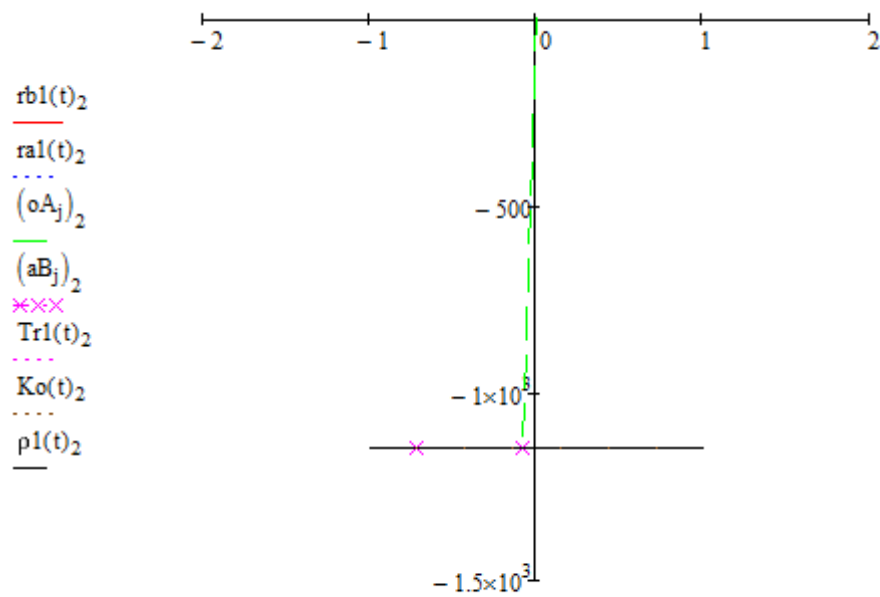
$$\rho_2(t) := Me(t) \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\psi - \gamma) & \sin\left[\frac{\pi}{2} - (\phi + 2 \cdot \gamma)\right] \\ 0 & -\sin\left[\frac{\pi}{2} - (\phi + 2 \cdot \gamma)\right] & \cos\left[\frac{\pi}{2} - (\phi + 2 \cdot \gamma)\right] \end{bmatrix} \cdot \left(\frac{oa}{\cos(\gamma)}\right) \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Контур ротора

$$Ko(t) := (Me(t_2)) \cdot mol \cdot Mr(t_2) \cdot \begin{bmatrix} rb(t) + Am \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \end{bmatrix}$$

Контур триплетника

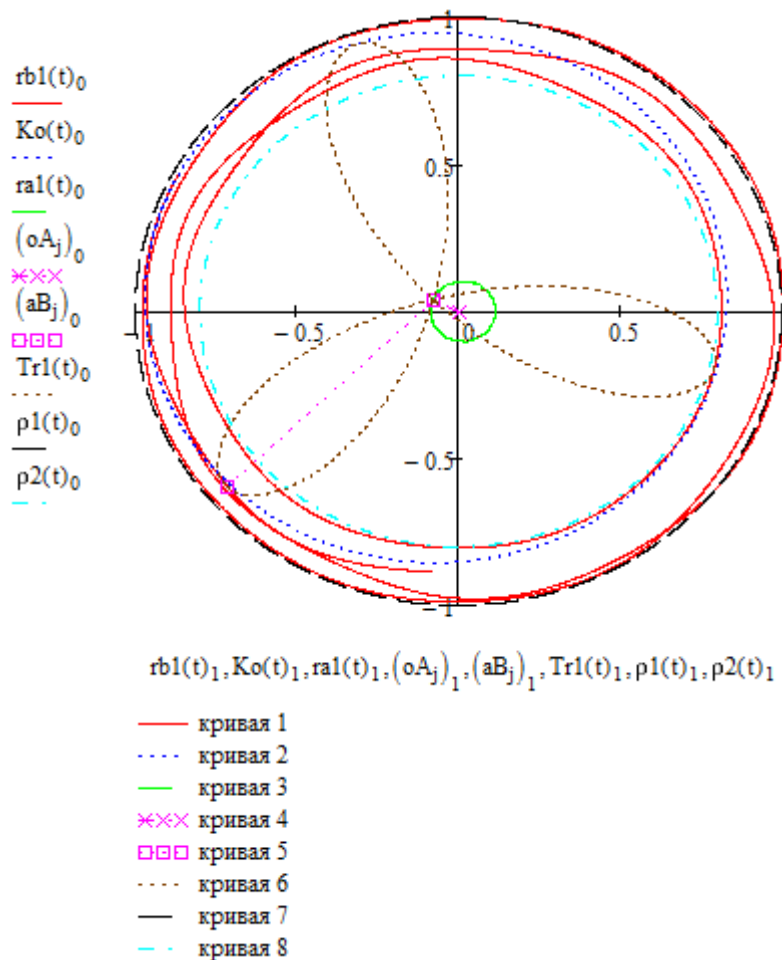
$$Tr1(t) := ra1(t_2) + Me(t_2) \cdot mol \cdot Mr(t_2) \cdot tr(t)$$



$rb1(t)_1, ra1(t)_1, (oA_j)_1, (aB_j)_1, Tr1(t)_1, Ko(t)_1, \rho1(t)_1$

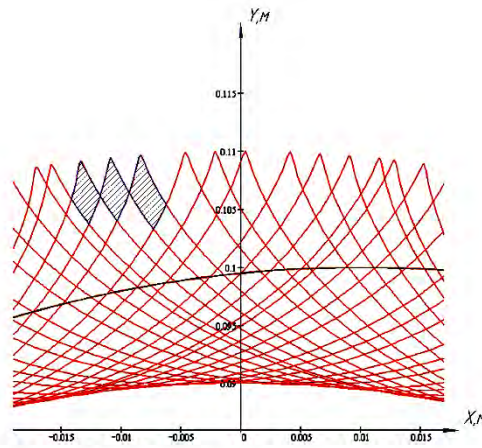
- кривая 1
- кривая 2
- кривая 3
- ××× кривая 4
- кривая 5
- кривая 6
- кривая 7

Продолжение рисунка 3.5



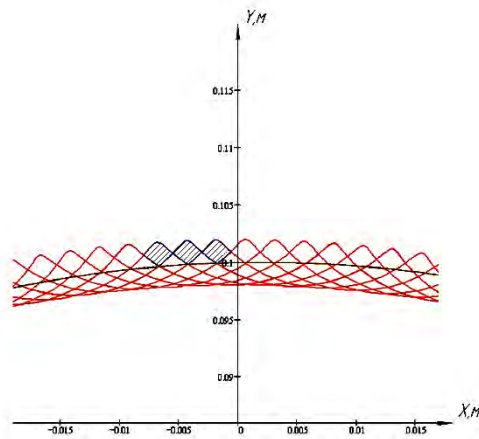
Окончание рисунка 3.5

С целью выполнения расчета и моделирования стружки разработана программа для ЭВМ (свидетельство №2011617667 от 30 сентября 2011 г.). Программа представляет собой универсальное средство для расчета размера и формы элемента стружки посредством моделирования средствами *MathCAD* траектории движения ударно-режущего инструмента при измельчении материалов. При этом расчет может производиться в любом диапазоне технологических параметров, влияющих на процесс. Внедрение программы на предприятиях различных форм собственности, занимающихся переработкой коллагенсодержащих отходов во вторичное сырье, позволяет управлять размерами и формой срезаемого элемента стружки за счет изменения характеристик вынужденных колебаний инструмента, в соответствии с рисунками 3.6 и 3.7.



Срезаемый элемент стружки при:
 $\omega_1 = 500 \text{ рад/с}$ $\omega_2 = -53 \text{ рад/с}$ $r = 0,1 \text{ м}$ $l = 0,01 \text{ м}$

Рисунок 3.6 – Пример изображений, расчетная модель поперечно-го сечения срезаемого элемента стружки



Срезаемый элемент стружки при:
 $\omega_1 = 500 \text{ рад/с}$ $\omega_2 = -14 \text{ рад/с}$ $r = 0,1 \text{ м}$ $l = 0,002 \text{ м}$

Рисунок 3.7 – Пример изображений, расчетная модель поперечно-го сечения срезаемого элемента стружки

Для выполнения расчетов на ЭВМ ниже приведем полный листинг программы, в соответствии с рисунками 3.8 – 3.13.

Пределы и шаг изменения переменной времени - t

$$t0 := 3 \quad N := 4000 \quad t := 0, \frac{t0}{N} .. t0$$

Угловые скорости эксцентрика инструмента

$$\omega1z := 200 \quad \omega2z := 12 \quad d := 0.2 \quad l := 0.01$$

$$\omega1 := \omega1z \quad \omega2 := \omega2z$$

$$\alpha(t) := \omega1z \cdot t \quad \alpha2(t) := \omega2z \cdot t$$

$$r2 := \frac{d}{2} \quad r3 := r2 + 0.01$$

Траектории движения точек A и B

$$A(t) := l \cdot \begin{pmatrix} \cos(\alpha(t)) \\ \sin(\alpha(t)) \\ 0 \end{pmatrix} \quad AB(t) := r2 \cdot \begin{pmatrix} \cos(\alpha2(t)) \\ \sin(\alpha2(t)) \\ 0 \end{pmatrix} \quad B(t) := A(t) + AB(t)$$

$$j := 0..1 \quad t2 := 0.1$$

$$A2 := A(t2) \quad B2 := B(t2) \quad \text{положение точек в момент времени } t2$$

$$Kk(t) := A2 + AB(t) \quad \text{контур фрезы}$$

$$oA_j := A2 \cdot j \quad \text{контур эксцентрика}$$

$$aB_j := A2 + AB(t2) \cdot j \quad \text{контур радиуса соединяющего точки A и B в момент времени } t2$$

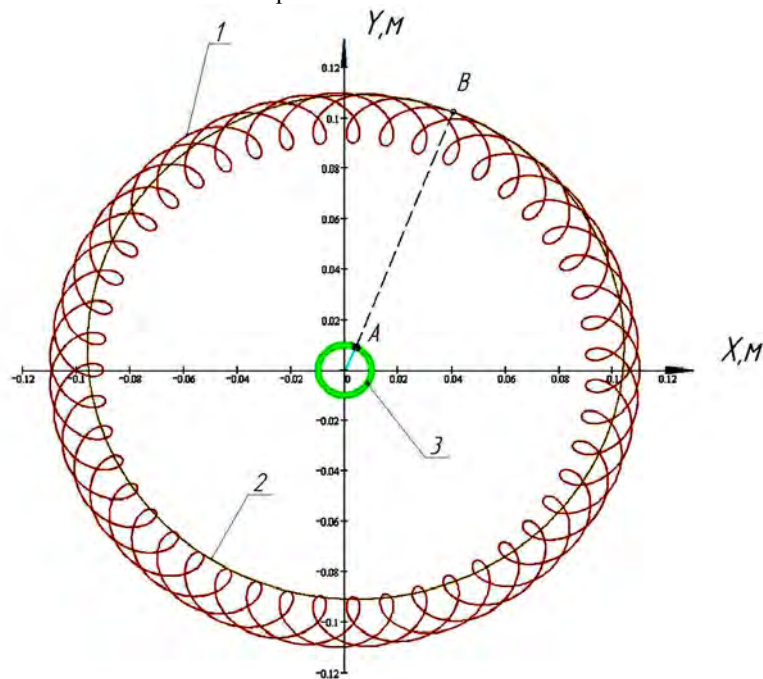


Рисунок 3.8 – Сложное движение вершины зуба инструмента вибрационно-го измельчителя: 1 – Траектория движения вершины зуба инструмента (точка B); 2 – Контур инструмента; 3 – Траектория движения точки A.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

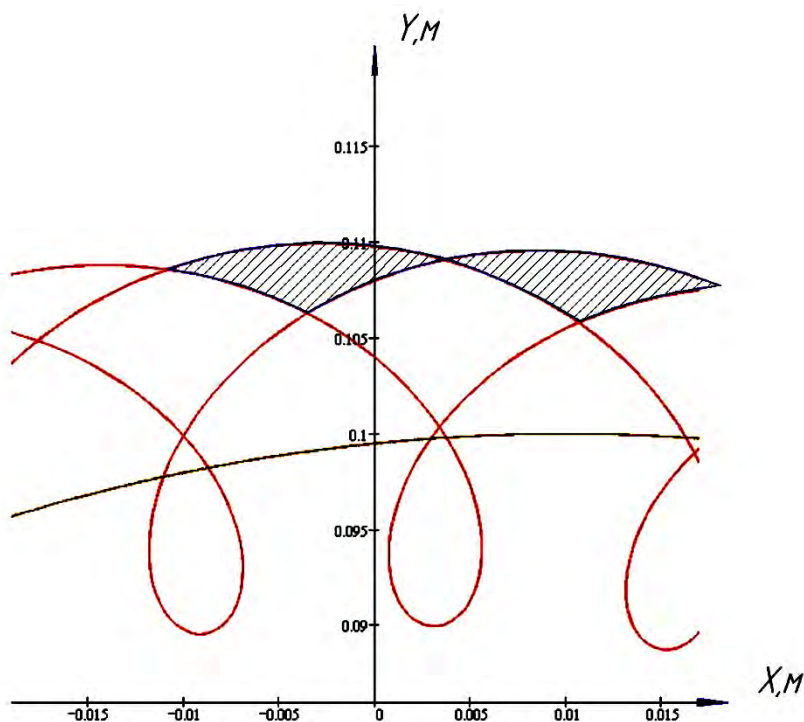


Рисунок 3.9 – Срезаемый элемент. Штриховка означает площадь поперечного сечения отделяемого элемента стружки

Матрица обратного преобразования координат

$$Mo1(\dot{t}) := \begin{pmatrix} \cos(\alpha 2(\dot{t})) & -\sin(\alpha 2(\dot{t})) & 0 \\ \sin(\alpha 2(\dot{t})) & \cos(\alpha 2(\dot{t})) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad AM(\dot{t}) := r2 \cdot \begin{pmatrix} \cos\left(\frac{r3}{r2} \cdot \omega 1z \cdot t\right) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$AM1(\dot{t}) := Mo1(\dot{t}) \cdot AM(\dot{t})$$

Матрица обратного линейного преобразования координат

$$Vmr(\dot{t}) := r2 \cdot \omega 1z \cdot \frac{r3}{r2} \cdot \begin{pmatrix} -\sin\left(\frac{r3}{r2} \cdot \alpha(\dot{t})\right) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad Vmr1(\dot{t}) := Mo1(\dot{t}) \cdot Vmr(\dot{t})$$

$$Va1(\dot{t}) := \omega 1 \cdot A(\dot{t}) \quad \text{Относительная скорость точки M}$$

$$Vme1(\dot{t}) := \omega 2 \cdot AM1(\dot{t}) \quad \text{Переносная скорость точки M}$$

$$Vm1(\dot{t}) := Va1(\dot{t}) + Vme1(\dot{t}) + Vmr1(\dot{t}) \quad \text{Абсолютная скорость точки M}$$

Рисунок 3.10 – Изменение абсолютной скорости точки M в проекциях

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Абсолютное ускорение точки

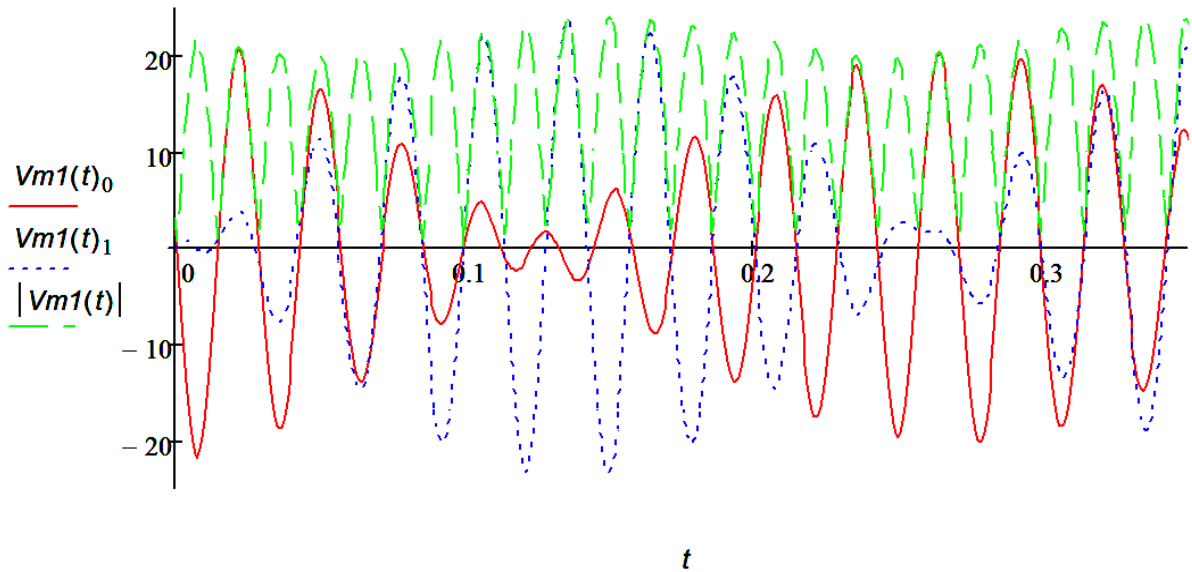
$$Amr(t) := \left(\frac{-r3}{r2} \right)^2 \cdot \omega 1 z^2 \cdot r2 \cdot \begin{pmatrix} \cos\left(\frac{r3}{r2} \cdot \omega 1 z \cdot t\right) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad Amr1(t) := Mo1(t) \cdot Amr(t)$$

$$Aa1(t) := \omega 1 \cdot Va1(t) \quad \text{Относительное ускорение}$$

$$Ae1(t) := \omega 2 \cdot Vme1(t) \quad \text{Переносное ускорение}$$

$$Amc1(t) := 2\omega 2 Vmr1(t) \quad \text{Ускорение Кориолиса}$$

$$A1(t) := Aa1(t) + Ae1(t) + Amr1(t) + Amc1(t) \quad \text{Абсолютное ускорение точки}$$



Продолжение рисунка 3.10

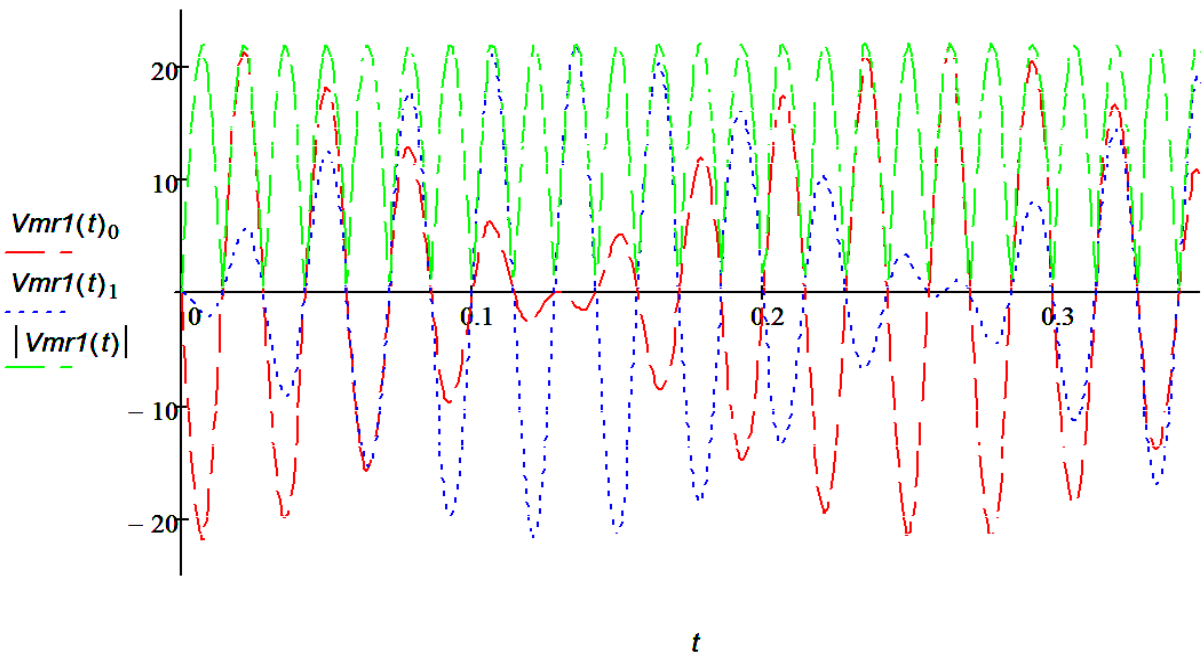


Рисунок 3.11 – Изменение относительной скорости точки М в проекциях

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

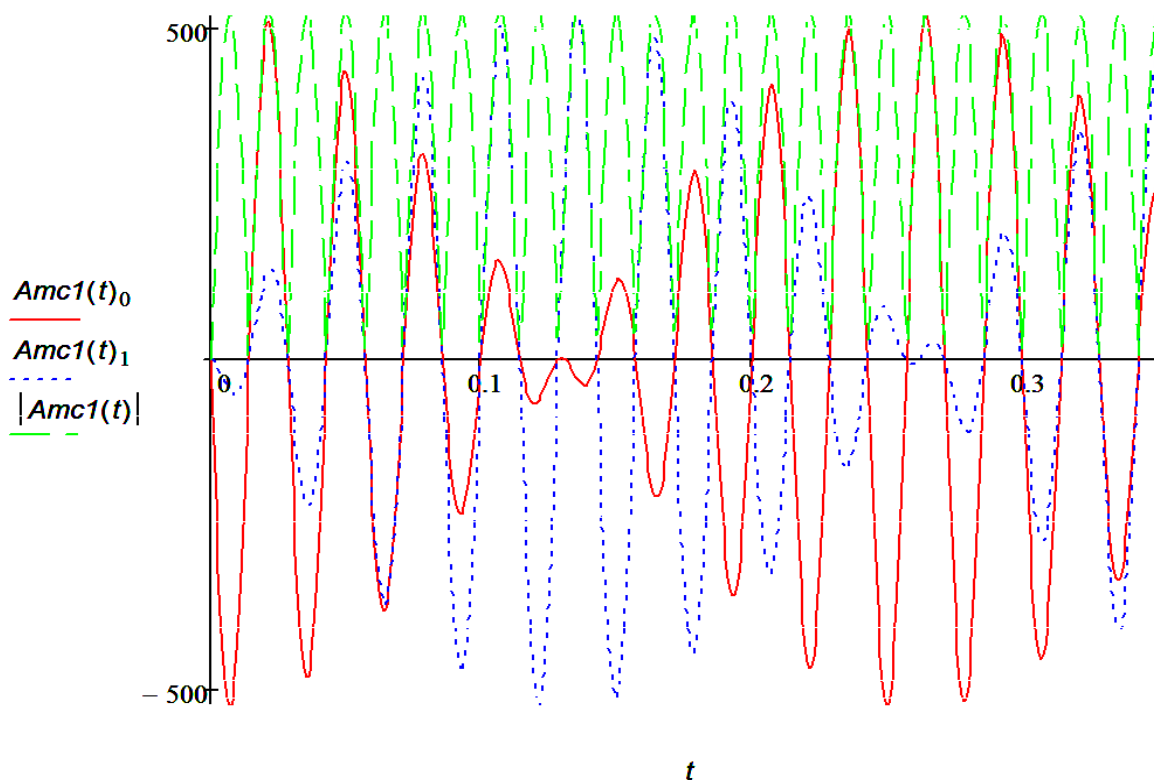


Рисунок 3.12 – Изменение ускорения Кориолиса точки М в проекциях на оси неподвижной системы

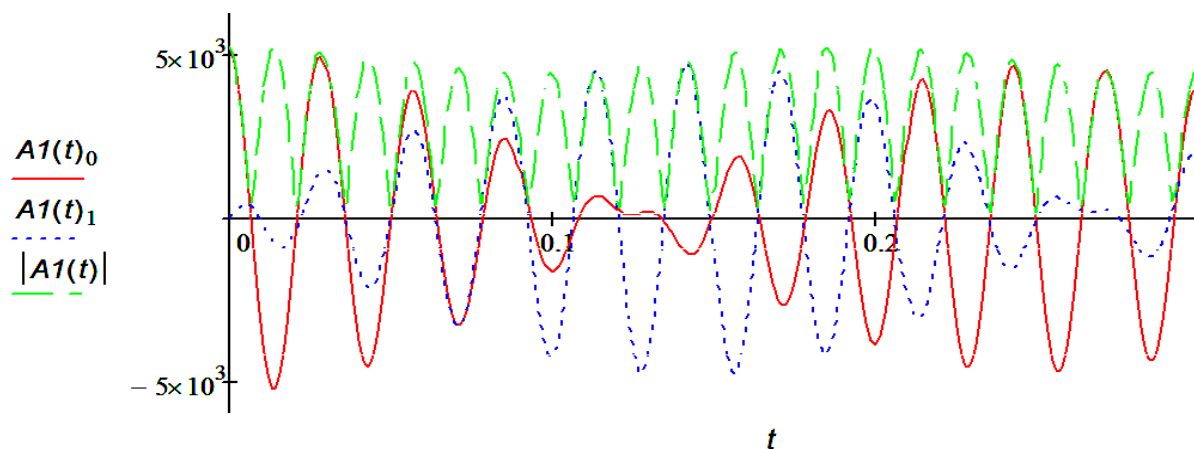


Рисунок 3.13 – Изменение абсолютного ускорения точки М в проекциях на оси неподвижной системы

Выводы по разделу три

1. Для практической реализации нового принципа размерного измельчения с ударно-скользящим резанием натуральной кожи разработана и изготовлена экспериментальная дробилка (подана заявка № 2019113183 от 26.04.2019 г. на патент РФ).

2. Для проектирования и настройки привода главного движения таких станков разработана программа для ЭВМ (свидетельство №2011617663 от 30.09.2011 г.).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3. Для расчета и моделирования геометрических параметров формируемых элементов стружки при размерном измельчении кожи разработана программа для ЭВМ (свидетельство №2011617667 от 30.09.2011 г.).

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА СТАБИЛИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ УДАРНО-РЕЖУЩЕМ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ ОТХОДОВ КОЖИ

Для практической реализации нового принципа вибрационного размерного диспергирования коллагенсодержащих волокнистых материалов животного происхождения разработан способ измельчения (подана заявка на патент РФ №2019113183 от 26.04.2019 г.) резанием с ударом, который реализован в молотковой дробилке с применением нового ударно-режущего инструмента изображенного на рисунке 4.1 и комбинированного вибропривода, имитирующего его сложное пространственное движение «кошачьего когтя», в соответствии с рисунком 4.2.



Рисунок 4.1 – Инструмент («коготь») ударно-режущего действия для вибрационной молотковой дробилки



Рисунок 4.2 – Экспериментальная дробилка для управляемого размерного диспергирования коллагенсодержащих сред

В ходе сравнительных испытаний дробилки экспериментально были опробованы два вида заточки инструментов ударно-режущего действия. Сначала были испытаны инструменты с двусторонней заточкой (для увеличения срока службы) шаберного типа, в соответствии с рисунком 4.3.

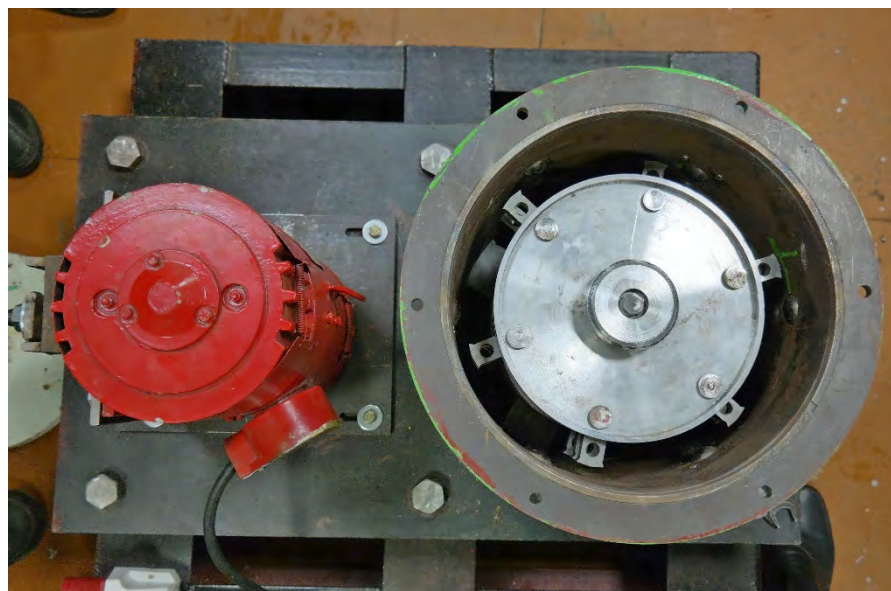


Рисунок 4.3 – Экспериментальная вибрационная дробилка для размерного диспергирования коллагенсодержащих сред с установленными на дисках ротора инструментами с шаберной заточкой

Испытания показали, что при такой заточке инструментов на 25÷30% снижается производительность диспергирования коллагенсодержащих сред и на 45÷50% повышается расход электроэнергии по сравнению с диспергированием наиболее перспективными остроконечными инструментами (см. рис. 4.1). Диспергированию подвергались отходы натуральной кожи по договору о сотрудничестве совместно с производственными предприятиями ООО «Аллюр-Злат» и ИП «Крутицкая И.П. Шорные товары» г. Златоуст Челябинской области.

Экспериментальная установка показала: во-первых, хорошие возможности в части управления процессом размерного диспергирования коллагенсодержащих материалов в соответствии с рисунком 4.4.

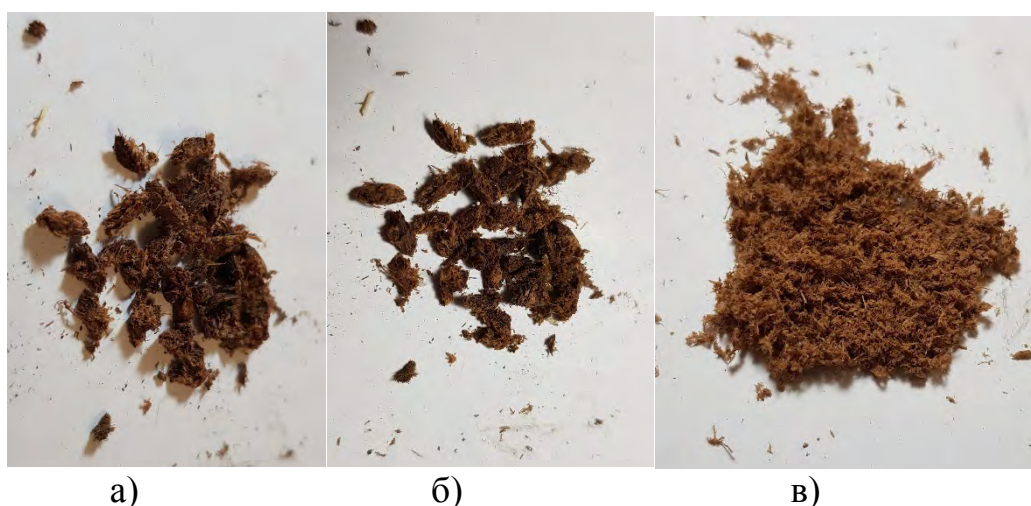


Рисунок 4.4 – Образцы кожаной стружки, полученной при ударно-режущем измельчении (увеличено в 5 раз): а) дисперсность 4 мм; б) дисперсность 2 мм; в) дисперсность 0,5 мм

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

15.03.05.2020.130 ПЗ

Лист

34

Во-вторых, возможность управления свойствами изделий при применении вторичной кожаной стружки в качестве наполнителя при производстве спортивных напольных матов, боксерских перчаток и т.п., а также при изготовлении композитного материала – листовой прессованной кожи, в соответствии с рисунком 4.5. Прочностные характеристики композита проверялись по ГОСТ 938.11-69 и ГОСТ 8978-2003.

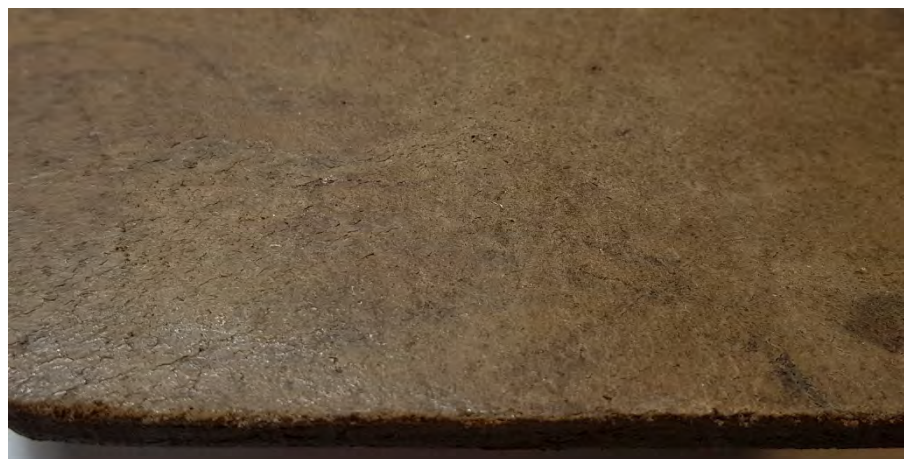


Рисунок 4.5 – Фрагмент образца листовой прессованной кожи толщиной 7 мм

Кроме того, при проведении испытаний, были отработаны оптимальные технологические режимы ударно-режущего измельчения отходов кожи.

Проведённый анализ результатов экспериментов наглядно показал, что формообразование профиля определяемого элемента стружки в общем случае может происходить более чем двумя траекториями. Процесс отделения элементов стружки стабильного размера и формы начинается при перемещении точки пересечения соседних криволинейных траекторий за кромку измельчаемого материала. А при помощи компьютерного расчёта, в соответствии с рисунком 4.6 прогнозируются размеры и форма профиля срезаемого элемента стружки в радиальном направлении в зависимости от технологических параметров процесса вибрационного измельчения: амплитуды и частоты колебаний, подачи, диаметра инструмента и его частоты вращения.

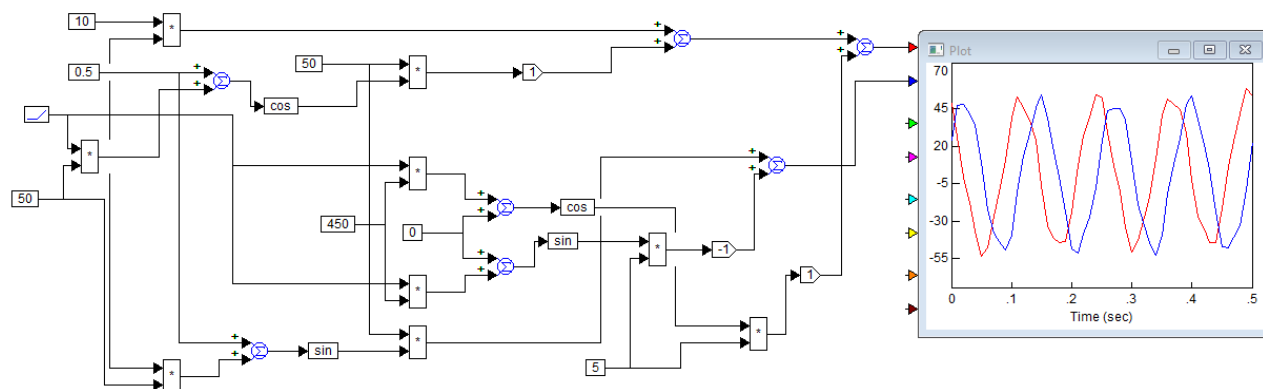


Рисунок 4.6 – Структурная схема расчёта в среде «VisSim»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Примеры рассчитанных профилей элементов стружки для различных случаев приведены на рисунке 4.7. При этом была выявлена возможность получения разных по длине и толщине элементов стружки.

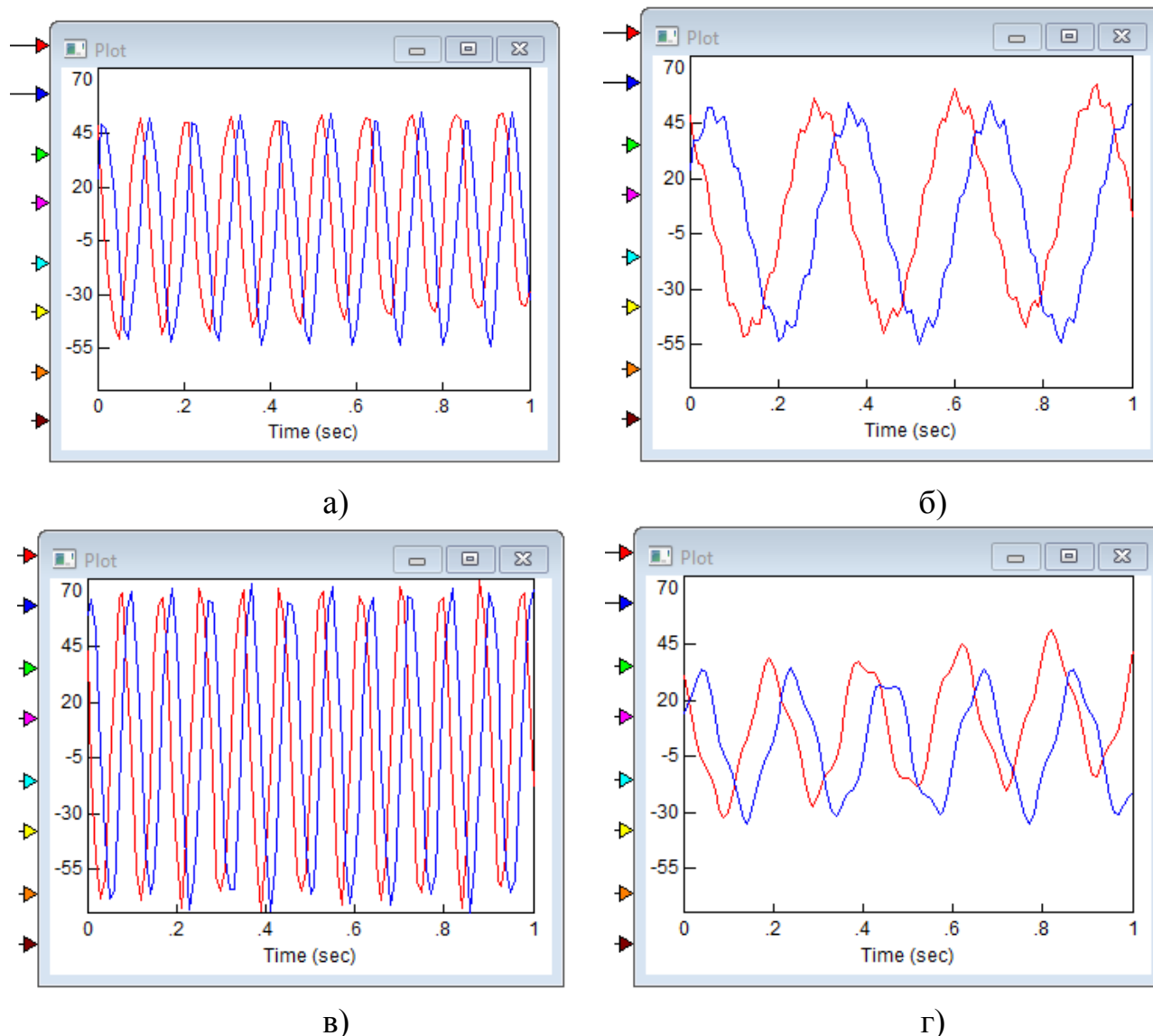
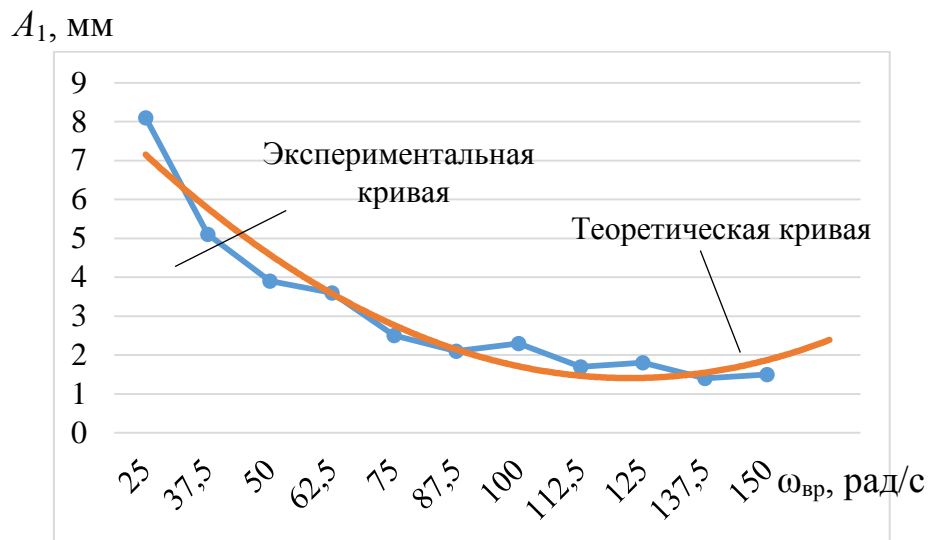


Рисунок 4.7 – Срезаемый элемент:

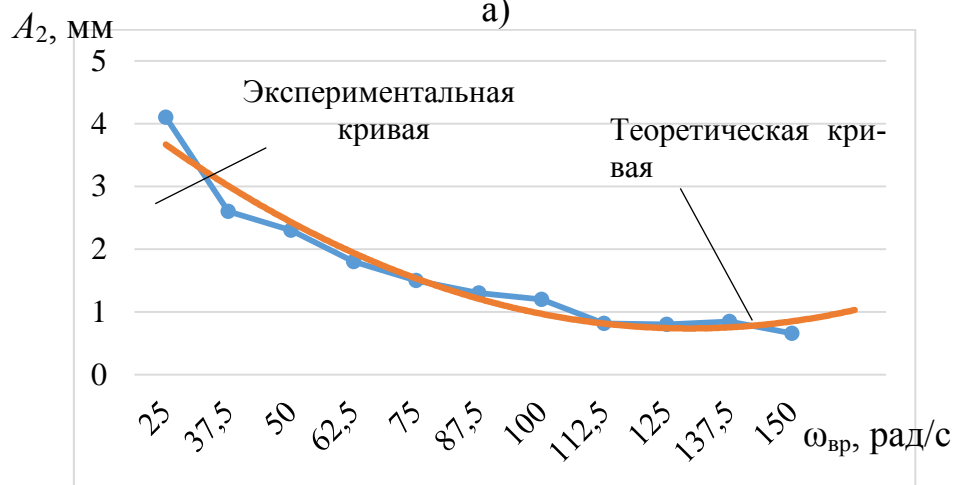
- а) при $\omega = 100$ рад/с; $\omega_k = 730$ рад/с; $A = 5$ мм;
- б) при $\omega = 50$ рад/с; $\omega_k = 730$ рад/с; $A = 5$ мм;
- в) при $\omega = 100$ рад/с; $\omega_k = 730$ рад/с; $A = 7$ мм;
- г) при $\omega = 50$ рад/с; $\omega_k = 730$ рад/с; $A = 2$ мм.

Результаты испытаний также показали, что на данной экспериментальной машине для измельчения волокнистых материалов частоту колебаний можно регулировать в диапазоне от 0 до 160 Гц, а амплитуду колебаний – от 0 до 8 мм. Данные диапазоны частоты и амплитуды колебаний не могут быть шире в связи с возможностями привода вращения, в соответствии с рисунками 4.8 и 4.9.

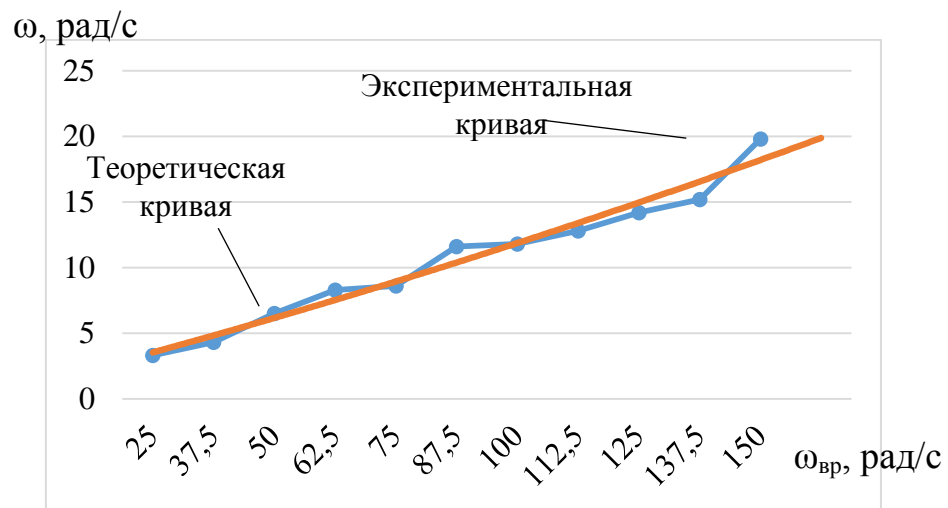
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------



а)



б)

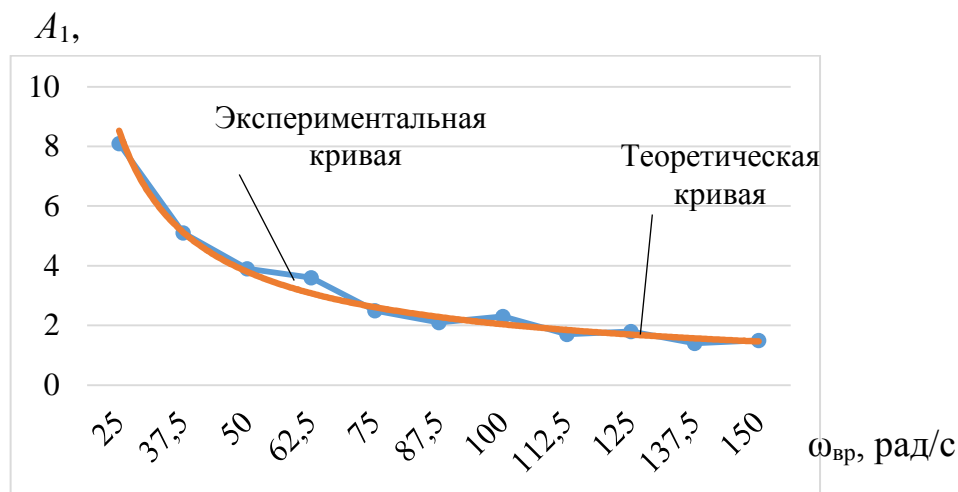


в)

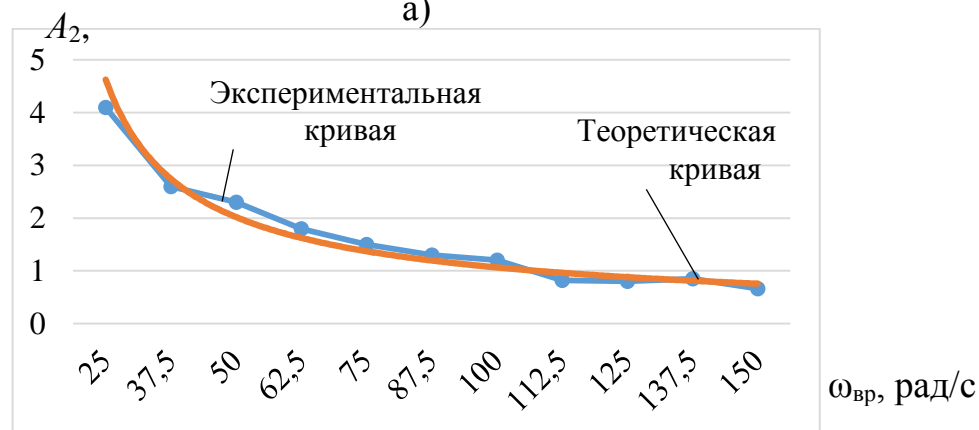
Рисунок 4.8 – Результаты экспериментальных исследований машины для размерного измельчения волокнистых материалов при

$\omega_{вр} = \text{varia}$, $P_{ос} = 75\text{Н}$:

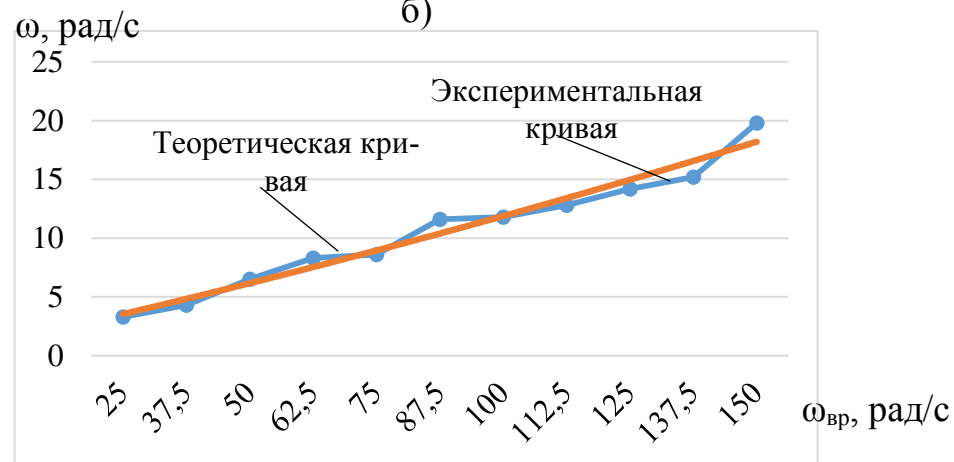
а) $A_1 = f(\omega_{вр})$; б) $A_2 = f(\omega_{вр})$; в) $\omega = f(\omega_{вр})$.



а)



б)



в)

Рисунок 4.9 – Результаты экспериментальных исследований машины для размерного измельчения волокнистых материалов при $P_{ос} = \text{varia}$, $\omega_{вр} = 9$ рад/с:

а) $A_1 = f(\omega_{вр})$; б) $A_2 = f(\omega_{вр})$; в) $\omega = f(\omega_{вр})$.

Опытным путём было выяснено, что при изменении величины осевой силы прижима ротора обеспечивается эффективное плавное регулирование параметров колебаний ротора машины для измельчения волокнистых материалов, так как при изменении частоты вращения ротора амплитуда меняется резко, при этом сложно обеспечить точность настройки, а при изменении осевого усилия – плавно. Так же установлено, что частота колебаний возрастает при увеличении осевого усилия, а амплитуда уменьшается.

В процессе работы станков под нагрузкой все его механизмы работали в требуемом режиме в соответствии с техническим заданием. Заеданий вращающихся частей, перегрева подшипниковых узлов и виброприводов не наблюдалось. Каждый из станков эксплуатировался в течении 60 часов. Отказов в работе станков не было. Процесс измельчения проходил стабильно.

Для проверки выдвинутых предположений о возможности размерного измельчения коллагенсодержащих материалов в спроектированном экспериментальном измельчителе был выполнен анализ гранулометрического состава получаемой вторичной стружки, с использованием статистических методов [80,81,82].

В ходе проведения экспериментов принимались различные настраиваемые параметры экспериментальной установки для измельчения отходов натуральной кожи. Для примера рассмотрим случай, когда при настройке установки принимались регулируемые параметры: осевая сила $P_{oc} = 25$ Н прижатия ротора к контртелу вибропривода (см. п.1.4.2 отчета); частота колебаний ротора с инструментами $\omega_k = 10$ Гц; частота вращения ротора $\omega = 1$ Гц. Результаты экспериментального испытания машины для измельчения волокнистых материалов показаны на рисунке 4.10.

При статистическом анализе рассматривался характерный размер X , мм, представляющий собой максимальный продольный размер рассматриваемых элементов стружки. Схема определения характерного размера X представлена на рисунке 4.11.

По результатам эксперимента случайным образом произведем выборку, состоящую из n элементов стружки максимально крупного размера для наглядности эксперимента.

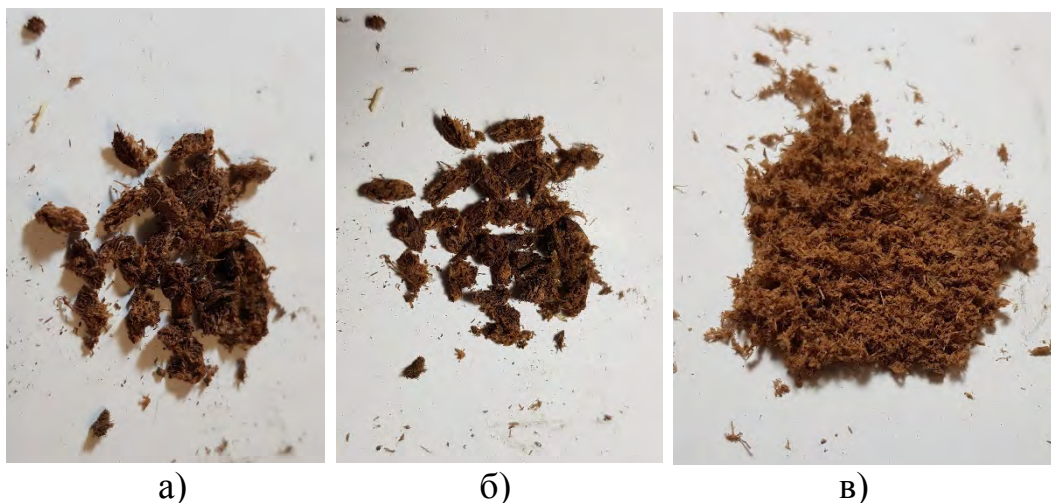


Рисунок 4.10 – Образцы кожаной стружки, полученной при ударно-режущем измельчении (увеличено в 5 раз): а) дисперсность 4 мм; б) дисперсность 2 мм; в) дисперсность 0,5 мм

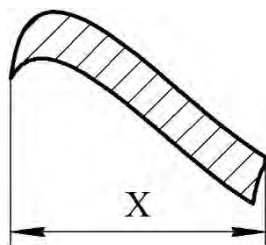


Рисунок 4.11 – Схема определения характерного размера X

Затем упорядочим выборку преобразовав ее в вариационный (интервальный) ряд, то есть запишем все значения характерного размера X в возрастающем порядке. Протокол выборки представлен в таблице 4.1. По данным таблицы 4.1 запишем основных численные характеристики выборки:

1. Объём выборки, $n = 400$;
2. Минимальное значение характерного размера, $x_{\min} = 9$;
3. Максимальное значение характерного размера, $x_{\max} = 18$.

Затем разобьем диапазон изменения характерного размера X на интервалы. Число интервалов k определяется по полуэмпирической формуле

$$k = 1 + 3,322 \cdot \lg n; \quad (4.1)$$

$$k = 1 + 3,322 \cdot \lg(400) = 9,64 \approx 10.$$

Ширина каждого k -го интервала Δ будет равна

$$\Delta = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k}; \quad (4.2)$$

$$\Delta = \frac{18 - 9}{10} = 0,9.$$

$$x_0 = x_{\min}, \quad (4.3)$$

$$x_{i+1} = x_i + \Delta. \quad (4.4)$$

По протоколу выборки, в соответствии с таблицей 4.1 определяем частоту интервала n_i (количество элементов, попавших в i -й интервал). Если значение элемента совпадает с границей интервала, то оно относится к предыдущему интервалу.

Относительные частоты интервалов P_i^* (при $i = 1, 2, \dots, k$) определяем по формуле

$$P_i^* = \frac{n_i}{n}. \quad (4.5)$$

Определим границы интервалов x_i (при $i = 0, 1, 2, \dots, k - 1$), результаты расчётов записываем в соответствии с таблицей 4.2

Таблица 4.1 – Протокол выборки

Характерный размер X , мм														
9	11	11,5	12	12,5	13	13	14	14	14	14,5	15	15,5	16,5	17
9	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14	14	14,5	15	15,5	16,5	17
9	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14	14	14,5	15	15,5	16,5	17
9,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14	14	14,5	15	15,5	16,5	17
9,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14	14	14,5	15	15,5	16,5	17
9,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14	14	14,5	15	15,5	16,5	17
9,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14	14	14,5	15	15,5	16,5	17
9,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14	14	14,5	15	15,5	16,5	17
9,5	11	12	12	12,5	13	13,5	14	14	14	14,5	15	15,5	16,5	17,5
10	11	12	12	13	13	13,5	14	14	14	14,5	15	15,5	16,5	17,5
10	11	12	12	13	13	13,5	14	14	14	14,5	15	15,5	16,5	17,5
10	11	12	12	13	13	13,5	14	14	14	14,5	15	16	16,5	17,5
10	11	12	12	13	13	13,5	14	14	14	14,5	15	16	16,5	17,5
10	11	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14	14,5	15	16	16,5	17,5
10	11	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14	14,5	15	16	16,5	17,5
10	11	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14	14,5	15	16	16,5	18
10	11	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14	14,5	15	16	16,5	18
10,5	11	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14	14,5	15	16	16,5	18
10,5	11,5	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14	14,5	15	16	17	18
10,5	11,5	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14	14,5	15	16	17	18
10,5	11,5	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14,5	14,5	15	16	17	18
10,5	11,5	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14,5	14,5	15	16	17	
10,5	11,5	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14,5	14,5	15	16	17	
10,5	11,5	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14,5	15	15	16	17	
10,5	11,5	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14,5	15	15	16	17	
11	11,5	12	12,5	13	13	13,5	14	14	14,5	15	15,5	16	17	

Для сокращения вычислений элементам выборки, попавшим в i -й интервал, припишем значения равные серединам интервалов. Середина интервала \tilde{x}_i вычисляется по формуле

$$\tilde{x}_i = \frac{x_{i-1} + x_i}{2}. \quad (4.6)$$

Для упрощения дальнейших выкладок значения середин интервалов заменим на условные варианты \tilde{y}_i по формуле

$$\tilde{y}_i = \frac{\tilde{x}_i - c}{\Delta}, \quad (4.7)$$

где c – ложный ноль (новое начало отсчёта).

Таблица 4.2 – Построение гистограммы относительных частот интервалов

Статистическое распределение выборки				Середина интервала	Условная варианта	Произведение условной варианты и относительной частоты	Произведение квадрата условной варианты и относительной частоты	Частное относительной частоты и ширины интервала
№ инт.	Границы интервалов	Частота интервала	Относительная частота					
		n_i	P_i^*	\tilde{x}_i	\tilde{y}_i	$\tilde{y}_i \cdot P_i^*$	$\tilde{y}_i^2 \cdot P_i^*$	$\frac{P_i^*}{\Delta}$
1	[9; 9,9]	9	0,02	9,45	-5	-0,1	0,5	0,02
2	(9,9; 10,8]	17	0,04	10,35	-4	-0,16	0,64	0,04
3	(10,8; 11,7]	36	0,09	11,25	-3	-0,27	0,81	0,1
4	(11,7; 12,6]	56	0,14	12,15	-2	-0,28	0,56	0,16
5	(12,6; 13,5]	72	0,18	13,05	-1	-0,18	0,18	0,2
6	(13,5; 14,4]	75	0,19	13,95	0	0	0	0,21
7	(14,4; 15,3]	59	0,15	14,85	1	0,15	0,15	0,17
8	(15,3; 16,2]	41	0,1	15,75	2	0,2	0,4	0,11
9	(16,2; 17,1]	24	0,06	16,65	3	0,18	0,54	0,07
10	(17,1; 18]	11	0,03	17,55	4	0,12	0,48	0,03
Сумма		n	$\sum_{i=1}^k P_i^*$			h_1	h_2	
		400	1			-0,34	4,26	

Поскольку число интервалов чётное ($k = 10$) в качестве ложного нуля принимаем середину интервала с наибольшим значением n_i , $c = 13,95$.

Затем вычислим значение h_1 по формуле

$$h_1 = \sum_{i=1}^k \tilde{y}_i \cdot P_i^* \quad (4.8)$$

$$h_1 = (-5) \cdot 0,02 + (-4) \cdot 0,04 + (-3) \cdot 0,09 + (-2) \cdot 0,14 + (-1) \cdot 0,18 + 0 \cdot 0,19 + 1 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,11 + 3 \cdot 0,06 + 4 \cdot 0,03 = -0,25$$

и оценим математическое ожидание \bar{x} по формуле

$$\bar{x} = \Delta \cdot h_1 + c; \quad (4.9)$$

$$\bar{x} = 0,9 \cdot (-0,25) + 13,95 = 13,73.$$

После этого вычислим значение h_2 по формуле

$$h_2 = \sum_{i=1}^k \tilde{y}_i^2 \cdot P_i^*; \quad (4.10)$$

$$h_2 = (-5)^2 \cdot 0,02 + (-4)^2 \cdot 0,04 + (-3)^2 \cdot 0,04 + (-2)^2 \cdot 0,12 + (-1)^2 \cdot 0,18 + 0^2 \cdot 0,22 + 1^2 \cdot 0,16 + 2^2 \cdot 0,11 + 3^2 \cdot 0,06 + 4^2 \cdot 0,02 = 3,89.$$

Оценим дисперсию S^2 по формуле

$$S^2 = \Delta^2 \cdot (h_2 - h_1^2); \quad (4.11)$$

$$S^2 = 0,9^2 \cdot (3,89 - (-0,25)^2) = 3,1.$$

Несмещённая оценка дисперсии S_H^2 определяется по формуле

$$S_H^2 = \frac{n}{n-1} \cdot S^2; \quad (4.12)$$

$$S_H^2 = \frac{400}{400-1} \cdot 3,1 = 3,11.$$

Оценка среднего квадратического отклонения $\bar{\sigma}$ определим по формуле

$$\bar{\sigma} = \sqrt{S_H^2}; \quad (4.13)$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{3,11} = 1,76.$$

Теоретическая плотность распределения описывается выражением

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\bar{\sigma}}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\bar{\sigma}^2}}; \quad (4.14)$$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 1,76}} \cdot e^{-\frac{(x-13,73)^2}{2 \cdot 1,76^2}} = 0,23 \cdot e^{-\frac{(x-13,73)^2}{6,2}}.$$

В итоге построим график теоретической плотности распределения и гистограмму относительных частот интервалов, в соответствии с рисунком 4.12.

Ввиду ограниченного числа наблюдений статистический закон распределения обычно в какой-то мере отличается от теоретического. Возникает необходимость определить: является ли расхождение между статистическими и теоретическими законами распределения следствием ограниченного числа наблюдений или оно является существенным и связано с тем, что действительное распределение случайной величины не соответствует гипотезе о нормальном распределении.

Для проверки гипотезы о нормальном распределении произведём новую классификацию выборки: добавим к уже имеющимся новые интервалы $(-\infty; x_0)$ и

$(x_k; +\infty)$, и объединим интервалы, для которых $n < 5$. После преобразований новое количество интервалов $k_1 = 12$.

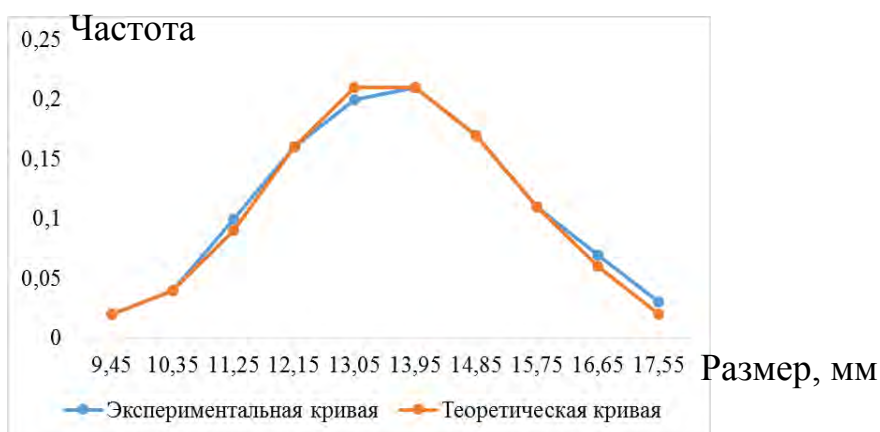


Рисунок 4.12 – Гистограмма относительных частот

Вычисляем теоретические вероятности P_i попадания варианты в каждом интервале по формуле, результаты расчётов заносим в соответствии с таблицей 4.3.

Таблица 4.3 – Определение критерия согласия Пирсона χ^2

№ инт.	Границы интервалов	Теоретическая вероятность	Частота интервала	Относительная частота интервала		
—	—	P_i	n_i	P_i^*	nP_i	$\frac{(n_i - nP_i)^2}{nP_i}$
1	$(-\infty; 9]$	0	0	0	0	0
2	$(9; 9,9]$	0,02	9	0,02	8	0,13
3	$(9,9; 10,8]$	0,06	17	0,04	24	2,04
4	$(10,8; 11,7]$	0,11	36	0,09	4	1,45
5	$(11,7; 12,6]$	0,17	56	0,14	68	2,12
6	$(12,6; 13,5]$	0,19	72	0,18	76	0,21
7	$(13,5; 14,4]$	0,18	75	0,19	72	0,13
8	$(14,4; 15,3]$	0,13	59	0,15	52	0,94
9	$(15,3; 16,2]$	0,08	41	0,1	32	2,53
10	$(16,2; 17,1]$	0,04	24	0,06	18	4
11	$(17,1; 18]$	0,02	11	0,03	8	1,13
12	$(18; +\infty)$	0	0	0	0	0
Сумма		$\sum_{i=1}^k P_i$	n	$\sum_{i=1}^k P_i^*$		χ^2
		1	400	1		14,68

$$P_i = \Phi\left(\frac{x_{i+1} - \bar{x}}{\bar{\sigma}}\right) - \Phi\left(\frac{x_i - \bar{x}}{\bar{\sigma}}\right), \quad (4.15)$$

Число степеней свободы r определяется по формуле

$$r = k - L - 1, \quad (4.16)$$

где $L = 2$ – число параметров нормального распределения,

$$r = 12 - 2 - 1 = 9.$$

Расхождение между статистическим и теоретическим распределениями является несущественной, если величина критерия согласия Пирсона χ^2 не превышает критического значения $\chi_{кр}^2$.

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числу степеней свободы $r = 9$ критическое значение критерия согласия Пирсона будет равен

$$\chi_{кр}^2 = 16,9.$$

Так как $\chi^2 = 14,68 < \chi_{кр}^2 = 16,9$, то выдвинутую гипотезу о том, что случайная величина (характерный размер X) распределена по нормальному закону, можно с надёжностью $\beta = 1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$ считать правдоподобной, не противоречащей опытным данным.

Выводы по разделу четыре

1. В ходе сравнительных испытаний дробилки экспериментально были опробованы два вида заточки инструментов ударно-режущего действия. Сначала были испытаны инструменты с двусторонней заточкой шаберного типа, а затем – нового ударно-режущего инструмента типа «кошачьего когтя». Испытания показали, что при заточке инструментов первого типа на 25-30% снижается производительность измельчения коллагенсодержащих сред и на 45-50% повышается расход электрической энергии по сравнению с измельчением наиболее перспективными остроконечными инструментами.

2. Экспериментальная установка показала хорошие возможности в части управления процессом размерного диспергирования материалов. Эти результаты были подтверждены статистическими исследованиями стабильности геометрических параметров кожаной стружки, полученной при ударно-режущем размерном измельчении кожи. Были построены теоретические и экспериментальные кривые распределения размеров стружки. Расхождение размеров в пределах 10%.

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Классификация и этапы НИР

Научные исследования подразделяются на фундаментальные, поисковые и прикладные. Фундаментальные исследования могут быть теоретическими и экспериментальными. Основой фундаментальных исследований является открытие новых принципов и закономерностей, которые используются при создании новой техники. Поисковые исследования в основном базируются на фундаментальных и используют новые принципы, которые позволяют создавать новые направления развития техники, обеспечивающей значительное повышение производительности труда и качества выпускаемых изделий. Прикладные исследования позволяют на основе фундаментальных и поисковых работ решить конкретные научные проблемы, обеспечивающие создание новых изделий и технологических процессов.

Данная НИР классифицируется как исследовательская.

При проведении НИР в НИИ, КБ и учебных заведениях различают несколько этапов, каждый из которых включает в себя определенного вида работы. Это помогает рациональнее спланировать НИР и подсчитать трудоемкость. Распределение работ по этапам, видам, срокам и исполнителям приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Распределение работ по этапам, видам, срокам и исполнителям

Этап проведения НИР	№ работы	Вид работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение ТЗ на исследование стенда для утилизации волокнистых материалов	Научный руководитель
Выбор направления исследования	2	Сбор и изучение научно-технической литературы, относящейся к теме исследования	Лаборант №1
	3	Формулирование возможных направлений решения задач, поставленных в ТЗ НИР и их сравнительная оценка	Лаборант №1
	4	Выбор и обоснование принятого направления проведения исследований и способов решения поставленных задач	Лаборант №1
	5	Разработка общей методики проведения исследований.	Научный руководитель

Окончание таблицы 5.1

Этап проведения НИР	№ работы	Вид работы	Должность исполнителя
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Подготовка экспериментальных образцов, а также испытательного оборудования, необходимых для проведения экспериментальных исследований.	Лаборант №1
	7	Проведение экспериментов, обработка полученных данных.	Лаборант №1
	8	Подстановка результатов экспериментов в теоретическое исследование	Лаборант №1
	9	Корректировка теоретических моделей исследования	Лаборант №1
	10	Проведение дополнительных экспериментов	Лаборант №1
Обобщение и оценка результатов исследования	11	Составление и оформление отчета	Лаборант №1
Обобщение и оценка результатов исследования	12	Рассмотрение результатов проведенной НИР. Внедрение в использование полученных результатов оптимальных параметров.	Научный руководитель
	13	Составление математических моделей для расчёта процесса дробления	Лаборант №1 Научный руководитель

5.2 Определение текущих затрат на проведение НИР:

Целью планирования себестоимости (текущих затрат) проведения НИР является экономически обоснованное определение величины затрат на ее выполнение, путем составления калькуляции, являющейся документом, на основании которого осуществляется планирование и учет затрат на выполнение НИР. Себестоимость продукции (работ, услуг), представляет собой стоимостную оценку используемых в процессе производства продукции (работ, услуг) природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов, а также других затрат на ее производство и реализацию.

Затраты, образующие себестоимость продукции (работ, услуг), группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

- материальные затраты;
- затраты на основные материалы;
- затраты на электроэнергию;

- затраты на оплату труда;
 - основная заработная плата;
 - дополнительная заработная плата;
- отчисления на социальные нужды;
- затраты на содержание и эксплуатацию вычислительной техники и оборудования;
- прочие производственные затраты;
- затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей;
- прочие накладные расходы.

5.2.1 Материальные затраты

В элементе «Материальные затраты» может отражаться стоимость:

- 1) сырья и материалов, которые входят в состав вырабатываемой продукции или необходимы для проведения работ, оказания услуг;
- 2) покупных материалов;
- 3) покупных комплектующих изделий и полуфабрикатов;
- 4) работ и услуг производственного характера, выполняемых сторонними предприятиями;
- 5) приобретаемого со стороны топлива всех видов, расходуемого на технологические цели, отопление зданий;
- 6) покупной энергии всех видов (электрической, тепловой, сжатого воздуха и др. видов), расходуемой на технологические, производственные и хозяйственные нужды предприятия.

Стоимость материальных ресурсов формируется исходя из цен их приобретения (без учета налога на добавленную стоимость), наценок, но с учетом транспортно-заготовительных расходов, которые составляют 7-10% от стоимости материальных ресурсов и величины возвратных отходов.

Отнесем на данный элемент расчет затрат на основные материалы и электроэнергию.

5.2.2 Затраты на основные материалы

Экономическое обоснование затрат на исследование основных характеристик оборудования включает в себя расчёт материальных и трудовых затрат на изготовление оборудования. Материальные затраты состоят из затрат на приобретение материалов и покупных комплектующих изделий.

Трудовые затраты включают в себя заработную плату исполнителей работ – руководителя и лаборанта.

В расчёте необходимо также учитывать затраты на электроэнергию и прочие расходы, в соответствии с таблицей 5.2.

Итого: затраты времени составили 200 часов:

- руководителя 40 часов;
- лаборанта 160 часов;

Таблица 5.2 – Затраты времени и материалов на проведение исследовательских работ

Вид работы	Исполнитель	Материалы, шт.	Затраты времени, ч
1 Сбор исходных данных	Лаборант		40
1.1 Оформление преддипломной практики	Лаборант	1 Сбор исходных данных	20
1.2 Поиск исходных данных в технической литературе	Лаборант	Справочник, методическое пособие	45
1.3 Обработка результатов НИР	Руководитель, лаборант	Лист А4– 10	30
2 Проектирование установки			60
2.1 Разработка чертежа установки	Руководитель, лаборант	Справочник, Лист А4 - 25	20
2.2 Изготовление комплектующих	Руководитель, лаборант		20
2.3 Сборка установки	Лаборант		15
2.4 Отладка установки	Руководитель, лаборант		20

5.3 Расчёт единовременных затрат на изготовление опытного образца установки

Материальные затраты определяются по формуле

$$K = K_{TC} + K_{BC} + K_{MH}, \quad (5.1)$$

где K_{TC} – затраты на основные технические средства, руб.;

K_{BC} – затраты на вспомогательное оборудование, руб.

Затраты на вспомогательное оборудование берутся в размере 20% от стоимости технических средств

$$K_{BC} = 0,2 \cdot K_{TC}, \quad (5.2)$$

K_{MH} – затраты на монтаж и наладку оборудования, руб.

Затраты на монтаж и наладку принимаются в размере 9% от стоимости технических средств

$$K_{MH} = 0,09 \cdot K_{TC}. \quad (5.3)$$

Расчёт стоимости покупных комплектующих изделий на изготовление измельчителя вибрационного молоткового ИВМК-300М приведен, в соответствии с таблицей 5.4.

Таблица 5.4 – Стоимость комплектующих изделий

Наименование	Кол - во, шт.	Цена за штуку, руб.	Общая Стои- мость, руб.
Вибровозбудитель	1	200	200
Ступица	1	600	600
Плита	1	300	300
Салазки	1	100	100
Рама	1	2000	2000
Отвод	1	400	400
Кожух	1	200	200
Корпус	1	500	500
Фланец	2	50	100
Крышка	1	80	80
Дно	1	120	120
Вал	1	150	150
Шайба	1	2	2
Диск	9	10	90
Отражатель	2	30	60
Втулка	8	5	40
Молоток	24	8	192
Ось	6	15	90
Планка	6	25	150
Шпонка	1	10	10
Шкив	1	70	70
Отражатель	24	8	192
Ремень клиновой А-1180	1	100	100
Двигатель 2ПБ100М	1	2000	2000
Крепёжные изделия	370	—	601
Система охлаждения			1800
Прочее			980

Стоимость комплектующих изделий для изготовления измельчителя вибрационного молоткового ИВМК – 300М $K_{ТС} = 11067$ руб.

Затраты на вспомогательное оборудование

$$K_{ВС} = 0,2 \cdot 11067 = 2213,4 \text{ руб.} \quad (5.4)$$

Затраты на монтаж и наладку

$$K_{\text{МН}} = 0,09 \cdot 9000 = 996,03 \text{ руб.} \quad (5.5)$$

Итого материальные затраты на изготовление измельчителя вибрационного молоткового ИВМК-300М необходимы в сумме

$$K = 11067 + 2213,4 + 996,03 = 14276,43 \text{ руб.} \quad (5.6)$$

5.4 Расчёт трудовых затрат

Трудовые затраты определяются по формуле

$$Z_{\text{ОСН}} = Z_{\text{П}} + Z_{\text{Л}}, \quad (5.7)$$

где $Z_{\text{ОСН}}$ – фонд основной заработной платы, руб.;

$Z_{\text{П}}$ – заработная плата руководителя, руб.;

$Z_{\text{Л}}$ – заработная плата лаборанта, руб.

Дополнительная заработная плата

$$Z_{\text{ДОП}} = 0,1 \cdot Z_{\text{ОСН}}. \quad (5.8)$$

Общий фонд заработной платы

$$Z_{\text{ОБЩ}} = Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}}. \quad (5.9)$$

Страховые взносы рассчитываем по ставке 30% от общего фонда заработной платы

$$СВ = 0,3 \cdot (Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}}). \quad (5.10)$$

Расходы на электроэнергию составляют 8% от стоимости основных технических средств, руб.

$$Z_{\text{Э}} = 0,08 \cdot K_{\text{ТС}}. \quad (5.11)$$

Прочие накладные расходы – 25% от суммарной стоимости трудовых затрат

$$С_{\text{НАКЛ}} = 0,05 \cdot Z_{\text{ОБЩ}}. \quad (5.12)$$

5.4.1 Расчёт трудовых затрат на изготовление измельчителя вибрационного молоткового ИВМК-300М

Заработная плата работников с премией 25% и районным коэффициентом 15%

а) руководителя

$$З_{\Pi} = C_{\Gamma} \cdot t \cdot 1,25 \cdot 1,15, \quad (5.13)$$

где C_{Γ} – среднечасовая тарифная ставка, руб./час, $C_{\Gamma} = 350$,
 t – отработанное время, ч., $t = 40$;

$$З_{\Pi} = 350 \cdot 40 \cdot 1,25 \cdot 1,15 = 20125 \text{ руб.} \quad (5.14)$$

б) лаборанта

$$З_{\text{Л}} = C_{\Gamma} \cdot t \cdot 1,25 \cdot 1,15, \quad (5.15)$$

где C_{Γ} – среднечасовая тарифная ставка, руб./час, $C_{\Gamma} = 120$;
 t – отработанное время, ч, $t = 71$;

$$З_{\text{Л}} = 120 \cdot 71 \cdot 1,25 \cdot 1,15 = 12247,7 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата

$$З_{\text{ОСН}} = 20125 + 12247,7 = 32372,7 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата

$$З_{\text{ДОП}} = 0,1 \cdot 32372,7 = 3237,3 \text{ руб.}$$

Затраты на основные материалы

$$З_{\text{О}} = 0,09 \cdot 11067 = 996,03 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию

$$З_{\text{Э}} = 0,42 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 3,53 \cdot 0,33 \cdot 24 = 399,17 \text{ руб.}$$

Общий фонд заработной платы

$$З_{\text{ОБЩ}} = 32372,7 + 8416,9 = 40789,6 \text{ руб.}$$

Страховые взносы рассчитываем по ставке 30% от общего фонда заработной платы

$$СВ = 0,3 \cdot (32372,7 + 8416,9) = 13950,04 \text{ руб.}$$

Прочие накладные расходы – 25% от стоимости трудовых затрат.

$$СНАКЛ = 0,25 \cdot 40789,6 = 10197,4 \text{ руб.}$$

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

5.5 Сравнение с аналогом

В качестве аналога была принята молотковая дробилка модели «Molot-1000». Оптовая отпускная цена с учётом НДС = 18%: $C_A = 115900$ руб.

Рассчитаем оптовую отпускную цену для измельчителя молоткового вибрационного ИВМ-300

$$C = 77399,24 \cdot 1,15 \cdot 1,18 = 105030,77 \text{ руб.} \quad (5.16)$$

Таким образом, оптовая отпускная цена разработанного измельчителя оказалась меньше оптовой отпускной цены молотковой дробилки «Molot-1000».

5.6 Составление калькуляции

Калькуляция себестоимости измельчителя ИВМК-300М представлена в соответствии с таблицей 5.5.

Таблица 5.5 – Калькуляция производственной себестоимости измельчителя вибрационного молоткового ИВМК-300М

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Основные материалы	996
Покупные комплектующие изделия	11067
Топливо и энергия на технологические цели	399,2
Основная заработная плата	32372,7
Дополнительная заработная плата	8416,9
Страховые взносы	13950,04
Накладные расходы	10197,4
Итого производственная себестоимость	77399,24

Выводы по разделу пять

Из структуры себестоимости затрат на выполнение НИР видно, что большая часть расходов приходится на статью «Затраты на оплату труда», это 42% от общего уровня затрат. Уменьшить данную статью затрат можно за счет снижения трудоемкости работ, понижения нормо-часа, повышения производительности труда. Материальные затраты составляют около 1%, что является допустимым, но в условиях дефицита денежных средств, можно предложить использовать аналоговое сырье и материалы более дешевых производителей. Прочие накладные расходы составляют 13%, к данному элементу в составе себестоимости работ относятся затраты на командировки, на подготовку и переподготовку кадров, оплата услуг связи, плата за аренду, следовательно, необходимо изыскивать возможности снижения данного вида затрат. Оптовая отпускная цена разработки оказалась ниже оптовой отпускной цены товара-аналога.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1 Обеспечение безопасности экспериментальной установки

Для обеспечения безопасных условий труда и предупреждения несчастных случаев при эксплуатации экспериментальной установки ИВМК-300М следует уделять внимание вопросам безопасности на всех этапах создания роторных дробильных установок: конструировании моделей, проектировании и строительстве установок, эксплуатации, ремонте.

При конструировании роторных измельчителей необходимо предусматривать:

- изготовление корпусов измельчителей из вязких и достаточно прочных материалов, способных противостоять ударам частей ротора в случае его аварийной поломки;
- надёжное крепление бил к корпусу ротора, исключающее возможность их выпадения при случайных повреждениях крепёжных деталей;
- снабжение измельчителя средствами, облегчающими производство монтажа и демонтажа бил и других сменных деталей;
- ограждение вращающихся частей.

При проектировании и строительстве установок с применением роторных измельчителей необходимо учитывать следующее:

- конструкции разгрузочных воронок, выпускных течек и аспирируемых укрытий должны обеспечивать полное предотвращение выброса материала из роторной дробилки в окружающее пространство;
- рабочее место машиниста должно располагаться вне зоны возможного выброса кусков измельчаемого материала;
- вокруг измельчителя должны быть предусмотрены специальные места для укладки запасных частей и приспособлений на время проведения работ по замене изношенных деталей, а также места для установки подъёмно-транспортных средств при капитальных ремонтах;
- площадка вокруг измельчителя должна иметь ровные нескользкие полы;
- все углубленные места ниже пола, а также специальные площадки, устраиваемые выше уровня пола, должны быть ограждены перилами высотой не ниже 1 м.

Помещения, где расположен измельчитель, должны быть освещены согласно санитарным нормам. Освещение должно обеспечивать достаточную освещённость всей установки и особенно таких узлов, как привод, регулировочно-амортизационные устройства, места поступления и выпуска материала.

Возможность попадания в измельчитель посторонних металлических предметов, превышающих 10% массы бил, недопустима. Поэтому на промежуточных конвейерных линиях необходимо предусматривать установку металлосигнализаторов. Такие сигнализаторы способны реагировать на различные металлы, включая и немагнитные, давая сигнал на остановку конвейера и удаление постороннего предмета или автоматически останавливая конвейер. Измельчители крупного

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

дробления (к ним относятся и СМД-86), хотя они выполняются более массивными и прочными, эксплуатировать необходимо так, чтобы исключить засорение дробимого материала металлическими предметами.

При эксплуатации роторных измельчителей необходимо соблюдать следующие правила безопасности.

Не допускать перегрузки оборудования, так как она может вызвать остановку ротора при заполненном рабочем пространстве.

При закупорке приемного лотка вследствие образования свода над ротором необходимо обрушить свод на вращающийся ротор. Операция должна производиться с соблюдением мер предосторожности. Для этого нужно сначала попытаться ударами кувалды по боковым стенкам приемной коробки или корпуса ИВМК разрушить свод.

Нельзя разрушать свод путем подталкивания ломом кусков снизу, так как при ударе по его концу лом может травмировать рабочего.

Запрещается работать на неисправном измельчителе; открывать во время работы крышку ИВМК, ведущую в камеру измельчения, оставлять без присмотра работающую установку; недопустимо попадание конечностей во время работы измельчителя в зону возможного выброса кусков из дробилки, а также в плоскости вращения шкивов; останавливать измельчитель с заполненной рабочей камерой (за исключением аварийных случаев); оставлять на работающем оборудовании инструмент или другие предметы, которые могут упасть с нее; бросать в работающий ИВМК металлические предметы.

При ремонте необходимо придерживаться следующих правил:

- прежде чем приступать к ремонтным работам в приемном лотке или камере дробления, нужно убедиться, что на питателе или подающем конвейере не осталось кусков измельчаемого материала, которые могут упасть в установку;
- предупредить возможность включения измельчителя или питателя путем отключения общих рубильников или удаления предохранительных вставок;
- застопорить ротор измельчителя;
- массивные детали и узлы дробилки поднимать и опускать с помощью исправных и проверенных подъемно-транспортных средств и специальных приспособлений.

Замена изношенных деталей должна производиться не менее чем двумя рабочими, из которых один должен отвечать за безопасность ведения работ и соблюдение правил техники безопасности. По окончании ремонтных работ следует проверить, не остался ли инструмент или другие посторонние предметы в дробилке или на ней.

Измельчители устанавливаются на высоких и пустотелых фундаментах, размеры которых выбирают с учётом размещения под дробилкой транспортных средств. Масса фундамента должна быть достаточной для компенсации вибраций, возникающих при работе дробилки.

Большие скорости вращения ротора и значительные центробежные силы, возникающие при этом требуют тщательной балансировки всех вращающихся деталей.

Балансировку обязательно производят при изготовлении измельчителя и периодически проверяют её во время работы. Балансировка нарушается в следствии изнашивания молотков. При ремонтах молотки, на которых обнаружены трещины, заменяются. Заварка трещин не обеспечивает надлежащей прочности и в какой-то степени нарушает балансировку. При эксплуатации измельчителей балансировку можно проверить с помощью виброизмерительного прибора.

Загрузку материала в измельчитель нужно производить равномерно по ширине приёмного отверстия и по времени, что обеспечивает максимальную производительность измельчителя и более равномерный по крупности продукт. Поэтому перед молотковыми измельчителями часто стоят питатели.

Пыльный поток не выходит из дробилки, и запылённость помещения не превышает санитарной нормы.

Уровень шума в непосредственной близости от работающей молотковой дробилки вышесанитарных норм (превышает 102-104 дБ). Поэтому устанавливать дробилку нужно так, чтобы рядом не было постоянных рабочих мест.

6.2 Определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса

Определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса производится с целью изучения номенклатуры факторов и опасностей трудового процесса.

6.2.1 Тяжесть труда

Составим протокол оценки условий труда по показателям тяжести трудового процесса оператора измельчителя вибрационного молоткового ИВМ-300, в соответствии с таблицей 6.1.

Краткое описание выполняемой работы: оператор с пульта управления управляет работой экспериментальной установки по измельчению материалов. Также производит загрузку материала в измельчитель.

Таблица 6.1 – Оценка условий труда по показателям тяжести трудового процесса

Показатели	Значения	Класс
Физическая динамическая нагрузка (кг·м): региональная – перемещение груза до 1 м общая нагрузка: перемещение груза	400	1 – оптимальный (легкая физическая нагрузка)
Масса поднимаемого и перемещаемого вручную груза (кг):	1	1 – оптимальный (легкая физическая нагрузка)
Стереотипные рабочие движения (кол-во):		
локальная нагрузка	Около 20	1 - оптимальный (легкая физическая нагрузка)

Окончание таблицы 6.1

Показатели	Значения	Класс
региональная нагрузка	—	—
Статическая нагрузка (кгс • с)	—	—
одной рукой	—	—
двумя руками	—	—
с участием корпуса и ног	—	—
Рабочая поза «стоя»	100 %	2 – допустимый (средняя физическая нагрузка)
Наклоны корпуса (количество за смену)	20	1 – оптимальный (легкая физическая нагрузка)
Перемещение в пространстве (км):	0,05	—
по горизонтали	0,05	1 – оптимальный (легкая физическая нагрузка)
по вертикали	0	—
Окончательная оценка тяжести труда		1 – оптимальный (легкая физическая нагрузка)

6.2.2 Напряженность труда

Результаты условий труда в помещении данной экспериментальной установки по степени отклонения параметров производственной среды и трудового процесса от действующих гигиенических нормативов с определением классов условий труда по показателям тяжести и напряженности трудового процесса приведены в таблицах 6.2, 6.3.

Таблица 6.2 – Санитарно-гигиенические факторы

Показатель	Период года	Единица измерения	Значение	Оценка факторов условий труда, баллы	
				Ф	О
Температура воздуха на рабочем месте	Теплый	°С	22	2	2
	Холодный		18	2	
Относительная влажность воздуха	—	%	55	2	2
Скорость движения воздуха	Теплый	м/с	0,3	2	2
	Холодный		0,2		
Шум, уровень звука	—	дБА	90	3	3

Окончание таблицы 6.2

Показатель	Период года	Единица измерения	Значение	Оценка факторов условий труда, баллы	
				Ф	О
Освещенность	—	Кратность превышения нормы	0,8	2	2
Суммарная общая оценка факторов условий труда, баллы					11

Таблица 6.3 – Психофизиологические факторы

Показатель	Единица измерения	Значение	Оценка факторов условий труда, баллы		
			Ф	О	
Величина физической нагрузки	Общая	кгм	1800	1	1
	Региональная	кгм	2000	1	
	Рабочая поза, Рабочие место	Характеристика	Рабочее место стационарное, поза свободна (стоя)	1	
Величина нервно-психологической нагрузки	Длительность сосредоточенного наблюдения	% от рабочего времени за смену	30	2	2
	Число важных объектов наблюдения	-	1	1	
	Количество движений в час	<u>Кол-во</u> час	230	1	
	Количество сигналов в час	<u>Кол-во</u> час	120	2	
Напряжение зрения	Размер объекта различия	мм	2 - 3	2	2
	Точность зрительных работ	—	Малой точности	2	
	Разряд зрительных работ	—	V	2	
Монотонность	Число приемов	—	20	1	2
	Длительность повторяющихся операций	секунда	35	2	
Суммарная общая оценка факторов условий труда, баллы					7

При одновременном воздействии ряда факторов интегральная оценка тяжести труда в баллах определяется по выражению

$$U_1 = \left(X_{\max} + \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n-1} \cdot \frac{6 - X_{\max}}{6} \right) \cdot 10, \quad (6.1)$$

где X_{\max} – элемент условий труда на рабочем месте, имеющий наибольший балл, $X_{\max} = 3$; $\sum_{i=1}^n X_i$ – сумма количественной оценки в баллах значимых элементов условий труда без X_{\max} ; n – количество элементов условий труда; 10 – число, введенное для удобства расчетов.

$$U_1 = \left(3 + \frac{7+8}{9-1} \cdot \frac{6-3}{6} \right) \cdot 10 = \left(3 + \frac{15}{8} + \frac{3}{6} \right) \cdot 10 = 30 + \frac{450}{48} = 30 + 9,375 = 39,375.$$

что соответствует третьей категории тяжести труда, в соответствии с таблицей 6.4.

Таблица 6.4 – Зависимость категории тяжести труда от интегральной оценки условий труда

Категория тяжести труда	1	2	3	4	5	6
Интегральная оценка, U_T , баллы	до 18	18,1-33	33,1-45	45,1-53	53,1-59	59,1-60

6.3 Организация средств коллективной защиты населения при чрезвычайных ситуациях

6.3.1 Коллективные, индивидуальные и медицинские средства защиты

Защита населения и производительных сил страны от оружия массового поражения, а также при стихийных бедствиях, производственных авариях – важнейшая задача Управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям. Для решения этой задачи необходимо создание на объектах экономики и в населенных пунктах различных типов защитных сооружений для укрытия людей. Защитные сооружения могут быть построены заблаговременно и по особому указанию. Заблаговременно строят, как правило, отдельно стоящие или встроенные в подвальную часть здания сооружения, рассчитанные на длительный срок эксплуатации. В мирное время предусматривается возможность использовать эти сооружения в различных хозяйственных целях как бытовые помещения, учебные классы, гаражи и др. При этом необходимо обеспечить возможность использования защитных сооружений по прямому назначению в кратчайшие сроки.

Защитные сооружения подразделяются на убежища, противорадиационные укрытия и простейшие укрытия.

6.3.1.1 Устройство убежищ

Убежища обеспечивают наиболее надежную защиту людей от ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения при ядерных взрывах, от отравляющих веществ и бактериальных средств, а также от высоких температур и вредных газов в зонах пожаров.

Современные убежища – сложные сооружения, оборудованные комплексом различных инженерных систем и измерительных приборов, которые должны обеспечить требуемые нормативные условия жизнеобеспечения людей в течение расчетного времени.

По вместимости убежища можно условно разделить на такие виды: убежища малой вместимости (15-600 чел.), средней вместимости (600-2000 чел.), большой вместимости (свыше 2000 чел.).

По месту расположения убежища могут быть встроенные и отдельно стоящие. К встроенным относятся убежища, расположенные в подвальных этажах зданий, а к отдельно стоящим – расположенные вне зданий.

В убежищах применяются фильтровентиляционные установки, с помощью которых наружный воздух очищается от радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств и подается в убежище.

Каждое убежище должно быть оснащено комплектом средств для ведения разведки на зараженной местности, инвентарем, средствами аварийного освещения. Необходимо постоянно следить за исправностью оборудования убежищ.

6.3.1.2 Противорадиационные укрытия

Противорадиационные укрытия защищают людей от радиоактивного заражения и светового излучения и ослабляют воздействие ударной волны ядерного взрыва и проникающей радиации. Оборудуются они обычно в подвальных или наземных этажах зданий и сооружений.

Следует помнить, что различные здания и сооружения по-разному ослабляют проникающую радиацию: помещения первого этажа деревянных зданий ослабляют проникающую радиацию в 2-3 раза; помещения первого этажа каменных зданий – в 10 раз; помещения верхних этажей (за исключением самого верхнего) многоэтажных зданий – в 50 раз; средняя часть подвала многоэтажного каменного здания – 500-1000 раз.

Наиболее пригодны для противорадиационных укрытий внутренние помещения каменных зданий с капитальными стенами и небольшой площадью проемов.

При необходимости сооружаются отдельно стоящие противорадиационные укрытия.

6.3.1.3 Средства индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты получили широкое применение в различных областях деятельности человека, и призваны обеспечить безопасное проведение самых разнообразных работ, могут использоваться только одним человеком.

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

6.3.2 Организация единой системы оповещения

Среди защитных мероприятий гражданской обороны, осуществляемых заблаговременно, особо важное место занимает организация оповещения органов гражданской обороны, формирований и населения об угрозе нападения противника и о применении им ядерного, химического, бактериологического (биологического) оружия и других современных средств нападения. Особое значение оповещение приобретает в случае внезапного нападения противника, когда реальное время для предупреждения населения будет крайне ограниченным и исчисляться минутами.

Оповещение организуется для своевременного доведения до органов гражданской обороны, формирований и населения сигналов, распоряжений и информации гражданской обороны об эвакуации, воздушном нападении противника, радиационной опасности, химическом и бактериологическом (биологическом) заражении, угрозе затопления, начале рассредоточения и др.

Все сигналы передаются по каналам связи и радиотрансляционным сетям, а также через местные радиовещательные станции. Одновременно передаются указания о порядке действий населения и формирований, указываются ориентировочное время начала выпадения радиоактивных осадков, время подхода зараженного воздуха и вид отравляющих веществ.

С целью своевременного предупреждения населения городов и сельских населенных пунктов о возникновении непосредственной опасности применения противником ядерного, химического, бактериологического (биологического) или другого оружия и необходимости применения мер защиты установлены следующие сигналы оповещения гражданской обороны: «Воздушная тревога», «Отбой воздушной тревоги», «Радиационная опасность», «Химическая тревога».

Сигнал «Воздушная тревога» подается для всего населения. Он предупреждает о непосредственной опасности поражения противником данного города (района). По радиотрансляционной сети передается текст: «Внимание! Граждане! Воздушная тревога!» Одновременно с этим сигнал дублируется звуком сирен, гудками заводов и транспортных средств. На объектах сигнал будет дублироваться всеми, имеющимися в их распоряжении средствами. Продолжительность сигнала 2-3 минуты.

Сигнал «Отбой воздушной тревоги» передается органами гражданской обороны. По радиотрансляционной сети передается текст: «Внимание! Граждане! Отбой воздушной тревоги!». По этому сигналу население с разрешения комендантов убежищ и укрытий покидает их. Рабочие и служащие возвращаются на свои рабочие места и приступают к работе.

Сигнал «Радиационная опасность» подается в населенных пунктах и районах, по направлению к которым движется радиоактивное облако, образовавшееся при взрыве ядерного боеприпаса.

По сигналу «Радиационная опасность» необходимо надеть респиратор, тканевую или ватно-марлевую повязку, а при наличии - противогаз, взять подготовленный запас продуктов, индивидуальные средства медицинской защиты, предме-

ты первой необходимости и уйти в убежище, противорадиационное или простейшее укрытие.

Сигнал «Химическая тревога» подается при угрозе или непосредственном обнаружении химического или бактериологического нападения (заражения). По этому сигналу необходимо быстро надеть противогаз, в случае необходимости - и средства защиты кожи и при первой же возможности укрыться в защитном сооружении. Если защитного сооружения поблизости не окажется, то от поражения аэрозолями отравляющих веществ и бактериальных средств можно укрыться в жилых, производственных или подсобных помещениях.

6.3.3 Назначение и способы эвакуации

Эвакуация населения – это комплекс мероприятий по организованному вывозу (выводу) населения из зон чрезвычайных ситуаций техногенного или природного характера, а также в случае применения противником оружия массового поражения, и размещение его в заблаговременно подготовленных по условиям первоочередного жизнеобеспечения безопасных районах (вне зон действия поражающих факторов источников ЧС).

Рассредоточение – это организованный вывоз из городов и размещение в загородной зоне рабочих и служащих предприятий, организаций, продолжающих деятельность в этих городах, как при ЧС мирного характера, так и военного времени.

В зависимости от охвата населения, попавшего в опасную зону, выделяют следующие варианты проведения данных мероприятий: общая эвакуация и частичная эвакуация. Общая эвакуация предполагает вывоз (вывод) всех категорий населения из зоны повышенной опасности. Частичная эвакуация осуществляется при необходимости удаления из опасной зоны отдельных категорий населения, наиболее чувствительных к воздействию поражающих факторов. Выбор указанных вариантов проведения эвакуации определяется в зависимости от масштабов распространения и характера опасности, достоверный прогноз ее реализации, а также перспектив хозяйственного использования производственных объектов, размещенных в опасной зоне.

Основанием для принятия решения на проведение эвакуации является наличие угрозы здоровью людей. В случаях, требующих принятия безотлагательного решения, указание на проведение эвакуации может быть отдано даже диспетчером опасного техногенного объекта.

Для четкого и своевременного проведения эвакуации и рассредоточения в городах создаются сборные эвакуационные пункты (СЭП). СЭП предназначены для сбора, регистрации и организованной отправки населения.

Успех эвакуации во многом будет зависеть от самого населения – от его организованности, дисциплинированности и подготовленности к этому мероприятию. Узнав о предстоящей эвакуации, граждане должны немедленно подготовиться к выезду (выходу) за город: собрать необходимые вещи, подготовить средства индивидуальной защиты (обязательно средства защиты органов дыхания), доку-

менты и деньги; в квартире (доме) снять занавеси с окон, убрать в затененные места легковоспламеняющиеся предметы (вещи), необходимо отключить газ, электроприборы.

Из вещей берется самое необходимое – одежда, обувь, белье. Обязательно следует взять теплые (шерстяные) вещи, даже если эвакуация производится летом.

Необходимо также взять с собой продукты питания и немного питьевой воды. К каждому месту с вещами и продуктами питания прикрепляется бирка с фамилией, именем и отчеством, адресами постоянного места жительства, конечного пункта эвакуации их владельца.

Из документов взрослые должны иметь при себе: паспорт, военный билет, трудовую книжку или пенсионное удостоверение, диплом (аттестат) об окончании учебного заведения, свидетельство о браке и рождении детей.

Соответствующим образом необходимо подготовить к эвакуации детей. К чемоданам (рюкзаками) с вещами и продуктами питания эвакуируемых детей надо прикрепить бирки, на которых разборчиво написать фамилию, имя и отчество ребенка, данные родителей, домашний адрес и пункт эвакуации. Аналогичные метки нужно сделать детям дошкольного возраста на одежду. Сбор населения для эвакуации проводится за 4 часа.

Выводы по разделу шесть

Данный измельчитель ИВМК-300М полностью отвечает всем требованиям системы стандартов безопасности труда и другой нормативно-технической документации. В ходе разработки раздела было произведено обеспечение безопасности экспериментальной установки ИВМК-300М, рассчитаны показатели тяжести и напряжённости трудового процесса, рассмотрена организация средств коллективной защиты населения при чрезвычайных ситуациях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы выполнен анализ существующих работ в области переработки ТПиБО. Он позволил обосновать актуальность темы ВКР, сформулировать цель работы, решаемые задачи, определить объект и предмет исследований. В рамках ВКР проанализированы способы контроля дисперсности измельченных частиц. За основу был принят ситовой анализ, поскольку он экономически целесообразен и является самым доступным из точных способов контроля. На основе геометрических расчетов, выполненных в первой части ВКР разработана 3d модель принципиально нового инструмента для виброизмельчителей отходов натуральной кожи. Выполнен анализ технологичности конструкции спроектированного инструмента и с учетом выявленных недостатков разработана оптимальная технология его изготовления. При этом выбрана заготовка, оборудование и металлообрабатывающий инструмент. Технология описана в пояснительной записке и реализована в виде управляющей программы для станка VUMOTEC S-191. Инструмент был изготовлен, а его работа апробирована в лабораторных условиях. Для расчета технологических параметров при проектировании и настройке привода главного движения виброударных станков для размерного измельчения отходов кожи разработаны и представлены руководящие материалы. Предложенный новый способ измельчения посредством ударно-режущего инструмента был реализован и апробирован в лабораторных условиях. Представлены результаты экспериментов в виде расчетов, графиков и фотоматериалов.

Также в ВКР выполнен расчет затрат на НИР и рассмотрены вопросы безопасности труда при эксплуатации и обслуживании «ИВМК-300М», электробезопасность при работе измельчителя и утилизация отходов кожи.

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Николаев, А.В. Актуальные вопросы регулирования обращения с отходами производства и потребления / А.В. Николаев, Ю.Н. Жужома // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия "Экономика и экологический менеджмент". - 2015. - N 1(20). - С. 68-75.

2 Манохин, М.В. Экологическая оценка технологий переработки ТБО / М.В. Манохин, А.В. Попов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2014. - N 4 (13). - С. 76-80.

3 Chumanov, V.I. Hardening of the surface layers of the formation of a hollow shell by centrifugal casting / V.I. Chumanov, I.V. Chumanov, A.N. Anikeev, R.R. Garifulin // Russian Metallurgy (Metally). - 2010. - No. 12. - P. 1125-1128.

4 Chumanov, V.I. Study and analysis of the structural constituents of billets hardened by fine-grained particles and formed by centrifugal casting / V.I. Chumanov, N.T. Kareva, I.V. Chumanov, A.N. Anikeev // Russian Metallurgy (Metally). - 2013. - Vol. 2012. - No. 6. - P. 539-541.

5 Chumanov, I.V. Reinforcement of the bulk crowns excavator technology by dispersion hardening of titanium carbide to increase wear resistance / I.V. Chumanov, A.N. Anikeev, V.I. Chumanov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2017. - Vol. 179. - P. 1-6.

6 Chumanov, I.V. Investigating the effect of carbide disperse particles on hardness and wear resistance of experimental materials in cast and deformed conditions / I.V. Chumanov, V.I. Chumanov, A.N. Anikeev // Indian Journal of Science and Technology. - 2015. - Vol. 8, No. 34. - P. 7.

7 Gordeev, E.N. Improvement of the processing of the wastes of nonferrous metals into high-quality secondary raw materials / E.N. Gordeev, S.V. Sergeev, I.V. Chumanov // Russian Metallurgy (Metally). - 2010. No. 12. - P. 1173-1175.

8 Сергеев, С.В. Переработка отходов композиционных материалов на металлической основе / С.В. Сергеев, Е.Н. Гордеев // Безопасность в техносфере. - 2009. - № 2. - С. 38-40.

9 Salernitano, E. Composite materials for biomedical applications: a review / E. Salernitano, Migliaresi // Journal of applied biomaterials & biomechanics (JABB). - 2003. - No. 1(1). - P.3-18.

10 Sandalov, V.M. Dynamic Model of Switched Reluctance Vibratory Drive / V.M. Sandalov, Yu.S. Sergeev // Russian Electrical Engineering. - 2012. - Vol. 83, No. 8. - P. 24-27.

11 Sergeev, Yu.S. Modeling of Switched Reluctance Electric Vibration Drive with Adaptive Control / Yu.S. Sergeev, V.M. Sandalov, G.E. Karpov // Proceedings 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon) / Adler, Sochi, Russia, (9-16 September 2018). - IEEE, 2018. P. 1-4

12 Лакирев, С.Г. Исследование и совершенствование технологии изготовления изделий из бетонной смеси / С.Г. Лакирев, С.В. Сергеев, Б.А. Решетников // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». - 2003. - Вып. 2. - № 7 (23). - С. 32-34.

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

13 Сергеев, Ю.С. Приводы вибрационных машин на базе вентильных индукторных двигателей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2011. - 22 с.

14 Балякин, А.В. Применение аддитивных технологий для создания деталей камеры сгорания / А.В. Балякин, В.Г. Смелов, Л.А. Чемпинский // Вестник Самарского университета. Серия: Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. -2012. - N 3-2(34). - С.47-52.

15 Богданова, И.Е. Современные направления переработки коллагенсодержащих отходов кожевенного производства / И.Е. Богданова // Кожевенно-обувная промышленность, 2007. – № 2.– С. 30-31.

16. Voncina, A. Sheep wool and leather waste as fertilizers in organic production of asparagus (*Asparagus Officinalis* L.) / A. Voncina, R. Mihelic // Acta agricultural Slovenica. – 2013. – Vol. 110, №2. – P. 191-200.

17 Сергеев, С.В. Совершенствование процесса измельчения отходов металлов и пластмасс при их переработке: монография / С.В. Сергеев, Е.Н. Гордеев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 110 с.

18 Srinivas, K. Production of short chain aliphatic hydrocarbon fuel gas – A new renewable energy sources from chrome tanned leather wastes by pyrolysis / K. Srinivas, G. Sekazan, C. Sethuraman // International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology. – 2014. – Vol. 1, №4. – P. 22-32.

19 Garrett, K. Ferodo retarders for series production / K. Garrett // Automotive engineer, 1978. – Vol.3, №8. – P. 45-46.

20 Кравченя, Г.Н. Направления и возможности переработки отходов кожевенного производства / Г.Н. Кравченя, Е.И. Кордикова, А.В. Спиглазов // Труды БГТУ. Серия 2, 2017. – № 2. – С. 220-226.

21 Сапожникова, А.И. Научно-техническое обоснование путей и возможностей решения экологических проблем в кожевенной промышленности / А.И. Сапожникова, Д.В. Шалбуев // Вестник Казанского технологического университета, 2017. – Т.20. – №15.

22 Rajamani, S. Recent Development on the Cleaner Production and Environmental Protection in World Leather Sector / S. Rajamani // Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология, образование: II межд.науч.-практ. конф. Материалы конф., 2013. – С.301-311.

23 Bosnic, M. Pollutants in Tannery Effluents / M. Bosnic, J. Buljan, R.P. Daniels – URL: https://www.unido.org/fileadmin/import/userfiles/puffk/1_pollutants.pdf (дата обращения 10.06.2017).

24 Poncet, T. Definition of Minimum Acceptable Standards by the Environmental Commission of the IULTCS / T. Poncet // Materials of 33-rd International Union of Leather Technologists and Chemists (IULTCS XXXIII Congress), 2015.

25 Voncina A. Sheep wool and leather waste as fertilizers in organic production of asparagus (*Asparagus Officinalis* L.) / A. Voncina, R. Mihelic // Acta agricultural Slovenica, 2013. – V. 110. – №2. – Pp. 191-200.

26 Gaidau, C. Application of Collagen Hydrolysate in Cereal Seed Treatment / C. Gaidau, D.-G. Epure, M. Niculescu, E. Stepan, E.R. Gidea // Materials of 33rd

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

International Union of Leather Technologists and Chemists (IULTCS XXXIII Congress), 2015.

27 Srinivas, K. Production of short chain aliphatic hydrocarbon fuel gas – A new renewable energy sources from chrome tanned leather wastes by pyrolysis / K. Srinivas, G. Sekazan, C. Sethuraman // International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology, 2014. – V. 1. – №4. – P. 22-32.

28 Alam, M.J. Uses of tannery wastes in the diet of broiler / M.J. Alam and etc. // Asian-Australian Journal of Animal Science, 2002. – V. 15. – №12. – P. 1765-1772.

29 Venkatachalam, A. Design of high performance bituminous mix using tannery waste / A. Venkatachalam, Manoharon P. Devadas // Proceedings of 27th IRF International Conference, 2015. – Pp. 81-88.

30 Шименович, Б. Прессованная кожа / Б. Шименович // Style, 2000. – № 5. – С. 88.

31 Кухта, Т.Н. Пленкообразователи порошковых красок и их отвердители / Т.Н. Кухта, Н.Р. Прокопчук // Труды БГТУ, 2018. – Серия 2. – №1. – С.40-52.

32 Spyrou, E. Powder Coatings / E. Spyrou // Chemistry and Technology. Vincentz Network, 2012. – Pp. 380.

33 Бобрышев, А.Н. Физика и синергетика дисперсно-неупорядоченных конденсированных композитных систем / А.Н. Бобрышев, В.Т. Ерофеев, В.Н. Козомазов // Наука, 2012. – 473 с.

34 Сорока, В.А. Особенности циклодинамического формирования заготовок верха обуви / В.А. Сорока, Л.В. Ларина, Ю.В. Присяжнюк // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2011. – №4. – С.136-138.

35 Baricevic, A. Effect of polymer fibers recycled from waste tires on properties of wet-sprayed concrete / A. Baricevic, M. Pezer, M. Jelcic-Rukavina, M. Serdar, N. Stirmer // Construction and Building Materials. 2018. V. 176. Pp. 135-144.

36 Балбекин Н.С. Диагностика авиационных композитов методом терагерцовой спектроскопии / Н.С. Балбекин, П.В. Павлов, В.Г. Беспалов, Н.В. Петров // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2014. – Т.16. – №1(5). – С. 1304-1308.

37 Бизюк, А.Н. Имитационное моделирование пористой структуры армирующих химических нитей / А.Н. Бизюк, Н.Н. Ясинская // Вестник Витебского государственного технологического университета, 2017. – №1(32). – С.33-40.

38 Абдуллин, И.Ш. Моделирование микроструктуры кожевенного материала на стадиях производства и при ВЧЕ-плазменной обработке / И.Ш. Абдуллин, Э.Ф. Вознесенский, В.С. Желтухин, И.В. Красина. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009.

39 Гуриков, П.А. Моделирование структуры пористого тела и диффузии в нем активных веществ / П.А. Гуриков, А.В. Колнооченко, Н.В. Меньшутина // Изв. вузов. Химия и хим. технология, 2009. – Т. 52. – Вып. 12. – С. 131-132.

40 Varabash, V.M. Theory and Practice of Mixing: A Review / V.M. Varabash, R.S. Abiev, N.N. Kulov // Theor. Found. of Chem. Eng, 2018. – Т. 52. – № 4. – С. 473. [Барабаш, В.М. Обзор работ по теории и практике перемешивания / В.М. Барабаш,

Р.Ш. Абиев, Н.Н. Кулов // Теорет. основы хим. технологии, 2018. – Т. 52. – № 4. – С. 367.]

41 Semenov, E.V. Implementation of procedure for centrifugal hydrodynamic fractionation of finely disperse particles / E.V. Semenov, V.G. Zhukov, A.V. Karamzin // Chem. and Petrol. Eng. 2013, V. 49. – № 1-2. – Pp. 78.

42 Zhukov, V.G. Free-flow centrifugal filtration with regulated dwell time of sediment in a conical sieve / V.G. Zhukov, V.M. Chesnokov // Chem. and Petrol. Eng., 2015. – V. 50. – № 11-12. – P. 685.

43 Rosti, M.E. Numerical simulations of emulsions in shear flows / Rosti M.E., F. De Vita, L. Brandt // Acta Mech, 2018.

44 Qu, Z. An improved algorithm for image crack detection based oil percolation model / Z. Qu, L.-D. Lin, Y. Guo, N. Wang // TEEJ Trans. Elec. Electron. Eng., 2010. – P. 214-221.

45 Раднаева, В.Д. Определение глубины приникли на дубителя в дерму на основе цифрового изображения / В.Д. Раднаева, Н.В. Советкин, Т.Ц. Дамдинова, Л.Д. Жимбуева // Кожа и мех в XXI веке: технология, качество, экология, образование: материалы 10 Междунар. науч.-практ. конф. Улан-Удэ, 2014. – С. 11-13.

46 Landre, E. General directions of nanotechnology development until 2020. / E. Landre, With the English. O. Yu. Sanfirova // Russian nanotechnology, 2007. – V. 2. – № 34. – Pp. 8-15.

47 Sergeev, Yu.S. Increasing geometric homogeneity of dispersed particles of plastic materials produced by vibration assisted micro-cutting / Yu.S. Sergeev, S.V. Sergeev, A.A. Diakonov // Espacios, 2017. – V. 38 (№ 48).

48 Sergeev, Yu.S. Improving geometric homogeneity of particles crushed using vibrational drive with modulating properties in machine for crushing brittle materials / Yu.S. Sergeev, S.V. Sergeev, A.A. Dyakonov, E.N. Gordeev // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, 2018. – V. 10. – № 13. – Pp. 2411-2422.

49. Сергеев, Ю.С. Повышение однородности жидких газобетонных смесей из дисперсных хрупких материалов их виброперемешиванием при изготовлении строительных изделий / Ю.С. Сергеев, А.А. Дьяконов, С.В. Сергеев, Е.Н. Гордеев // Теоретические основы химической технологии, 2019, том 53, № 5, с. 1–10. (Sergeev, Yu.S. Increasing the Homogeneity of Liquid Aerated Concrete Mixtures from Dispersed Brittle Materials by Their Vibromixing in the Manufacture of Building Products / Yu.S. Sergeev, A.A. Dyakonov, S.V. Sergeev, E.N. Gordeev // Theor. Found. Chem. Eng., 2019. – V. 53. – №5. – Pp. 760-768.)

50 Федоров, А.Е. О применении теории вязкоупругости в эстетической хирургии / А.Е. Федоров, В.А. Лохов // Российский журнал биомеханики, 2003. – Т.7. – №4. – С. 34-46.

51 Бобрышев, А.Н. Кинетические модели релаксации напряжений в композитах / А.Н. Бобрышев, П.В. Воронов, Э.Р. Галимов, А.В. Лахно И.А. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета, 2014. – Т. 17. – № 14. – С. 431-434.

- 52 Кипарисов, С.С. Порошковая металлургия / С.С. Кипарисов, Г.А. Либенсон. – М.: Металлургия, 1991. – 432 с.
- 53 Андриевский, Р.А. Порошковое материаловедение / Р.А. Андриевский. – М.: Металлургия, 1991. – 205 с.
- 54 Ребиндер, П.А. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения / П.А. Ребиндер, Е.Д. Щукин // Успехи физических наук, 1972. – Т. 108. – № 9. – С. 3-42.
- 55 Ходаков, Г.С. Физика измельчения / Г.С. Ходаков. – М.: Наука, 1972. – 307 с.
- 56 Партон, В.З. Механика разрушения / В.З. Партон. – М.: Наука, 1990. – 240 с.
- 57 Матвиенко, Ю. Г. Модели и критерии механики разрушения: Монография / Ю.Г. Матвиенко. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 328 с.
- 58 Разрушение: справочник: в 7 т. / под. ред. Г.М. Либовица. – М.: Мир, 1976. – Т.1. – 361 с.
- 59 Рейнер, М. Реология / М. Рейнер. – М.: «Наука», 1965.
- 60 Майзель, М.М. Машины и аппараты кожевенного и мехового производства / М.М. Майзель, И.К. Квяткевич, П.Г. Пин. – М., «Гизлегпищепром», 1950.
- 61 Резник, Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. – М., «Машиностроение», 1975.
- 62 Особов, В.И. Теоретические основы уплотнения волокнистых растительных материалов / В.И. Особов // Труды ВИСХОМа, 1967. – Вып. №55. – С. 221-265.
- 63 Сергеев, Ю.С. Особенности реализации технологии размерного измельчения при переработке отходов кожевенного производства / Ю.С. Сергеев, С.В. Сергеев, С.И. Егоров // Наука ЮУрГУ Материалы 68-й научной конференции, 2016. – С. 954-958.
- 64 Сергеев, С.В. Повышение эффективности вибрационных процессов при механической обработке различных материалов: монография / С.В. Сергеев. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2004. – 262 с.
- 65 Фрейденталь, А. Математические теории неупругой сплошной среды / А. Фрейденталь, Х. Гейрингер, 1962. – 432 с.
- 66 Подураев, В. Н. Обработка резанием с вибрациями / В. Н. Подураев. – М.: Машиностроение, 1970. – 350 с.
- 67 Жарков, И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / И.Г. Жарков. – Л.: Машиностроение, 1986. – 184 с.
- 68 RU 2213618 С1, 2003.
- 69 Блехман, И.И. Что может вибрация?: О «вибрационной механике» и вибрационной технике / И.И. Блехман. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 208 с.
- 70 Блехман, И.И. Синхронизация в природе и технике / И.И. Блехман. – М.: Наука, 1985. – 124 с.
- 71 Блехман, И.И. Синхронизация динамических систем / И.И. Блехман. – М.: Наука, 1971. – 894 с.

72 Сергеев, С.В. Разработка роторных инерционных виброприводов станков для измельчения волокнистых материалов / С.В. Сергеев, Р.Г. Закиров, Ю.С. Сергеев // Вестник машиностроения, 2012. – № 1. – С. 15-20. (Sergeev, S.V. Inertial Vibratory Rotor Drives In Machines For Grinding Fibrous Materials / S.V. Sergeev, R.G. Zakirov, Yu.S. Sergeev // Russian Engineering Research, 2012. – Vol. 32. – № 1. – Pp. 13-19)

73 SU 1664412 C1, 1991.

74 Сергеев, С.В. Расширение технологических возможностей вибрационных диспергаторов путем оснащения их резонансными виброприводами / С.В. Сергеев, А.А. Дьяконов, Ю.С. Сергеев, А.В. Кононистов // Вестник ЮУрГУ. Серия: Машиностроение. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – Т. 17. – N 3. – С. 16-25.

75 Sergeev, S.V. Self-synchronized Controlled Vibration Drive with Automated Oscillation Parameters Monitoring System for High-Tech Equipment / S.V. Sergeev, Yu.S. Sergeev, A.V. Kononistov // Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2018) / Moscow, Russia (15-18 May 2018). – Springer International Publishing AG, 2018. – P. 367-374.

76 Базюк, Г.П. Резание и режущий инструмент швейном производстве / Г.П. Базюк. – М.: Лёгкая индустрия, – 1980. – 192 с.

77 Капица, П.Л. Устойчивость и переход через критические обороты быстро вращающихся роторов при наличии трения / П.Л. Капица // Ж.Т.Ф. – 139. – Т. IX, вып. 2.

78 Сергеев, С.В. Вибрационные роторные приводы машин / С.В. Сергеев, Б.А. Решетников, Р.Г. Закиров. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 242 с.

79 Ландсберг, Г. С. Элементарный учебник физики: Учебное пособие в 3-х томах / под ред. Г. С. Ландсберга. – Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика. – 10-е изд., перераб. – М.: Наука, 1985. – С. 69-70.

80 Вадзинский, Р.Н. Справочник по вероятностным распределениям / Р.Н. Вадзинский. – СПб: Наука, 2001. – 295 с.

81 Иоффе, А.Я. Лекции по математической статистике: учебное пособие / А.Я. Иоффе, Г.Б. Петухов, Ю.Н. Милов. – Л.: ВИКА им. А.Ф. Можайского, 1970. – 176 с.

82 Полякова, В.В. Основы теории статистики: учебное пособие / В.В. Полякова, Н.В. Шаброва. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 148 с.

83 RU 2543204 C1, 2015.

84 Sergeev Yu.S. Modeling Three-Dimensional Liquid Flows in Computer-Controlled Vibrojet Mixer Using FlowVision. / Yu.S. Sergeev, S.V. Sergeev, G.E. Karpov // Proceedings of the 5-th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019. – Vol. II. – Pp. 1377-1385.

85 Сергеев, С.В. Имитационное моделирование процесса виброперемешивания при приготовлении и восстановлении технологических жидкостей / С.В. Сергеев, Ю.С. Сергеев // Вестник машиностроения, 2019. – № 4. – С. 58-63.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – Программа изготовления инструмента «кошачий коготь»

%

O0001(KOGOTЬ)

(FANUC)(17.01.2020)

((O0101)-номер перехода;(MILL D8.0 ROUGH) -фреза D8.0 черновая,(T53)-
номер инструмента,

(ER16X60)-используемый патрон компании ISCAR,(L=35.0)-вылет инстру-
мента,(LRAB=25.0MIN)-необходимая рабочая часть инструмента)).

O0001(KOGOTЬ)

(FANUC)(17.01.2020)

(O0101 MILL D8.0 ROUGH)(T53) (ER16X60 L=35.0 LRAB=25.0MIN)

(O0102 MILL D8.0 ROUGH)(T53)

(O0103 MILL D8.0 ROUGH)(T53)

(O0104 MILL D4.0)(T48)(ER16X60)(L=25.0)

(O0105 MILL D2.0 R1.0)(T47)(MEGA6S-60)(L=20.0)

(O0106 CENTER DRILL D8.0)(T31)(ER16X60)(L=32.0)

(O0107 DRILL D5.2)(T60)(ER16X80)(L=37.0)(LR=15.0MIN)

(O0108 MILL D8.0 ROUGH)(T53)

(O0109 MILL D4.0 R2.0)(T46)(HSK A40 SRK 4X80)(L=27.0)

(O0110 MILL D4.0 R2.0)(T46)

(O0111 MILL D4.0 R2.0)(T46)

(O0112 MILL D8.0 ROUGH)(T53)

(O0113 MILL D4.0 R2.0)(T46)

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

(00114 MILL D4.0 R2.0)(T46)

(00114 MILL D4.0 R2.0)(T46)

(00116 MILL D8.0 ROUGH)(T53)

M30

%

					15.03.05.2020.130 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72