

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ивановский государственный политехнический университет»
(ИВГПУ)**

На правах рукописи



КАТАМАНОВ Алексей Андреевич

**ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА НИТЕПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ
ОСНОВОВЯЗАЛЬНЫХ МАШИН ПРИМЕНЕНИЕМ
ПАРАФИНИРОВАНИЯ С ПРИСАДКАМИ СТЕАРАТОВ МЕТАЛЛОВ**

**Специальность 05.02.13 - Машины, агрегаты и процессы
(легкая промышленность)**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук,
доцент С.А.Егоров

Иваново - 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА НИТЕПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРИКОТАЖНЫХ МАШИН	11
1.1 Технологические характеристики вязального оборудования	11
1.2 Устройство и принцип работы машины ОВ-160	14
1.3 Теоретические сведения о трении текстильных материалов	16
1.4 Факторы, определяющие надежность процесса петлеобразования.	24
1.5 Методы и средства исследования процессов трения	28
1.6 Методы снижения трения в контакте нить-металл	45
1.7 Применение смазочных материалов реализующих эффект безызносности в узлах трения трикотажных машин	50
1.8 Выводы по главе. Обоснование цели и задач диссертационного исследования	51
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА НИТЕПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРИКОТАЖНЫХ МАШИН	52
2.1 Уравнение движения элемента нити по нитепроводнику	52
2.2 Моделирование инерционного устройства измерения натяжения ..	56
2.3 Моделирование инерционного устройства измерения натяжения под действием знакопеременной нагрузки.....	60
2.4 Моделирование устройств контроля трения и натяжения нити на основовязальной машине	75
2.5 Разработка устройств машины трения с цифровым датчиком – энкодером	82
2.6 Исследование и проверка работоспособности машины трения	86
2.7 Разработка функциональной схемы измерительной системы основовязальной машины ОВ-160	87

2.4 Выводы по главе	90
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ МАШИН ТРЕНИЯ	91
3.1 Оснащение установки маятникового трибометра дифтрансформаторным датчиком	91
3.2 Испытание смазочных материалов с помощью машины трения ДМ-28 с установленным дифтрансформаторным датчиком	94
3.3 Оснащение машины трения цифровым датчиком – энкодером	102
3.4 Испытание смазочных материалов с помощью машины трения ДМ-28 с установленным цифровым датчиком	102
3.5 Выводы по главе	106
ГЛАВА 4. ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА НИТЕПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ И СНИЖЕНИЕ ТРЕНИЯ ЗА СЧЁТ СМАЗЫВАНИЯ	108
4.1 Выбор технологического перехода для нанесения смазочного материала	108
4.2 Технологические характеристики мотального оборудования	112
4.3 Технологические характеристики сновального оборудования	118
4.4 Разработка машины трения для исследования процесса трения нитей	122
4.5 Исследование процесса трения нитей в присутствии смазывающих веществ на разработанной машине трения	125
4.6 Планирование многофакторного эксперимента по исследованию составов, реализующих эффект безызносности	130
4.7 Анализ результатов многофакторного эксперимента по исследованию составов, реализующих эффект безызносности	134
4.8 Оптимизация состава парафинового сплава, реализующего эффект безызносности	134
4.9 Выводы по главе	138

ГЛАВА 5. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ УСТРОЙСТВ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	140
5.1 Установка разработанной системы на машине ОВ-160	140
5.2 Исследование влияния смазывающих веществ наносимых в результате процесса парафинирования нитей на процессы трения в основовязальной машине ОВ-160	142
5.3 Расчет экономической эффективности от внедрения новых смазочных материалов для трикотажных игл	144
5.4 Выводы по главе	147
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	148
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	150
Приложение А	161
Приложение Б	163
Приложение В	167
Приложение Г	170
Приложение Д	174
Приложение Е	175

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертационной работы. Проблема снижения износа и повышения ресурса металлических элементов вязальных машин, в основном игл, в настоящее время является актуальной для текстильной промышленности. В современных условиях остро встает вопрос применения специальных химических веществ, как методов защиты элементов трикотажных машин от повышенного износа текстильными волокнами, в процессе их вязания. Одним из основных методов снижения трения и износа в контакте «нить-металл» является парафинирование, т.е. нанесение на нить химического вещества на основе парафинов. Применение присадок к парафину уменьшает износ элементов трикотажных машин. Повышенный износ является одним из основных факторов, влияющих на простой и экономическую эффективность текстильного оборудования. Уменьшить расходы на ремонт и обслуживание машин возможно, за счёт снижения износа рабочих органов основовязальных машин. Актуальным является повышение ресурса нитепроводящих элементов текстильных машин за счёт использования новых присадок к химическим веществам на основе парафинов, позволяющих добиться реализации в определённой степени эффекта безызносности.

Степень научной разработанности избранной темы. Данные вопросы изучались А.В. Труевцевым, А.С. Далидовичем, В.П. Щербаковым, В.М. Лазаренко, Л.А. Кудрявиным, В.Н. Гарбаруком, Ф.А. Моисеенко и другими. Ими установлено, что ресурс нитепроводящих деталей текстильных машин определяется материалом нитепроводников, наличием покрытий на них, геометрией нитепроводников, давлением в контакте нить – металл, свойствами нитей, а также наличием на нити смазочных веществ.

С учётом использования промышленно выпускаемых нитепроводников, давление в контакте нить-металл зависит от натяжения нити. Натяжение нитей может достигать десятков сН даже с наличием парафинов на поверхности, т.к. на процесс влияет состояние нити (неровнота, влажность, пушение, наличие

инородных тел), условия сматывания нити с паковки, а также состояние нитепроводников (наличие лунок износа, заусенцы, острые края, загрязнение).

Снизить пиковые нагрузки на нитепроводники при различных режимах работы текстильных машин предлагается путём снижения трения в контакте нить-металл применением парафинирования нити сплавами с содержанием стеаратов металлов.

Целью работы является повышение ресурса нитепроводящих элементов основовязальных машин за счет применения присадок стеаратов металлов переходных групп к парафинам при парафинирования нити в процессе её перемотки.

Для достижения цели поставлены и решены следующие **научные задачи**:

1. Изучено современное состояние вопросов снижения износа нитепроводящих элементов, в результате которого установлено, что одним из основных способов, применяемых на основовязальных машинах, является парафинирование нитей.

2. Разработаны метод, технические и программные средства для измерения параметров трения при контакте нити с нитепроводящими элементами машин с использованием маятникового трибометра, на которых воспроизводятся условия взаимодействия нити с нитепроводящими элементами основовязальных машин.

3. Получены экспериментальные зависимости параметров трения от кинематических и динамических характеристик нити для прогнозирования ресурса элементов основовязальных машин.

4. Выявлено влияние включения стеаратов металлов при парафинировании нитей на ресурс металлических нитепроводников различного состава и коэффициент трения нити с нитепроводящими элементами основовязальных машин с использованием разработанного нами маятникового трибометра.

5. Определено оптимальное соотношение составляющих парафинового сплава со стеаратами металлов обеспечивающих повышение ресурса нитепроводящих деталей основовязальных машин.

Объект исследования - система «нитепроводящий элемент-нить»
основовязальных машин.

Научная новизна работы:

Предложен метод измерения параметров трения нити с нитепроводящими элементами основовязальных машин, реализованный на основе маятникового трибометра, доказано повышение ресурса нитепроводящих элементов основовязальных машин путем парафинирования нитей с применением стеаратов металлов переходных групп, реализующих металлоплакирование.

1. Разработана математическая модель контакта «нить - нитепроводящий элемент» для определения зависимости момента трения маятникового трибометра от технологических параметров, определяющих взаимодействие нити с нитепроводящими элементами, позволяющая прогнозировать параметры процесса трения нити с нитепроводящими элементами на основовязальных машинах.

2. Разработана имитационная математическая модель маятникового трибометра, позволившая определить его амплитудно-частотные характеристики и расчетные значения статического и динамического коэффициентов трения контакта «нить - нитепроводящий элемент», как входных параметров для конструирования устройств регистрации трения в основовязальных машинах.

3. Разработаны методики измерения параметров трения маятниковым трибометром с использованием цифрового датчика угла наклона маятника, их регистрации и создания информационной базы данных параметров трения.

4. На примере основовязальной машины ОВ-160 методом «чёрного ящика» показана возможность повышения ресурса игл машины применением парафинирования пряжи с присадками стеаратов металлов.

5. Разработан новый состав сплава для парафинирования нитей на основе парафина с присадками стеаратов металлов, реализующий эффект безызносности и повышающий ресурс нитепроводящих деталей в 1,5 раза.

6. На примере хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 25 текс получена зависимость износа от компонентного состава парафинового сплава,

позволяющая прогнозировать ресурс нитепроводящих деталей основовязальных машин.

Практическая значимость работы:

1. Разработаны и апробированы системы измерения параметров трения в контакте пары трения «нить - нитепроводящий элемент» маятниковым трибометром с использованием, как аналогового, так и цифрового датчика угла наклона маятника, аппаратного и программного обеспечения.

2. Разработана лабораторная установка для проведения трибологических испытаний в контакте «нить-металл», позволяющая производить исследования поискового характера, различных сплавов для парафинирования нитей и оценку работоспособности измерительных устройств.

3. Произведены исследования сплавов различного состава для парафинирования нитей на основе стеаратов металлов переходных групп, с целью поиска оптимального соотношения компонентов.

5. Разработан измерительный комплекс контроля параметров трения в основовязальной машине ОВ-160 применительно к условиям контакта «нить - нитепроводящий элемент». Новизна технического решения подтверждена патентом РФ на полезную модель №152958: «Устройство для измерения коэффициента трения текстильного материала»;

6. Разработанные лабораторные стенды для исследования процесса трения внедрены в учебный процесс по дисциплине «Основы триботехники» по направлению подготовки магистров 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

Методология и методы диссертационного исследования. В диссертационной работе проанализированы имеющиеся в российской и зарубежной научно-технической литературе сведения о процессе, причинах и мерах противодействия износу металлических элементов в трикотажных машинах. Работа содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований. В теоретических исследованиях использованы методы дифференциального и интегрального исчисления, теория упругих колебаний,

механики гибкой нити. Экспериментальные исследования проводились методами потенциометрии и обработки цифровых сигналов. Данные испытания, а так же планирование эксперимента проводилось с использованием методов математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

1. Компьютерная модель маятникового трибометра, позволяющая прогнозировать изменение параметров процесса трения во времени и конструировать устройства регистрации трения.

2. Методики и системы измерения параметров трения маятниковым трибометром с использованием цифрового датчика угла наклона маятника, а также программное обеспечение, реализующее регистрацию.

3. Лабораторные стенды, моделирующие процесс движения нити в основовязальной машине, необходимые для проведения трибологических испытаний в контакте «нить - нитепроводящий элемент», позволяющие производить исследования, поискового характера, различных сплавов для парафинирования нитей и оценку работоспособности измерительных устройств.

4. Разработанный состав для парафинирования нитей на основе стеаратов металлов, реализующий эффект безызносности и повышающий ресурс нитепроводящих деталей основовязальных машин.

5. Система измерения параметров трения в контакте «нить - нитепроводящий элемент», установленная на основовязальной машине ОВ-160.

Степень достоверности и апробация результатов работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку: МНТК «Молодые учёные – развитию текстильно - промышленного кластера» (ПОИСК-2014), МНТК «Инновационные технологии развития текстильной и лёгкой промышленности» Москва 2014 г, МНТК «Молодые учёные – развитию текстильно - промышленного кластера» (ПОИСК-2015), ФНКМУ «Инновации молодёжной науки», Тезисы докладов, Санкт-Петербург 2015 г., МНПФ «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоёмкие технологии и материалы» (SMARTEX-2016), ВНИК «Молодёжь и новые

информационные технологии», Череповец, 2016 г, МНТК «Молодые учёные – развитию текстильно - промышленного кластера» (ПОИСК-2017), ВНПК «Надёжность и долговечность машин и механизмов», Иваново 2017, МНТК «Молодые учёные – развитию Национальной технологической инициативы» (ПОИСК-2018), ВНПК «Надёжность и долговечность машин и механизмов», Иваново 2018, МНПФ «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоёмкие технологии и материалы» (SMARTEX-2018), Международный семинар по теории механизмов и машин им. академика И.И. Артоболевского (РАН) (Костромской филиал).

Основные результаты выполненных исследований опубликованы в 19 печатных работах, в том числе 3 публикации ВАК(SCOPUS), 1 патент на полезную модель РФ, 1 свидетельство о гос.регистрации программы для ЭВМ, 2 учебно-методические разработки и 12 статей в других изданиях.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка использованных источников, приложений и изложена на 175 страницах машинописного текста, включая 74 рисунка и 18 таблиц.

1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА НИТЕПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРИКОТАЖНЫХ МАШИН

1.1. Технологические характеристики вязального оборудования

По принципу получения трикотажа все вязальные машины можно разделить на две основные группы - кулирные и основовязальные. Машины каждой из групп подразделяются на плоско- и кругловязальные, которые в свою очередь могут быть одно- и двухфонтурные [1].

По назначению вязальные машины подразделяются на машины для выработки полотна и машины для выработки купонов с разделительными рядами, машины для изготовления плоских деталей заданной формы, требующих последующего соединения в процессе пошива, и машины для получения изделий заданной объемной формы, требующих при обработке незначительного количества швейных операций или исключаящих их применение. На схеме (рис. 1.1) приведена классификация вязальных машин по видам вырабатываемой продукции.

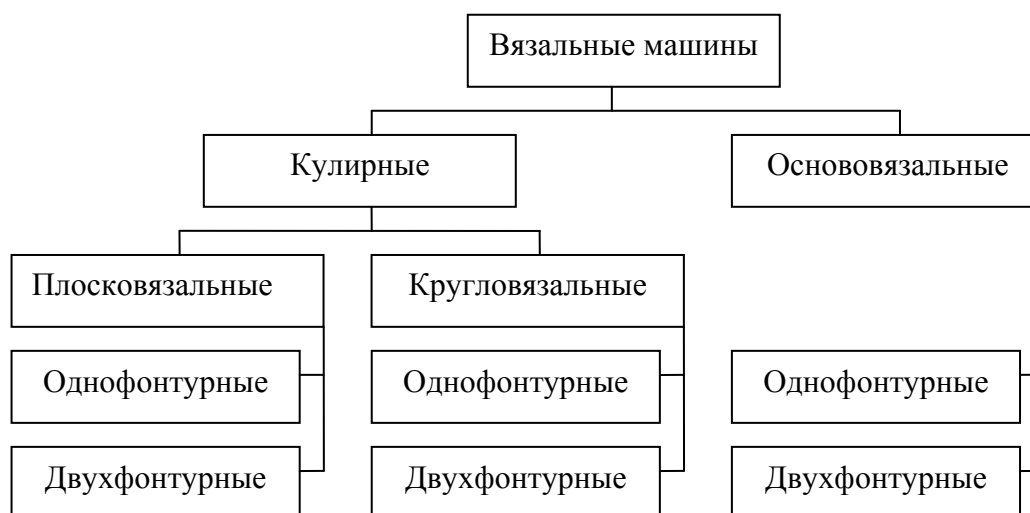


Рисунок 1.1 - Классификация вязальных машин

Несмотря на большое разнообразие конструкций вязальных машин, все эти машины содержат следующие механизмы: главные, механизации и автоматизации выполняемых операций, дополнительные. К главным относятся механизмы, участвующие в процессе образования петель. Это механизмы, передающие движение петлеобразующим органам - иглам, трубкам и др., механизмы нитеподачи и оттяжки полотна. К механизмам механизации относится привод машины, а к механизмам автоматизации принадлежат различные устройства наблюдения, подающие сигналы для останова машины в случае неполадок, механизмы управления на машинах, предназначенных для выработки штучных изделий. Дополнительные механизмы - это механизмы отбора петлеобразующих органов, участвующие в получении рисунков на трикотаже.

Вязальные машины могут различаться диаметром игольного цилиндра или шириной игольницы, классом, конструкцией петлеобразующих органов, способом петлеобразования.

Основным петлеобразующим органом вязальной машины является игла. Иглы бывают различной конструкции. Наибольшее применение получили язычковые и крючковые иглы, но возможно применение составных (пазовых) и трубчатых игл. Качество игл влияет на качество вырабатываемого трикотажа и имеет большое значение для работы машины.

К иглам предъявляют следующие требования: иглы должны быть хорошо отполированы и иметь плавные переходы на тех участках, по которым передвигаются петли (наличие острых граней, зазубрин, ржавчины приводит к разрыву волокон нитей и затрудняет движение петель по иглам); язычок иглы должен свободно перемещаться относительно своей оси; при соединении с головкой иглы язычок должен плотно прилегать к концу крючка; пятка иглы должна располагаться в одной плоскости со стержнем иглы; иглы должны свободно двигаться в пазах игольниц параллельно граням пазов; размеры иглы должны соответствовать размерам, указанным в технических условиях для игл данной конструкции. Отклонения от этих требований приводят к дефектам трикотажа.

Вязальная машина характеризуется классом - числом игл в игольнице, приходящимся на условную единицу длины. За единицу длины в каждой стране, производящей вязальные машины, принята своя. Например, большинство кругловязальных машин классифицируется по английской системе, т. е. класс этих машин определяется числом игл, приходящихся на 1 англ. дюйм (25,4 мм) игольницы. Игольным шагом называется расстояние между осями соседних игл вдоль игольницы.

Основовязальными называют машины, предназначенные для выработки трикотажа из основы, т. е. из системы нитей, параллельно навитых на навои. Основовязальные машины выпускаются с одной и двумя игольницами. Они могут различаться конструкцией основных петлеобразующих органов - игл. Иглы могут быть крючковыми, составными (пазовыми), язычковыми или трубчатыми. Машины с крючковыми и составными иглами выпускаются 14-32 класс, машины с язычковыми иглами - в основном 28-48 класса.

Примеры технических характеристик основовязальных машин немецкого производства показаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Технические характеристики основовязальных машин

Модель	Кокетт Е-2	Кокетт У-3	Кокетт У-4
Рабочая ширина, мм	2134	2134	2134
Макс. скорость, об/мин	2200	1100	1100
Масса, кг	3800	3200	3200
Мощность двигателя, кВт	7,5	3,0	3,0
Диаметр навоя, мм	765	765	765
Нитеподача	0,33-10 мм/петельный ряд (157-4800 мм/раккель)	0,33-10 мм/петельный ряд (157-4800 мм/раккель)	0,33-10 мм/петельный ряд (157-4800 мм/раккель)
Диаметр намотки, мм	макс.800	макс.800	макс.800

Технические характеристики основвязальных машин серии GET [9], компании Fujian Jilong Machine Technologies представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Технические характеристики основвязальных машин GET

Модель машины	E28, E32
Тип машины	Высокоскоростная основвязальная машина с одной игольницей
Тип иглы	Крючковая игла
Ширина вязания, мм	3454, 4724, 5537 и 5791
Гребёнка	2, 3, 4
Максимальная ширина намотки, мм	635
Поддерживающие опоры	2 (3, 4) *762 мм, отдельный тип
Устройство для движения по горизонтали	Замочная система/электрическая система
Подача пряжи	Система подачи EBA, система намотки EWA
Мощность подачи, мм / строка	50-6000
Плотность трикотажного переплетения, стежки/см	3-60

1.2. Устройство и принцип работы машины ОВ-160

Отличительной особенностью производства основвязанных трикотажных полотен на машинах типа ОВ-160 является возможность использования широкого ассортимента пряжи и возможность быстрой переналадки для получения различных по структуре полотен [10].

Принцип работы машин типа ОВ-160 состоит в следующем. Имеются две системы основных нитей: передняя и задняя. Эти нити поступают с навоев в рабочую зону машины, проходя через полые изогнутые трубки, закрепленные в ряд на двух параллельных гребенках - игольницах. Игольницы имеют возможность качания и линейного перемещения друг относительно друга и являются органами петлеобразования. При согласованном движении игольниц, трубки взаимодействуют попарно и образуются петельные ряды, последовательно

на трубках передней и задней игольниц. Между петельными рядами, через два смежных ряда в открытый зев может пробрасываться уточная нить. После сброса петель с трубок формирующееся полотно отводится из рабочей зоны механизмом товароотвода и наматывается на товарный вал. Натяжение систем основных нитей регулируется механизмом отпуска и натяжения основы. В рабочем цикле, нити, сматываясь с навоев, то ослабляются, то подтягиваются к игольницам. Подачу и выборку провисания нитей в цикле выполняет механизм компенсации подачи основы.

Для образования различных структур переплетения служит механизм узорообразования. Для получения на машине полотна с утком предназначен механизм прокладки утка. Схема прохождения нити показана на рис. 1.2.

В процессе работы возможна смена "цвета" укладываемой в зев нити в определенной запрограммированной последовательности. Под нитью другого «цвета» понимается нить с другой бобины. Это может быть как нить с другими характеристиками, например толщиной или цветом, так и нить с теми же характеристиками. Механизм смены утка позволяет использовать нити 6 «цветов». Последовательность смены «цветов» определяется положением штифтов-толкателей на звеньях - «картах», собираемых в цепь. Согласованной работой механизмов в цикле управляют кулачки распределительной коробки. Движение на кулачковый вал распределительной коробки передается от электродвигателя через клиноременную и червячную передачи.

На машине предусмотрены автоматические блокировки, предупреждающие травматизм обслуживающего персонала, поломку механизмов и брак полотна. В частности, светолокационный датчик блокирует работу машины в случае попадания руки вязальщицы или посторонних предметов в рабочую зону. Для контроля основных нитей установлен основонаблюдатель электрического действия.

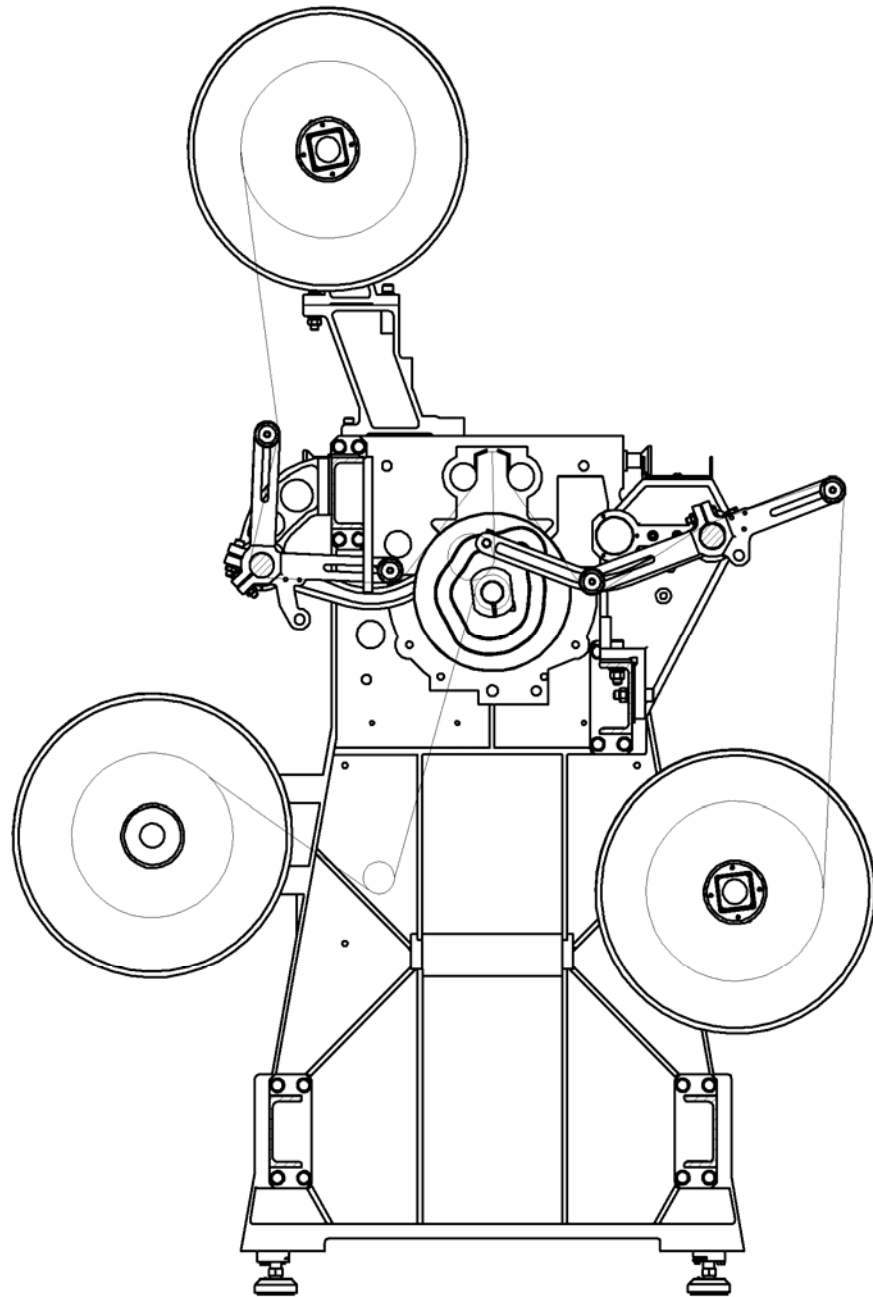


Рисунок 1.2 - Схема прохождения нити в машине ОВ-160

1.3. Теоретические сведения о трении текстильных материалов

И.В. Крагельский [11] и А.Б. Пакшвер [12] относят трение волокнистых материалов к трению сухих твердых тел.

Трибологические процессы, развивающиеся в узлах трения, определяются физико-механическими свойствами поверхностей материалов трения, смазочным

материалом, который является обязательным конструкционным элементом большинства трибосопряжений, и внешними параметрами нагружения узла - нагрузка, скорость, температуро-влажностные характеристики, окружающая среда.

Температура и влажность, оказывают большое влияние на фрикционные характеристики материалов. С повышением относительной влажности воздуха и понижением его температуры коэффициент трения нитей увеличивается. Например, с увеличением влажности хлопчатобумажной пряжи ее коэффициент трения снижается, из чего сделан вывод, что ввиду примитивных мер сохранения влажности пряжи при высоких температурах, уменьшение коэффициента трения с ростом температуры может быть приписано главным образом уменьшению влажности пряжи. Небольшое снижение коэффициента трения могло иметь место также из-за возможного размягчения восковых веществ на поверхности волокна. К этому мнению присоединился и М.М.Моисеенко [13].

Иначе влияет на трение нитей состояние окружающей среды. В. Вегенер и Б. Шулер [14] измеряли коэффициент трения различных видов нитей, передвигающихся по стеклянному цилиндру диаметром 30 мм со скоростью 4 м/мин при постоянной температуре $+40^{\circ}\text{C}$ и изменении относительной влажности воздуха от 35 до 85%. На следующем этапе работы исследователи замеряли коэффициент трения различных нитей, передвигающихся по стеклянному цилиндру диаметром 30 мм со скоростью 4 м/мин, в зависимости от изменения температуры воздуха от -60°C и до $+60^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности 80%. В результате авторы работы сделали вывод, что при постоянной температуре с ростом относительной влажности коэффициент трения увеличивается. Также он увеличивается и при постоянном влагосодержании воздуха по мере понижения температуры при одновременном росте относительной влажности. В том случае, когда относительная влажность воздуха постоянна, а температура поднимается, кривая коэффициента трения круто идет вверх при отрицательной температуре, проходит через максимум, который находится против нуля градусов или немного левее его, и затем резко падает.

Кривые падения коэффициента трения покоя при повышении температуры (в диапазоне выше 0°C) поверхности трения были получены, например, для хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 20,0 текс с круткой 760кр/м при начальном натяжении 12 гс, скользящей по стеклянному цилиндру диаметром 30 мм, при изменении температуры поверхности трения $+20^{\circ}\text{C}$ до $+120^{\circ}\text{C}$. Объясняя результаты своих исследований, Вегенер и Шулер [14] исходят из предположения, что трению нитей ближе законы внутреннего трения жидкости, чем внешнего трения твердых тел. Повышение температуры они связывают с уменьшением вязкости замасливающих агентов или других веществ, содержащихся в пленке на поверхности трения. Снижение вязкости предопределяет падение коэффициента трения. Объяснения уменьшения коэффициента трения с понижением минусовой температуры авторы не дают. Что касается влияния относительной влажности на коэффициент трения, то Вегенер и Шулер считают, что исходя из картины жидкостного трения, нельзя было ожидать такой зависимости. Тенденцию увеличения коэффициента трения с ростом относительной влажности воздуха, по их мнению, можно объяснить только тем, что волокна адсорбируют влагу, и она влияет на трение.

Томлинсон и Олсен [15] исследовали трение нейлоновых нитей, обработанных олеиновой кислотой, по хромированному стальному цилиндру. При повышении температуры цилиндра до 160°C коэффициент трения резко уменьшается. Причины падения величины коэффициента трения, как пишут авторы, не в особенностях взаимодействия цилиндра и замасливателя, так как при трении тефлоновой нити без смазки была получена аналогичная кривая.

По мнению Н.В Хвальковского [16], «при постоянной температуре по мере увеличения влажности коэффициент трения нитей возрастает в основном за счет усиления молекулярного взаимодействия поверхностей, вызываемого высокой полярностью молекул воды. Повышение температуры, приводящее к ускорению колебаний молекул, способствует изменению деформационных свойств материала, он становится более эластичным, что помогает участкам волокон как бы обтекать отдельные твердые шероховатости контртела, и уменьшает

суммарную силу трения. При температуре выше точки размягчения рост коэффициента трения вызывается налипанием полимера на поверхность трения. Понижение температуры ниже нуля приводит к обледенению поверхности трения. При одновременном повышении температуры и влагосодержании воздуха, по-видимому, должны иметь место две тенденции: повышение коэффициента трения с ростом влажности, снижение его с ростом температуры. Температурный фактор, вероятно, при этом будет оказывать решающее влияние».

Выводы Хвальковского Н.В. [16] можно применить только для гигроскопичных волокон и нитей. Для нитей с низкой гигроскопичностью исследования влияния влажности на коэффициент трения дают противоположные результаты.

Все сказанное позволяет сделать вывод о том, что температура и влажность оказывают значительное влияние на фрикционные характеристики текстильных материалов, что должно учитываться при проведении исследований их трения, а так же при анализе данных, полученных в этой области.

Натяжение нити (давление) является основным параметром, определяющим характер процесса трения и величину фрикционных характеристик. Уменьшение коэффициента трения по мере повышения натяжения выявлено в опытах И.В. Крагельского [11] с хлопчатобумажной пряжей при трении их по коже, при скольжении вискозной кордной нити по стеклу. Аналогичные результаты получены Бакли и Поллитом при движении вискозной нити и хлопчатобумажной пряжи по цилиндру из нержавеющей стали, Лайном при перемещении ацетатной нити по стальному цилиндру, Бердом при перемещении нейлоновой нити по различным поверхностям, вискозной и хлопчатобумажной пряжи по стеклянному прутку. Увеличение коэффициента трения текстильных материалов при снижении давления авторы объясняют их цепкостью.

Н.В.Хвальковский [16] также исследует влияние величины предварительного натяжения различных видов нитей на коэффициент трения. В данной работе такие зависимости получены при трении нитей по нитям на приборе В.В. Талепоровского, нитей по плоской поверхности на дисковом

приборе; пряжи и комплексных нитей по твердому цилиндрическому телу, капроновых нитей (невытянутой и различной крутки) по твердому цилиндрическому телу. Причем величина входного натяжения выбиралась в широких пределах (от 2,0 до 500,0 гс). Исследования показали, что коэффициент трения для всех видов нитей снижается при возрастании предварительного натяжения. Особенно характеристики трения изменяются при повышении его от 2,0 до 40,0 гс, то есть в пределах колебаний натяжения, часто встречающихся в технологических процессах. При приближения величины натяжения к разрывной скорости изменения фрикционных характеристик замедляется. Автор делает вывод, что во всех упомянутых вариантах снижение показателей фрикционных характеристик с ростом натяжения обусловлено увеличением площади соприкосновения при этом не прямо пропорционально, а по параболическому закону (для упругих тел). Таким образом, зависимость между силой трения и давлением, определяется характером контактирующих поверхностей. Данный вывод подтверждается и результатами исследования факторов, влияющих на процесс переработки технической льняной пряжи: при увеличении входного натяжения пряжи коэффициент тангенциального сопротивления линейно уменьшается. Зависимость коэффициента тангенциального сопротивления от линейной плотности пряжи имеет вид гиперболы, и с увеличением линейной плотности коэффициент тангенциального сопротивления увеличивается.

В результате экспериментов установлен рост коэффициента трения с увеличением скорости. Английские ученые эту зависимость пытались объяснить, исходя из теории трения Боудена [17], согласно которой контактирующие поверхности соприкасаются только вершинами своих шероховатостей, давление в точках касания предельно высокое и поэтому в процессе трения всегда имеет место пластическая деформация, а фактическая площадь контакта прямо пропорциональна давлению. В результате высокого давления в точках контакта соприкасающиеся поверхности образуют как бы одно целое. При высоких скоростях скольжения наблюдается повышение температуры и, как результат, размягчение и расплавление трущихся поверхностей. По Боудену процесс трения

сопровождается повреждением поверхностей - сдвигом (пропахиванием) менее твердой поверхности или срезом образовавшихся спаек. Возможны и оба вида повреждения одновременно.

Таким образом, по мнению Боудена сила трения равна:

$$F=A*S,$$

где A - фактическая площадь контакта, прямо пропорциональная давлению и не зависящая от размеров соприкасающихся тел;

S - сила, необходимая для среза или сдвига.

А так как $A=W/P$, где W - давление, P - предел текучести менее твердого тела, то коэффициент трения равен

$$f = F/W=S/P.$$

Разработанная Олсенем гипотеза механизма динамического трения волокна по металлу вызывает возражения некоторых ученых.

По другим данным, для некоторых объектов - для гидратцеллюлозных и полиамидных нитей коэффициент трения изменяется пропорционально скорости и может быть определен из эмпирической зависимости:

$$f_d = f_c + v/A,$$

где f_d - динамический коэффициент трения движущейся нити; f_c - статический коэффициент трения неподвижной нити; v - скорость нити; A - коэффициент компактности нити.

Возрастание коэффициента трения с увеличением скорости, Лайн [18] объясняет тепловым эффектом. Если при низкой скорости перемещения нити по цилиндру имеет место частично упругая, частично пластическая деформация, то с возрастанием скорости пластическая часть деформации по сравнению с упругой, в результате повышения температуры в зоне контакта, может увеличиваться.

В.Г.Пинхасович [19] доказал, что при движении хлопчатобумажной нити по неподвижному прутку и при изменении скорости движения ее в пределах от 0,001 до 1,5 м/сек можно принять с точностью для практических целей, что трение нити не зависит от скорости.

И.В.Крагельский [11], проводивший исследования трения на дисковом приборе хлопчатобумажной пряжи по коже и бархату, и льняной по стали, пришел к выводу, что с ростом скорости коэффициент трения проходит через максимум, смещенный к началу координат, при увеличении давления. По его мнению, сила трения может быть выражена формулой:

$$F=[a + bv] \cdot cv + d ,$$

где a , b , c , d - константы, зависящие от природы тел и величины давления, для определения которых необходимо определить модуль упругости материалов, скорость релаксации и последействия.

Н.В.Хвальковским [20] проведены исследования влияния скорости относительного перемещения на коэффициент трения нитей. При испытаниях одних и тех же нитей на дисковом приборе и на приборе МТИ получены различные данные. В одном случае с ростом скорости кривые проходят через максимум, в другом – поднимаются и затем выходят на плато. При проведении исследований трения нитей по цилиндрической поверхности со скоростью до 2200 м/мин автором не было получено кривых, проходящих через максимум. Все кривые, достигнув определенного уровня, далее не отклонялись. Такой характер кривых, по мнению Н.В.Хвальковского, хорошо согласуется с особенностями деформирования текстильных материалов. При трении нити по твердому цилиндрическому телу волокна, лежащие на поверхности соприкосновения, встречаясь с выступами, расположенными на цилиндрической поверхности, отклоняются и обтекают их. С ростом скорости время деформации волокон уменьшается, поэтому эластические и пластические деформации не успевают развиваться, и волокна подвергаются упругой деформации. В этих условиях нить работает в целом как более жесткое тело, требующее затрат больших усилий при деформации, что вызывает в итоге рост величины силы трения. Рассматриваемый процесс, развиваясь сначала достаточно быстро, затем затухает.

Таким образом, нет единого мнения, объясняющего характер зависимости фрикционных характеристик нитей от скорости их относительного скольжения.

Доказано [21], что сила трения изменяется, если трущиеся поверхность смазать. Смазка может быть естественная, например восковыми веществами, имеющимися на хлопке, или искусственная. На рис. 1.3, а и б приведены кривые конечного натяжения при движении по нитепроводнику ацетатной нити, содержащей более 1% замасливателя.

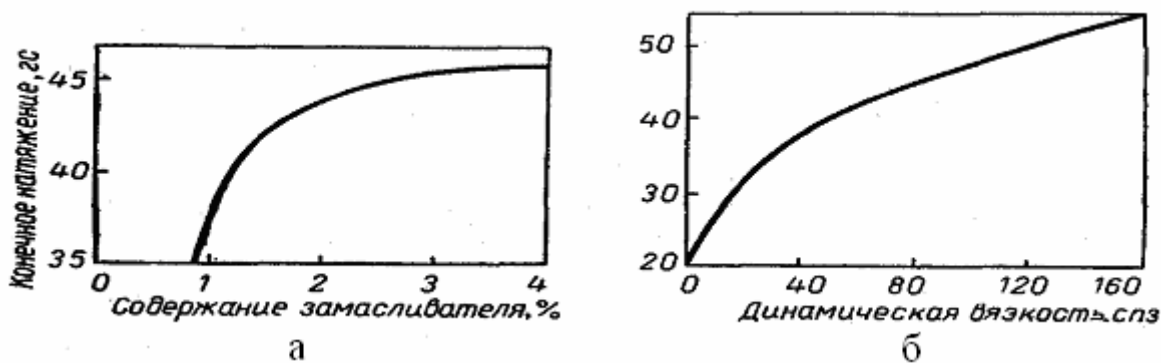


Рисунок 1.3 - Кривые изменения конечного натяжения при прохождении ацетатной нити через нитепроводник: а - при различном содержании замасливателя в пряже, б- при различной вязкости замасливателя

Кривые показывают, что сила трения увеличивается как по мере увеличения содержания замасливателя, так и при увеличении его вязкости. Однако волокна, с которых удален замасливатель, имеют высокий коэффициент трения.

Исследования, проведенные в Костромском государственном технологическом университете М.И. Худых, А.Б. Брут-Бруляко, Г.К. Букаловым [91, 92, 93, 94, 95 и др.] позволили выявить зависимость износа нитепроводящих деталей от природы волокнистого контртела. Наибольшей изнашивающей способностью среди натуральных волокон обладает льняная нить. В местах контакта нити с нитепроводящей деталью создаются давления в пределах 1 – 5 МПа. Скорости относительного перемещения довольно велики до 500 м/мин. Это способствует разупрочнению и изнашиванию поверхности. Средняя температура контакта составляет 110 °С, а местные всплески могут составлять до 700°С [91].

Г.К. Букалов [93] предложил классифицировать нитепроводящие рабочие органы по форме контакта и периодичности взаимодействия, по созданию

нагрузки в зоне контакта: натяжением текстильного продукта или при помощи нажимного устройства. На основании предложенной классификации автором предлагается несколько методов повышения износостойкости.

Влияние замасливателей и парафинов на трение нитей отражено в работах Алешина Р.Р. [61], Корниенко А.А. [62], Куликовой И.В. [35], Леновой Н.А. [80], Пехташевой Е.Л. [21], Пономаревой И.И. [35], Прокопенко А.К. [51], Радченко О.В. [84], Степановой Т.Ю. [79], Цитович И.Г. [23], а также патентах [37 - 41].

1.4. Факторы, определяющие надежность процесса петлеобразования

Анализ процесса петлеобразования на различных типах вязального оборудования [22], показал, что основными факторами, определяющими надежность процесса, являются: физико-механические свойства используемого сырья, параметры положения и скорость перемещения петлеобразующих органов и факторы, определяющие режим вязания (входное натяжение нити, усилие оттяжки и скорость нити).

И.Г. Цитович [23], исследуя процесс вязания поперечновязаного трикотажа, делает вывод о том, что повышение при управлении процессом вязания его точности достигается комплексным решением, направленным на уменьшение погрешностей (ошибок) наладки машины, стабилизации динамических воздействий и обеспечение определенных показателей свойств используемого сырья". Определяющими критериями свойств сырья считают линейную плотность и ровноту пряжи, а также механические характеристики: разрывную нагрузку, коэффициент вариации по разрывной нагрузке, разрывное удлинение. Более качественной считают пряжу с большой разрывной нагрузкой и меньшей ее вариацией по прочности. Однако такая оценка, по мнению автора, для различных видов пряжи, например льняной и хлопчатобумажной, оказывается противоречивой. Среди характеристик физико-механических свойств нитей часто выделяют такие, как жесткость и разрывное удлинение. Обычно увеличение жесткости и снижение разрывного удлинения оцениваются как факторы, которые

ухудшают качество нити и переработку ее на вязальных машинах. Согласно выводам, сделанным в данной работе, примером может служить льняная пряжа. В то же время отмечается, что стеклянные и металлические нити, имеющие на один - два порядка большую жесткость при изгибе и растяжении и незначительное разрывное удлинение, обладают вполне удовлетворительной "технологической проходимостью". Сравнение, например, льняной пряжи и стеклянных нитей позволяет определить, что значимое различие определяется, прежде всего, в фрикционных свойствах, а не различной жесткостью нитей и разрывным удлинением. Кроме того, принципиальное различие заключается в разном сочетании упругоэластических свойств указанных нитей: характер деформации при изгибе стеклянных нитей практически чисто упругий, а льняных нитей в основном с пластической (необратимой) долей деформации, вследствие чего возрастает составляющая внутреннего трения нитей. При наличии значительной доли необратимых деформаций, в процессе изгиба нить теряет свойство гибкости, что затрудняет ее переработку на вязальных машинах.

Наличие структурных неоднородностей и внешних дефектов (шишек, утолщений, узлов) приводит к мгновенной остановке движения нити со стороны нитевода, в то время как потребление нити иглой при купировании может продолжаться. В этом случае нить должна противостоять определенной деформации, в противном случае происходит ее обрыв. Требование претерпевать определенные деформации следует рассматривать в основном в связи с внешними дефектами (пороками) нити. Гладкие нити, имеющие упругий характер изгиба, при отсутствии узлов могут удовлетворительно перерабатываться с незначительным разрывным удлинением. Поскольку пряжа всегда имеет внешние пороки, практически важно гарантировать минимальный предел (норму) ее разрывного удлинения. Так, согласно рекомендациям фирмы "Цельвегер Устер" (Швейцария) разрывное удлинение пряжи может быть причиной повышенной обрывности при значениях удлинения менее 10%. Изменение различных свойств нити в процессе вязания проявляется главным образом в величине действующих на нить нагрузок. Поэтому надежность процесса вязания определяют те свойства,

которые участвуют в формировании натяжения нити. В уже упомянутой выше работе И.Г. Цитович, исследуя вопрос о сопоставлении влияния входного натяжения и фрикционных свойств пряжи на обрывность, делает вывод, что при изменении коэффициента тангенциального сопротивления в два раза, максимальное натяжение в зоне вязания увеличивается более чем в 4 раза.

Б.А. Кузнецов [24], анализируя причины образования поперечной полосатости при остановках и пусках основовязальных машин, показал, что данный дефект зависит от положения уже образованных (старых) и новых петель, которое определяется состоянием поверхностей нити и петлеобразующих органов вязальных машин. Автором в данной работе рассмотрены наиболее характерные и общие случаи равновесности положения старой петли или прокладываемой нити в различные моменты петлеобразования, где должно учитываться трение между нитью и иглой. При перемещении иглы в момент заключения, старая петля отклоняется от нормали к грани иглы или язычка на угол, зависящий от силы трения. В момент прокладывания нить занимает на игле определенное равновесное положение, которое так же будет характеризоваться фрикционными свойствами. От того, где находится точка перегиба нити на игле, зависит дальнейшее перемещение нити и его величина, а, следовательно, и качество трикотажа.

Ф.А. Моисеенко [13], исследуя пути повышения эффективности основовязального производства и качества основовязаного полотна, установил, что обрывность нитей при вязании является причиной уменьшения скорости вязания на машинах ниже паспортной на 15-20%; увеличения числа простоев машин; увеличения количества дефектных участков на полотне, вызванных поперечной полосатостью и другими дефектами, возникающими при остановке-пуске машины, что ведет к снижению качества и увеличению отходов. На основании анализа процесса петлеобразования был сделан вывод, что наибольшее относительное перемещение в каждом цикле петлеобразования имеют нити и ушковины, и что ушковина проходит 7-8 раз по одному и тому же участку нити за время образования из нее петель. В этой же работе установлено, что нагрузка на

нити при петлеобразовании незначительна и далека от разрушающей, но прикладывается многократно и с большой скоростью. Так пока нить дойдет от навоя до ушковины, она получит 2 тыс. колебаний нагрузок различной величины от 1,5-5 гс. Число обрывов по причине ворсистости вязальных нитей достигает 80% от общего числа обрывов. Таким образом, обрывы нитей могут быть вызваны низкой прочностью нитей, большими шишками и узлами, защемлением и чрезмерным натяжением нитей. Все эти причины обусловлены низким качеством самих нитей и их снованием.

В своих работах В.Н. Гарбарук [25] рассматривает вопросы учета трения при анализе процесса петлеобразования и его влияние на взаимное перемещение петлеобразующих органов для различных типов вязального оборудования и делает вывод, что максимальное натяжение, возникающее при кулировании, зависит от коэффициента трения, который может быть снижен парафинированием или замасливанием нити, а так же тщательной полировкой игл и нитепроводов.

В.М.Лазаренко установил характер изменения входного натяжения разматываемой нити на вязальных машинах, существенно отличающейся от условий перематывания на мотальных машинах. Причина этого заключается в том, что продольная скорость сматывания нити с паковки на вязальных машинах обычно не превышает 5м/с. В этих условиях натяжение нити определяется, прежде всего, не динамическими составляющими, а составляющей сил трения при сходе разматываемого витка с паковки. При высоких скоростях, решающую роль играет равномерность коэффициента трения по длине пряжи. Рост трения на 10 % обуславливает увеличение обрывности нитей в два раза, поэтому очень важно для качественной переработки нитей и пряжи иметь коэффициент трения по металлу не только низкий, но и более равномерный по длине нити.

Пуховыделение в процессе вязания - одна из критических проблем автоматизации оборудования, предотвращения образования дефектной продукции, преждевременного износа ответственных элементов вязальных машин, свидетельствуют о значительном увеличении выделения пуха с ростом скорости вязания. В частности, это объясняется соответствующим увеличением

тангенциальных сил трения, что подтверждается экспериментально увеличением коэффициента тангенциального сопротивления движению нити в диапазоне скорости выше 200 м/мин. Можно предположить, что пуховыделение с ростом скорости растет из-за динамических сил при возникновении поперечных колебаний нити.

Таким образом, среди технологических показателей пряжи наиболее значимыми являются показатели линейной плотности и ровноты пряжи, отсутствие узлов, а так же механические характеристики: стабильность прочности нитей и достаточный для осуществления надежной переработки нижний предел прочности и разрывного удлинения, деформационные характеристики (в пределах технологических нагрузок) и свойства жесткости нити при изгибе. А поскольку формирование натяжения связано с фрикционными свойствами нити, показатель фрикционных свойств является одним из определяющих при оценке технологичности нити.

1.5. Методы и средства исследования процессов трения

Проблема обеспечения высокой износостойкости в узлах трения остается важнейшей в современной технике. Статистика свидетельствует, что значительная часть отказов в машинных системах связано с отказами узлов трения [26]. Это характерно и для текстильных машин. Причем в отраслевых машинах имеют место и особо тяжелые условия эксплуатации, где детали работают в агрессивных средах.

Для классификации средств измерения рассмотрим узлы трения текстильных машин, которые можно разделить по видам взаимодействующих поверхностей: волокно-волокно, волокно-металл и металл-металл. Рассмотрев в отдельности особенности каждого вида узлов, можно предложить методы измерения трения между их элементами и соответствующие конструкции средств измерения момента трения - машин трения.

Сначала рассмотрим узлы трения вида металл - металл. На рисунке 1.4 показаны разновидности узлов трения вида металл-металл деталей машин [27]. Данные виды узлов можно подразделить на: контакт по площади (1-5), линейный (6-10) и точечный (11-14).

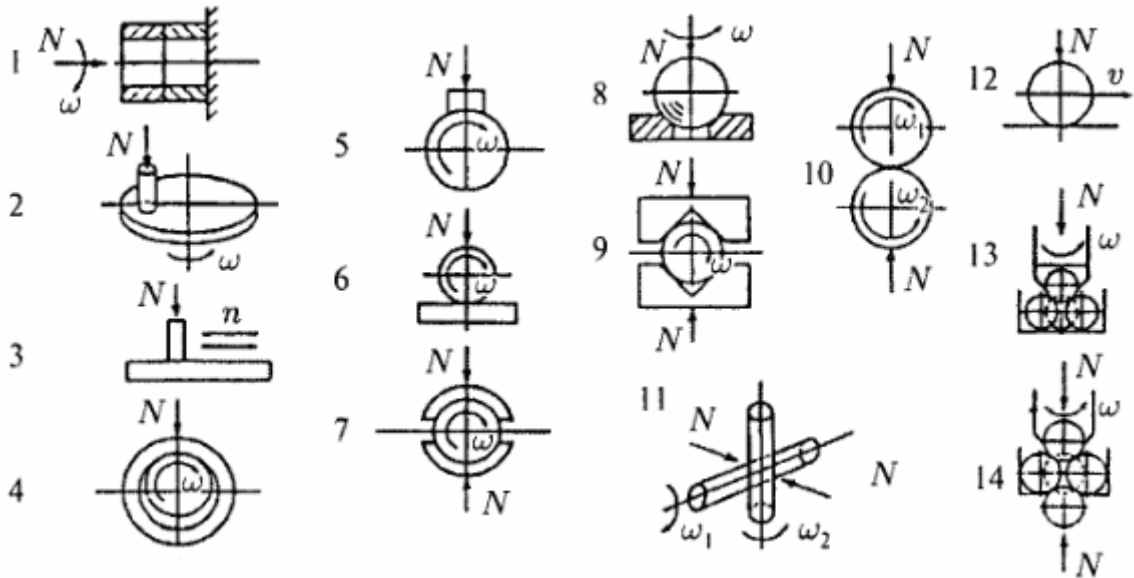


Рисунок 1.4 - Разновидности узлов трения вида металл-металл

Рассмотрим подробнее указанные виды узлов трения с указанием машин трения разработанных для исследования данного вида контакта.

- Торцевой контакт вращающейся и неподвижной втулок. Исследуется в серийных машинах трения ИМ-58 и триботехнических комплексах типа «Унитриб» (УМТ-1, 2168 УМТ) и др. Широко используется при реализации метода оценки фрикционной теплостойкости. В этом случае неподвижная и вращающаяся втулки прижимаются друг к другу торцами заданным осевым усилием, а температура фрикционного разогрева ступенчато повышается путем увеличения частоты вращения неподвижного образца. При каждой из температур разогрева оценивают фрикционные и износные характеристики сопряжения.

- Контакт торца неподвижного цилиндрического образца и вращающегося диска. Реализуется также в комплексах «Унитриб» (2168 УМТ) и в серийной польской машине Т-01М. В другом варианте этой схемы с вращающимся диском контактирует поступательно перемещающийся цилиндрический образец;

траектория при этом представляет собой спираль Архимеда. Такая схема используется в машинах для испытаний на изнашивание о закрепленный абразив. Наиболее известна машина Х4-Б, позволяющая оценивать относительную износостойкость твердых тел при трении по шлифовальной шкурке.

- Контакт плоских образцов, один из которых совершает возвратно-поступательное перемещение. Осуществляется в машинах трения 77 МТ, 2168 УМТ, а также является одной из схем трения, реализуемых в вибро - трибометре фирмы «Оптималь» (ФРГ). В последнем случае осциллирует верхний образец, а нижняя пластина неподвижна.

- Схема трения вал-подшипник. Реализуется в серийных машинах трения и комплексах АО «Точприбор» (г.Иваново): УМТ-1, 2168 УМТ, СМГ-1, СМЦ-2, ИИ 5018 и в других установках. В различных вариантах может осуществляться либо возвратно-вращательное движение, либо вращательное.

- Схема трения вал - частичный вкладыш. Применяется в машине ИИ5018, в ряде ранних моделей этой машины (СМТ-1, СМЦ-2, МИ-1м)-в машине трения фирмы «Амслер». Используется, в частности, при лабораторных испытаниях с целью оценки относительной прирабатываемости и стойкости к заеданию антифрикционных материалов и покрытий на металлической основе при трении в режиме смешанной смазки.

- Схема трения вращающийся вал - прямоугольный брусок. Одна из наиболее распространенных схем в трибологии. Используется в машине трения фирмы «Тимкен», а также в ряде методик, реализуемых на машинах трения, осуществляющих вращательное движение вала (машины Шкода-Савина, МИ-1м, Т-05). Данная схема применяется при экспериментальной оценке истирающей способности обработанных радиальных поверхностей цилиндрического образца, изнашивающего плоскую поверхность эталонного образца. Линейный контакт быстро превращается в контакт по плоскости.

- Схема трения вал - два вкладыша. Диаметр вала несколько меньше, чем диаметр отверстия во вкладышах, так что в подобной схеме осуществляется начальный линейный контакт. Эта схема применяется в известной

маслоиспытательной машине Алмен-Виланд. Испытания на этой машине проводятся при ступенчатом повышении нагрузки на узел трения до реализации заедания.

- Схема трения сфера - кольцо. Вращающийся шар контактирует с контртелом по сферической поверхности в виде пояска. Ширина пояска очень мала, поэтому контакт в первом приближении может рассматриваться как линейный. Такая схема предусмотрена температурным методом оценки смазочной способности масел, реализуемым на машинах трения КТ-2 и МАСТ-1.

- Схема трения - два вращающихся цилиндра. По этой схеме может осуществляться как скольжение, так и качение с проскальзыванием в зависимости от направления и величины угловых скоростей. Она широко применяется при моделировании трения в зубчатых передачах. Схема воспроизведена в различных машинах трения: в серийных ИИ 5018, СМТ-1, СМИ-2, МИ-1м и в некоторых специальных роликовых стендах.

- Схема трения - перекрещенные цилиндры. В настоящее время применяется относительно редко. Однако достаточно широко распространены схемы точечного контакта, реализуемого для перекрещенных конуса и цилиндра (в польской машине Т-04), сферы и цилиндра, конуса и сферы. При этом может вращаться один из элементов узла трения или оба.

- Схема трения сферы и плоскости. Относительное перемещение элементов этой трущейся пары осуществляется либо по схеме 2 (сфера, контактирующая с вращающимся диском, как, например, в машине трения ДС-1), либо по схеме 3 (сфера, контактирующая с поступательно или возвратно-поступательно движущейся пластиной, как в известной машине Боудена-Лебена).

- Четырехшариковая схема трения. В ней вращающийся верхний шарик, зажатый в шпинделе машины, контактирует с тремя нижними, установленными в специальной оправке в горизонтальной плоскости симметрично относительно оси шпинделя. Такая схема трения использована в самой известной маслоиспытательной машине. В зависимости от конструкции оправки, четырехшариковая машина может воспроизводить трение скольжения или трение качения. Наиболее распространена четырехшариковая машина скольжения, в

которой нижние шары зажаты в оправке и остаются неподвижными, в то время как верхний шарик, вращаясь под нагрузкой, образует на нижних лунки, размеры которых характеризуют исследуемые масла. Машина широко применяется для оценки противозадирных свойств масел.

- Пятишариковая схема трения. В качестве испытательных образной используются стандартные стальные шарикоподшипники, отличающиеся однородностью структуры и состава и высоким качеством обработки поверхности, что обеспечивает хорошую воспроизводимость результатов эксперимента. Рабочий узел пятишариковой машины трения - пирамида из 5 шаров. Верхний и нижний шары закреплены на торцах валов, каждый из которых может вращаться самостоятельно. Если удерживать от вращения чашку, то при вращении валов с нагруженными вертикальными шарами горизонтальные шары обкатываются по наружному кольцу чашки, и узел трения имитирует работу подшипника качения. Если же нижний шар не нагружен, то имитируется работа радиально-упорного подшипника.

Далее рассмотрим методы исследований трения волокнистых материалов. Большой вклад в науку о трении гибких тел внес Л. Эйлер [28]. До сих пор применяют при расчете сил трения в элементах с гибкой связью, выведенные им зависимости о трении гибкой нерастяжимой нити перекинутой через шкив (рис.1.5).

$$f = \frac{\ln P_2 / P_1}{\alpha}$$

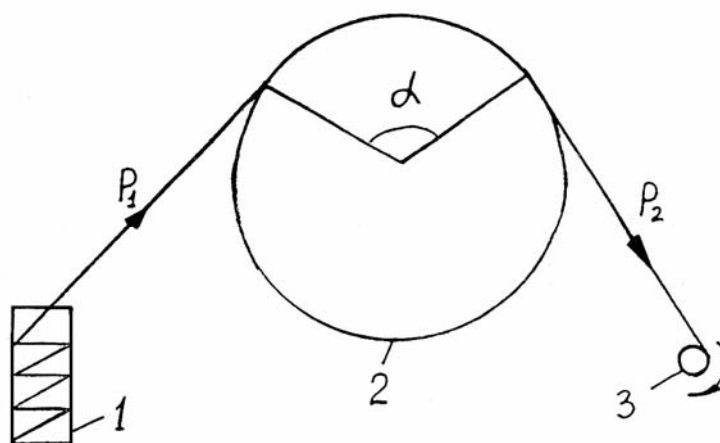


Рисунок 1.5 - Трение гибких тел по Эйлеру, где P_1 - натяжение нити до тела трения; P_2 - натяжение нити после тела трения; α - угол обхвата нитью тела трения

С ростом натяжения P_2 появляется опасность растяжения нити или даже ее обрыва, если P_2 достигнет значения прочности. Поэтому всегда стремятся снизить коэффициент трения при соприкосновении нити с твердой поверхностью. При этом надо различать трение нити или волокон по волокну и трение по поверхности нитеводителя (металл). Трение нитей по металлу нитепроводников влияет на текстильную проходимость, образование ворса и обрыв нити.

Схема прибора, созданного Боденом и Лебеном, для фундаментального изучения трения волокон показана на рис. 1.6. Ползун прижимается силой N к нижней плите, которая движется под ним с постоянной скоростью.

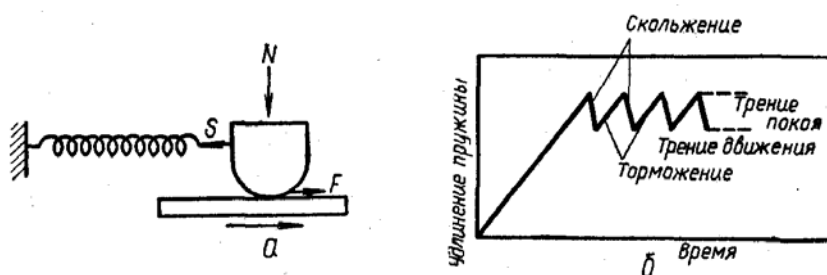


Рисунок 1.6 - Прибор Бодена для фундаментального изучения трения волокон

Благодаря силе трения нижняя плита привлекает за собой ползун до тех пор, пока сила S пружины не станет равной силе трения F (сила растяжения пружины определяет силу F). Практически статическое трение F_g - сила,

противодействующая началу скольжения, почти всегда больше динамического трения F_d . По этому, как только ползун начинает скользить, он стремится вернуться назад до тех пор, пока натяжение пружины не уменьшается от величины, равной силе статического трения, до величины силы динамического трения. Прежде чем замедлить ход и прийти в состояние покоя, ползун некоторое время скользит назад. Затем он снова передвигается вперед вместе с нижней плитой под действием статического трения. Растяжение пружины, записанное в виде диаграммы «торможение - скольжение», показано на рис.1.6(б). Если торможение мало, то сила динамического трения равна средней силе, показанной пружиной во время скольжения. Следовательно, его можно вычислить, если известны характеристики пружины. На таких приборах можно измерять трение пучка волокон о твердое тело или о полимерный материал того же состава, что и волокно.

Для исследования трения одиночных волокон нужны другие приборы. В этих приборах волокна закрепляют в специальных рамках под небольшим натяжением и затем прижимают друг к другу, как показано на рис.1.7.

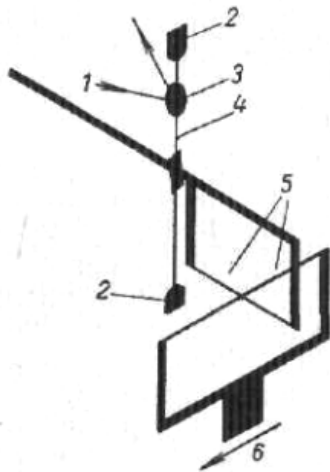


Рисунок 1.7 - Схема прибора для исследования трения одиночных волокон (1-луч света, 2-держатель, 3-зеркало, 4-проволока, 5-волокно, 6-направление движения нижней рамки)

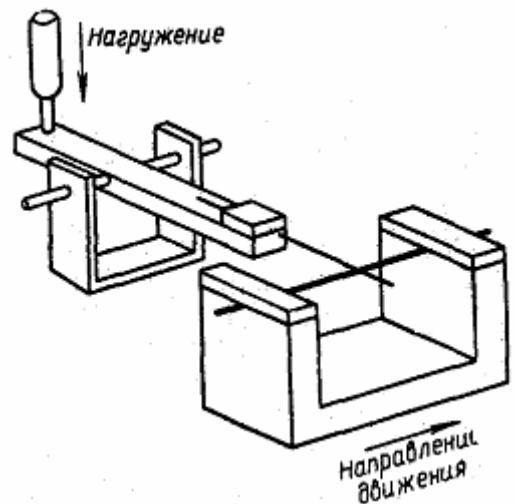


Рисунок 1.8 - Прибор для измерения трения волокна при малых нагрузках

Верхняя рамка жестко монтируется на дюралюминиевой трубке, подвешенной на проволоке, и балансируется так, что может свободно колебаться в вертикальной плоскости. Над волокном помещаются металлические пластинки, которые и создают нормальную нагрузку. Нижняя рамка медленно перемещается в горизонтальном направлении с помощью фрикционной передачи, связанной с синхронным двигателем, и увлекает за собой верхнюю рамку, которая поворачивается до тех пор, пока вращающий момент проволоки, на которой она подвешена, не превышает силы статического трения, после чего начинается обратное скольжение. При обратном скольжении вращающий момент уменьшается, и волокна затормаживаются в таком положении, которое определяется величиной динамического трения. Затем весь процесс повторяется. Характер движения рамки можно записать с помощью отражающего световой луч зеркала, прикрепленного к проволоке, и фотокамеры.

По полученной таким образом кривой «торможение-скольжение» можно определить статическое и динамическое трение. Этот метод был применен Гатри и Оливером.

Усовершенствование этого прибора для применения очень легких грузов было описано в работе Паско и Табора (рис.1.8).

В этом приборе нижнее волокно закрепляется в туго натянутом состоянии в станине, которая может линейно перемещаться со скоростью 0,2 см/мин. Верхнее волокно располагается под прямым углом к нижнему и давит на него в результате изгиба в вертикальной плоскости. Когда нижнее волокно движется, верхнее тянется за ним, при этом горизонтальное отклонение верхнего волокна является мерой силы трения. Отклонения наблюдаются с помощью микроскопа через стеклянное окно в кожухе, закрывающем прибор.

Линдбергом и Граленом предложен метод измерения величины трения между волокнами, основанный на определении разности натяжений, необходимых для того, чтобы два скрученных волокна начали скользить одно по другому (рис.1.9).

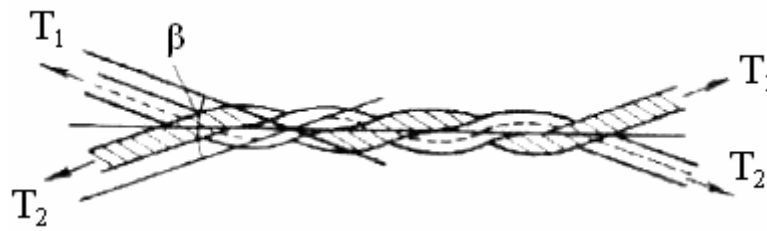


Рисунок 1.9 - Метод измерения трения волокна по волокну

Если T_1 и T_2 - натяжения, прикладываемые к противоположным концам волокон, n - число витков и β - угол между осями скрученных волокон, то при условии скольжения:

$$\mu = \frac{\lg e(T_2 / T_1)}{\pi n \beta}$$

где T_1 и T_2 - натяжения волокон; n - число кручений; β - угол между осями волокон и осью скрученного элемента.

Одним из простых методов измерения величины трения является метод наклонной плоскости. Если тело положить на плоскость, расположенную под углом, α к горизонтали, то при $\operatorname{tg} \alpha = \mu$ тело начинает скользить по плоскости. Этот метод был использован для исследования пряжи. Большое число витков пряжи наматывали на дугообразный шаблон, который помещали на плоскость другого исследуемого материала. Угол наклона этой плоскости увеличивали до тех пор, пока шаблон не начинал скользить. Хауелл и Мазур применили аналогичный метод для определения коэффициента трения одиночных волокон. Легко нагруженная петля из волокна накладывается на другое растянутое и закрепленное в рамке волокно. Сначала рамка располагается горизонтально, а затем поворачивается до тех пор, пока петля не начинает соскальзывать.

Все рассмотренные методы и способы измерения параметров трибоконтакта применяют для фундаментального исследования, но они не пригодны для экспрессной оценки фрикционного взаимодействия [29]. Для этого используют метод блока, при котором измеряется изменение натяжения нити, проходящей над нитепроводником. Основной принцип этого метода показан на рис. 1.10, а

коэффициент трения принимается постоянным и вычисляется. Статический вариант этого метода схематически показан на рис. 1.10 а.

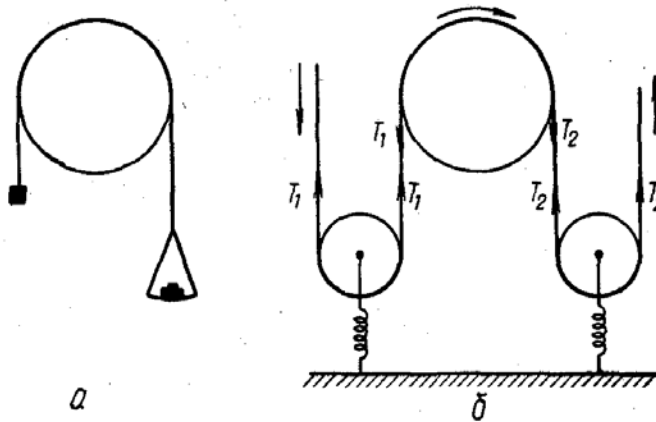


Рисунок 1.10 - Принципиальная схема статического (а) и динамического метода (б) измерения трения на цилиндрической поверхности

Цилиндр охватывается петлей из нити или пряжи и на один из ее концов прикрепляют груз определенного веса. Нагрузку на другом конце непрерывно уменьшают, пока не начинается скольжение. Для измерения величины динамического трения можно использовать тензодатчики, которые помещают на пути движения нити до и после прохождения ей нитепроводника.

В приборе, показанном на рис. 1.12б, натяжение определяется деформацией жестких суппортов, измеренной электронным способом с помощью емкостного или индукционного датчика.

Бакл и Поллитт сконструировали прибор, с помощью которого непосредственно определяется отношение натяжений и, следовательно, коэффициент трения. Схема этого прибора показана на рис.1.11.

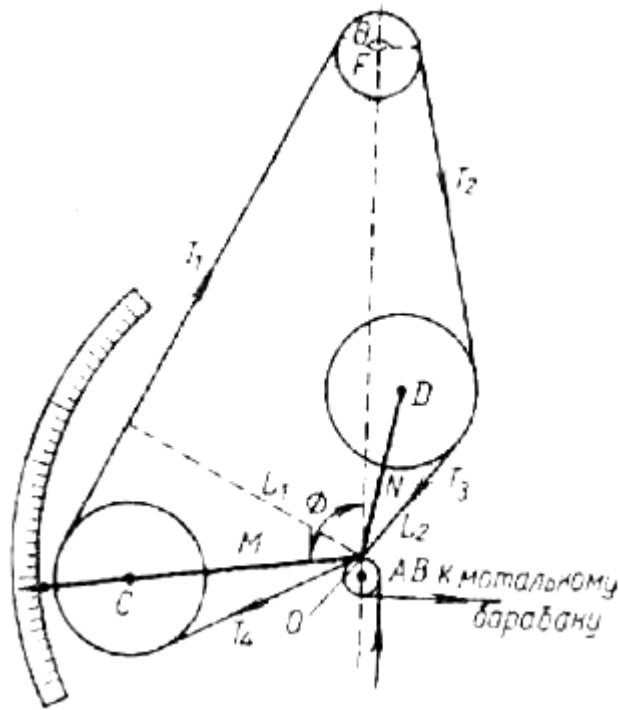


Рисунок 1.11 - Прибор для непосредственного определения величины коэффициента трения

Трение нити определяется по отношению к объекту F, который закрепляется в самоцентрирующемся патроне. Система индикатора уровня, состоящая из двух неравных плеч M и N, закрепляется на оси O. Вблизи конца каждого из плеч имеются блоки C и D. Кроме того, два блока A и B монтируются на оси. Нить подается в прибор через блок A, проходит к блоку C, помещенному на конце более длинного плеча, поступает к объекту F и затем через блоки D и B проходит к мотальному барабану, вращающемуся с постоянной скоростью.

Положение индикатора уровня определяется натяжением T_1 между T и F и натяжением T_2 между F и D при равновесии

$$T_1 L_1 = T_2 L_2$$

где L_1 и L_2 — расстояние от O до нити по перпендикулярам.

$$L_1/L_2 = e^{\mu\theta}$$

Если размеры частей прибора и размер объекта постоянны, L_1/L_2 и θ связаны уравнением, в которое войдет угол отклонения индикатора уровня Φ (угол между плечом M и линией OF). Следовательно, μ оказывается связанным с Φ и шкалу можно протарировать в величинах коэффициента трения. Размеры прибора выбирают так, чтобы, меняя размер объекта, можно было определить необходимые величины μ . Тарировка прибора основана на теоретическом рассмотрении его геометрии с учетом того, что пряжа между A и C и между D и B не проходит через точку O при любых положениях системы индикатора уровня, вследствие чего момент сил на этих участках не всегда равен нулю.

Теперь рассмотрим варианты конструкций приборов для исследования трения вида Волокно - металл [30][31]: лабораторная установка для исследования трения образца ткани с фрикционным барабаном (рис.1.12) и машина трения ТКИ-4-26-1 фирмы Metrimprex (рис.1.13).

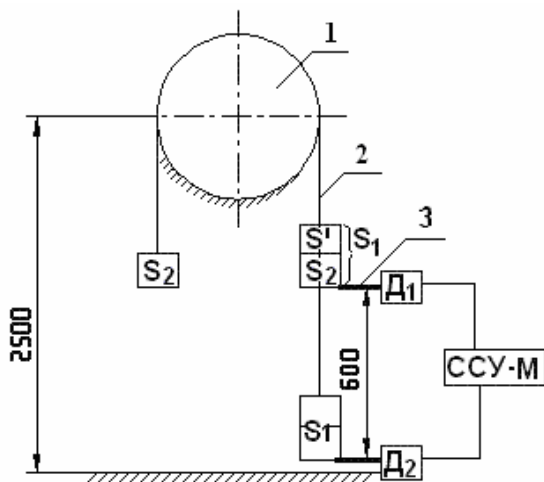


Рисунок 1.12 - Схема лабораторной установки для определения коэффициентов трения (1- фрикционный барабан; 2- сетной образец; 3- метка (флажок); Д1 и Д1 - фотоэлектрические датчики; ССУ-М – счетчик-секундомер; S1,S2,S3 – грузы)

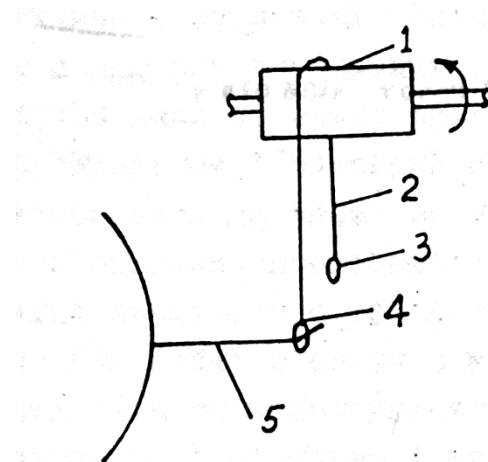


Рисунок 1.13 - Принципиальная схема машины трения ТКИ-4-26-1 (1- валик, 2 - волокно, 3, 4 - грузики, 5 - крючок торсионных весов)

От электромотора через червячную передачу и ряд шкивов получает вращение валик 1, на который параллельно его оси накладывают волокна или нити, а одно волокно или нить соответственно перекидывают через валик перпендикулярно его оси. К обоим концам волокна или нити подвешивают грузики 3 и 4 одинаковой массы 100 мг. Грузик 4 одевают на крючок торсионных весов. При вращении валика между ним и волокном возникает трение, в результате которого грузик 4 давит на крючок и выводит весы из равновесия. Передвигая стрелку весов, находят положение, при котором равновесие восстанавливается, и регулируют соответствующее этому положению показание торсионных весов. Валик с перекинутым через него волокном и подвешенными грузиками рассматривается как шкив ременной передачи. Тогда вес грузика 4 - сила, вызывающая натяжение T_1 , ведущей ветви передачи, а натяжение T_0 ведомой ветви будет равно $T_1 - P$.

Метод определения коэффициента тангенциального сопротивления, разработанный В. В. Талепоровской. Данный метод состоит в измерении силы, требующейся для выдергивания пучка волокон или нитей из зажима. Испытание проводят на разрывной машине со специальным приспособлением.

Один конец пучка волокон или нитей закрепляют специальным зажимом, который устанавливают в верхние тиски динамометра, другой зажимают между двумя щечками, на внутренних поверхностях которых закреплен материал, по которому хотят изучить трение волокон или нитей. Щечки - это составная часть приспособления, они закрепляются в нижних тисках разрывной машины.

Включают разрывную машину и по шкале нагрузок отмечают усилие, при котором пучок вытягивается из щечек. Коэффициент тангенциального сопротивления подсчитывают по формуле:

$$f = \frac{2Q}{P},$$

где Q - вес груза для прижима нижних концов волокон, г.

Прибор для определения коэффициента трения волокон ТКИ-4-21-1 представляет собой торсионные весы на 100 мг (рис.1.14). На плите рядом с торсионными весами укреплена металлическая коробка, в верхней части которой расположен валик, получающий движение от электродвигателя. Принцип действия прибора заключается в следующем. Волокно 2 перекидывают через валик 1 перпендикулярно его образующей. К концам волокна подвешивают грузики 3 и 4 одинакового веса. При вращении валика, между ним и волокном возникает сила трения, выводящая весы из равновесия. Передвигая стрелку весов, находят положение, при котором равновесие восстанавливается. При этом снимают показание торсионных весов.

Вес грузика является силой, вызывающей натяжение T_1 ведущей ветви передачи, а натяжение T_0 ведомой ветви будет равно $T_1 - P$, где P - показание торсионных весов, мг. Коэффициент трения f вычисляют по формуле Эйлера.

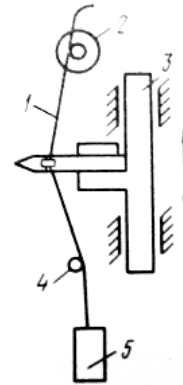
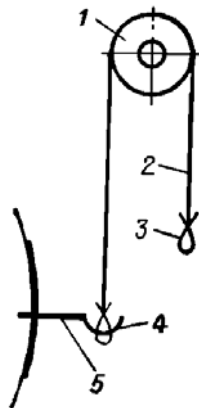


Рис. 1.14 - Схема прибора ТКИ-4-21-1 Рис. 1.15 - Принципиальная схема (1- валик; 2 - испытываемое волокно или нить; 3, 4 - грузики для натяжения волокна; 5 - крючок торсионных весов) машины FY-10

Машина трения FY-10. Прибор типа FY-10 фирмы Metrimerх предназначен для испытания на истирание пряжи и ниток различного ассортимента, выработанных как из натуральных, так и из химических волокон и их смесей. Испытание на нем позволяет имитировать износ пряжи в ремизах ткацкого станка

и ниток в рабочих органах швейных машин. Принципиальная схема машины показана на рис. 1.15.

Один конец образца 1 зажимают в пружинном захвате 2, а другой продевают через иглу, закрепленную на рамке 3, совершающей возвратно-поступательное движение от кривошипно-шатунного механизма с ходом до 40 мм и числом ходов от 400 до 1100 в минуту. Нить огибает ролик 4, к ее свободному концу подвешен груз 5. Истирающие элементы (иглы и ремизки) снабжены электрическими счетчиками, которые при обрыве каждой из 10 испытуемых нитей автономно выключаются. После обрыва последнего образца автоматически отключается прибор. Прочность образца на истирание характеризуется числом ходов рамки до обрыва образца.

Прибор для автоматизированной оценки коэффициента трения и электризации нити МТ-180. Данная система [32] предназначена для оценки технологических свойств текстильных нитей и позволяет оценить трибоэлектрические свойства нити, поврежденность при истирании нити о нить и трении нити по нитенаправителям. Система контроля качества текстильных нитей позволяет оценивать натяжение, коэффициент трения и повреждаемость нити при взаимодействии с различными типами тел трения и нитенатяжителей. Внешний вид прибора показан на рис. 1.16.

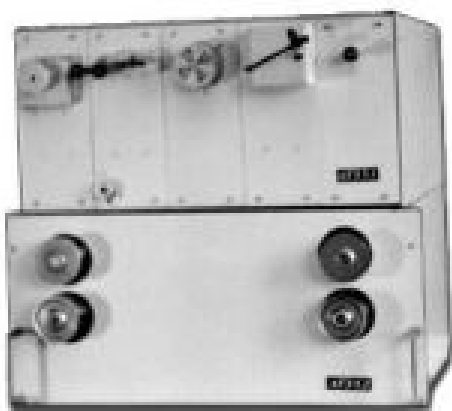


Рис. 1.16 - Внешний вид прибора МТ-180

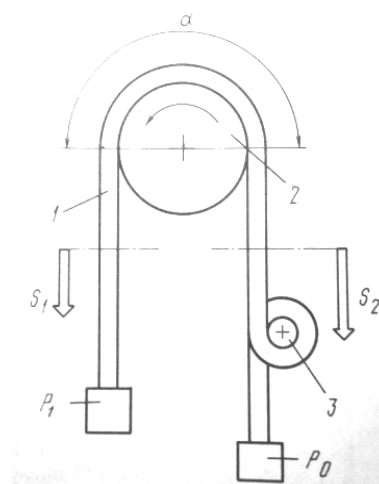


Рис. 1.17 - Принципиальная схема машины для определения коэффициента трения волокон

Барабанная машина для определения коэффициента трения волокон. Схема машины для определения коэффициента трения волокон показана на рис. 1.17. Волокно 1 огибает поверхность трения барабана 2 при угле обхвата $\alpha=180^\circ$. Барабан может вращаться против часовой стрелки от электродвигателя с широким диапазоном плавного регулирования частоты вращения. Одна ветвь волокна нагружается грузом, другая огибает шкив силоизмерительного датчика 3 емкостного типа и нагружается грузом P_0 . Пользуясь прибором, измеряют силу трения до 1 сН.

Барабан 2 может иметь поверхность трения из различных материалов. Один из вариантов предусматривает возможность его покрытия волокнистой массой, в этом случае определяется коэффициент трения волокна по волокну. Величину P_1 можно изменять в широких пределах. В частности если необходимо определить коэффициент трения с учетом извитости волокон, испытания проводят при нагрузках, начиная с 1 мН.

Конструкция прибора позволяет определять статические и кинематические характеристики трения в широком интервале нагрузок и скоростей скольжения. Прибор рекомендуется использовать для определения пригодности волокон к обработке, а также при проведении научно-исследовательских работ в области создания новых типов волокон.

Прибор MXD-01A для определения коэффициента трения различных материалов (рис.1.18).



Рис. 1.18 - Внешний вид прибора MXD-01A

Прибор [33] MXD-01A разработан на базе стандарта ASTM D1894 и применяется для измерения коэффициента статического и кинетического трения пластиковых пленок, листов, резины, бумаги, картона, полипропиленовых сплетенных мешков, тканей, металлопластиковых ремней, кабелей связи, лесоматериалов, различных покрытий, тормозных колодок, стеклоочистителей, обувных материалов, шин.

Таблица 1.3 - Характеристики некоторых зарубежных машин трения

Фирма	Модель	Испытуемый материал	Нагрузка, Н	Частота вращения Мин ⁻¹	Потребляемая мощность В·А
Metrimplex	FY-10	Пряжа, швейные нитки	0.05-1.4	300-1000	140
	FY-37	То же	0.5-2	160-1600	300
	FF-21	Ткани	0.5-5	-	600
	FF-25	Ткани, ковры	2.65-64.36	200, 250	900
	FF-14	Ткани	-	10, 20, 30, 40	250
	FD-17	Пряжа	9	-	30
VEB Messund Prüfgerate Gruna (ГДР)	MP-43	Текстильное полотно	0.1-0.3	100	450
	MP-44	Текстильные материалы	5-100	-	-
Toyoseiki (Япония)	№410	Ткани	2.5, 5, 10	60, 70	-
	№882	Волокно	-	125	-
	№818	Ковры	2.5-20	70	-
	№890	Пряжа	0.5-5	100, 150, 200	-
	№862	Окрашенные текстильные изделия	1-60	75-6000	-
Karl Frank (ФРГ)	№670	Кожа, текстиль	2.5, 5, 7.5, 10	60	300
	№666	Ткани	1-20	-	60
	№665	Прорезиненная ткань, кожа, ковры, ткани	1-20	200	-

Прибор управляется микро компьютером и обеспечивает: одновременное определение коэффициента статического и кинетического трения, диапазон тестирования 0-5 Н, точность 1% от считанных данных, функции автоматического переключения времени и обнуления временного периода, автоматическое определение гладкости и анализ результатов для группы образцов, автоматическую печать отчетов о тестировании.

В табл. 1.3 показаны основные характеристики некоторых зарубежных машин трения для испытания текстильных материалов.

Несмотря на многообразие представленных трибометров и схем измерения трения, отсутствует схема прибора, который контролирует трение подвижной нити по нитепроводнику и одновременно фиксирует натяжение набегающей и сбегаящей ветвей. При этом необходимо иметь контроль изнашивания нитепроводника в процессе трения обновляющейся нити.

1.6 Методы снижения трения в контакте нить-металл

Наличие гладкой поверхности - важное условие переработки пряжи [34]. Однако пряжу для трикотажного производства нельзя шлихтовать, как это обычно делается при подготовке пряжи для ткачества, т.к. обработанная таким образом, потеряла бы свою пластичность и гибкость и стала бы непригодной для переработки по трикотажной технологии [16]. Для лучшей переработки в трикотажном производстве шерстяной, хлопчатобумажной пряжи и пряжи из их смеси с химическими волокнами, чаще всего применяют парафинирование.

Сущность парафинирования заключается в том, что при наматывании нить касается парафинового блока [35]. На нить наносятся частички твердого парафина, составляющие около 0,5% к весу нити. Парафин попадает на поверхность нити, сглаживает ее, т. е. заравнивает и приклеивает отстающие волокна, вследствие чего снижается коэффициент трения пряжи. Частички парафина с поверхности движущейся нити переходят на поверхности нитенаправителей и на рабочие поверхности игл, образуя на них тонкий слой

парафина. Этот слой парафина служит разделом между нитью и металлом. Так как трение нити происходит не по металлу, а по парафину, коэффициент трения нити уменьшается и переработка ее облегчается, что снижает обрывность нити. Для получения особо гладкой поверхности пряжу парафинируют дважды.

Парафинирование выполняют смесью церезина и парафина в различном соотношении. Чтобы парафин в достаточной степени прилипал к пряже, необходимо, чтобы при его взаимодействии с пряжей он частично расплавлялся и образовывал на ней тонкий слой, склеивающий отстающие волокна. При этом парафин должен быть достаточно вязким, чтобы не отклеиваться кусками и не засорять рабочие механизмы машины. Разумеется, одним из требуемых качеств парафина является его хорошая вымываемость.

Парафиновые блоки для парафинирования пряжи при перематке на мотальных машинах готовят из сплава парафина с различными добавками[36]. Например, церезин в составе сплава повышает температуру каплеобразования сплава, что важно для летнего времени, когда температура в цехах может достигать значительных величин. От степени плавкости блоков и температуры в помещении цеха зависит расход сплава или привес парафиновой смеси на нити после перематки. В табл. 1.4 приведены примеры рецептов сплавов, разработанные ВНИИТП.

Для исследования современного состояния рынка парафиновых сплавов, применяемых для парафинирования пряжи при трикотажном производстве, был проведён анализ предложений интернет-магазинов торгующих комплектами для текстильного производства.

Анализ показал, что в большинстве случаев продаются парафиновые таблетки (кольца) состоящие из чистого парафина. Примером крупного импортного поставщика является компания «ГЁРТЕКС», которая является непосредственным производителем вспомогательного трикотажного оборудования и запасных частей [37]. На рис. 1.19 показан внешний вид парафиновых таблеток компании «ГЁРТЕКС».

Таблица 1.4 - Рецепты парафиновых сплавов

Состав		Температура каплеобразования, °С	Количество, %	Температура каплеобразования сплавов, °С
1.	Парафин	53	90	60
	Церезин	68	10	
2.	Парафин	53	10	70
	Церезин	80	30	
3.	Церезин	80	100	80
4.	Парафин	53	68	86
	Стеарин	59	25,5	
	Едкий натр 40% (сода)	—	3,5	
	Глицерин	—	3,0	
5.	Парафин	53	78	70
	Стеарин	59	16,7	
	Едкий натр 40% (сода)	—	2,3	
	Глицерин	—	3,0	



Рис. 1.19 - Парафиновые таблетки (кольца) компании «ГЁРТЕКС»

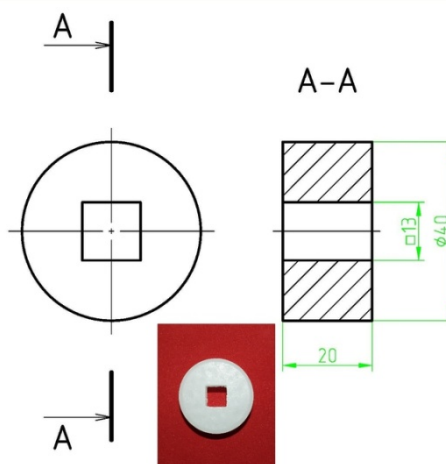


Рис. 1.20 - Парафиновые таблетки (кольца) от «Московской шерстопрядильной фабрики»

Примером отечественного производителя является «Московская шерстопрядильная фабрика» [38] в ассортименте аксессуаров для вязальных

машин которой, есть парафиновые кольца из чистого парафина (диаметр 43 мм, высота 20 мм, квадрат 13 мм) (рис.1.20).

В целом анализ рынка парафиновых колец показал малое количество производителей колец из чистого парафина и полное отсутствие производителей колец с добавками, улучшающими их характеристики. При этом в широком ассортименте представлена оптовая продажа парафина различных марок импортного и отечественного производства.

Для изучения вопроса разработки химических составов для парафинирования нитей был произведён патентный обзор [39,40.41], результаты которого показаны в табл. 1.5.

Таблица 1.5 – Примеры патентов на составы для парафинирования нитей

Номер и название	Описание
SU1756406 Состав для парафинирования пряжи	Состав содержит: парафин 75-95% и керосин 25-5%.
SU1109486 Состав для парафинирования пряжи и нитей	Состав содержит: парафин 87-91%, веретённое масло 1-2% глицерин 5-6% и поверхностно-активное вещество препарат алкамон ОС-2 3-5%.
Патент RU 2016158 Состав для парафинирования текстильных волокон	Состав содержит: олеат меди 0,05 - 0,50%, олеиновая кислота 0,05 - 0,50%, парафин –остальное.
Состав для обработки текстильных волокон	Состав содержит: стеарат щелочного металла 30-45%; парафин 10-18%; олеиновую кислоту 10-15%; велоситовое масло 2-5 мас.%, моно- или диэтаноламида синтетических жирных кислот 15-25 мас.%.

Рассмотрим описание и назначение присадок, присутствующих в запатентованных составах для парафинирования [42].

Керосин - смеси углеводородов, прозрачная, слегка маслянистая на ощупь, горючая жидкость, получаемая путём прямой перегонки или ректификации нефти. Керосин применяют как растворитель для красок, для промывки механизмов и удаления ржавчины.

Стеарин - органический продукт, состоящий из стеариновой кислоты с примесью пальмитиновой, олеиновой и других насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Стеарин - твердая, полупрозрачная масса, жирная на ощупь.

Церезин - смесь предельных углеводородов, воскообразное вещество без вкуса и запаха от белого до коричневого цвета. Церезин получают из нефтяного сырья. Является высокомолекулярным веществом, по этому при нанесении на волокно, обладает большей сцепляемостью и предотвращает пушение.

Масло веретенное - входит в группу гидравлических индустриальных смазывающих жидкостей. Производится из парафинистой нефти, характеризующейся малым или средним процентным содержанием серы. Для улучшения эксплуатационных свойств в состав веретенного масла вводятся специальные антиокислительные присадки. В текстильной промышленности применяется для увеличения впитываемости парафиновых составов в волокно. В результате уменьшается пушение волокон.

Глицерин - это трехатомный спирт, внешне - бесцветная, прозрачная сиропообразная жидкость. Глицерин в текстильной промышленности применяют в прядении, ткачестве, печатании, крашении и шлихтовании. Глицерин придает волокнам эластичность и мягкость.

Олеиновая кислота - это мононенасыщенная жирная кислота, маслянистая жидкость без запаха и цвета, нерастворимая в воде, но растворяется в органических растворителях. Соли щелочных металлов олеиновой кислоты хорошо растворимы в воде. Олеиновая кислота техническая применяется в текстильной промышленности для замасливания и валки шерсти, для отделки хлопчатобумажных товаров, для изготовления текстильного мыла.

Едкий натр - представляет собой белую непрозрачную массу, поглощающую из воздуха водяные пары и углекислый газ. В текстильной промышленности сода используется для омыления нефтепродуктов с целью образования ПАВ, которые в дальнейшем повышают эффективность парафинирования.

1.7 Применение смазочных материалов реализующих эффект безызносности в узлах трения трикотажных машин

После открытия Гаркуновым Д.Н. и Поляковым А.А. явления избирательного переноса, приводящего к образованию восстанавливаемой медной пленки в зоне трения и снижению силы трения в 10 раз, появилось новое направление в научных исследованиях. [43,44] Реализация эффекта безызносности проявляется и в других парах трения, таких как сталь-сталь, но в присутствии медной трубопроводной арматуры [3].

Авторами работ [43, 44, 45] был установлен электрохимический механизм реализации избирательного переноса и образования сервоитной пленки при трении. Оказалось, что в зоне трения должен присутствовать неорганический или органический растворитель, который способен взаимодействовать с атомами поверхностей трения и осуществлять ионообменный процесс. Это неорганические кислоты, органические кислоты, спирты, а также соли.

Чтобы реализовать процесс образования медной пленки на стальной поверхности трения, можно вместо бронзовой контрповерхности использовать стальную, но в смазочный материал ввести вещества, содержащие соли меди [46]. Для образования более сложных смазочных слоев в условиях избирательного переноса, должны присутствовать в смазочном материале соответствующие ионы металлов [47].

Эффект избирательного переноса реализуется при наличии реакционно-активной окружающей среды в смазочном материале. Снижение реакционной активности смазочного материала приводит к очень узкой области существования эффекта. Он ограничен условиями трения, которые проявляются в виде давления и температуры в зоне образования сервоитной пленки. Следовательно, изменение скорости относительного перемещения, нагрузки на контакт, приведет к нарушению процесса безызносности. В связи с этим исследователи осуществляли поиск веществ, которые могут способствовать росту медной пленки в условиях трения и снижению изнашивания [46 - 52].

1.8. Выводы по главе

В результате аналитического обзора установлено:

Ресурс нитепроводящих деталей трикотажных машин определяется материалом нитепроводников, наличием покрытий на них, геометрией нитепроводников, давлением в контакте нить – металл, свойствами нитей, а также наличием на нити смазочных веществ.

С учётом использования промышленно выпускаемых нитепроводников, давление в контакте нить-металл зависит от натяжения нити. Натяжение нитей может достигать десятков сН даже с наличием парафинов на поверхности, т.к. на процесс влияет состояние нити (неровнота, влажность, пушение, наличие инородных тел), а так же состояние нитепроводников (наличие лунок износа, заусенцы, острые края, загрязнение). Снизить пиковые нагрузки на нитепроводники в момент работы трикотажной машины предлагается путём повышения стабильности нитей и снижения влияния трения в контакте нить-металл на трикотажных машинах.

Это обеспечивается нанесением на нить в процессе перематывания на мотальных машинах парафиновых смазок, которые снижают трение между нитью и рабочими органами машин. Парафиновые составы могут иметь присадки, обеспечивающие снижение износа металлических деталей трикотажных машин.

Предложено в процессе перематывания нити наносить на неё смесь на основе парафина с содержанием стеаратов металлов. В дальнейшем обработанная нить поступает на основовязальную машину, где в процессе вязания достигается снижение износа трикотажных игл и уменьшение трения в контакте нить-игла за счёт эффекта безызносности.

При анализе литературы установлено, что некоторые смазочные материалы, содержащие в своём составе органические соли меди, могут образовывать при определённых условиях сервовитные плёнки, значительно снижающие трение и износ.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА НИТЕПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРИКОТАЖНЫХ МАШИН

2.1. Уравнение движения элемента нити по нитепроводнику

Проектирование и расчет механизмов трикотажных машин основывается на контактном взаимодействии нити с нитепроводниками, роликами, нитенатяжителями и др. В процессе взаимодействия гибкой нити с металлической поверхностью при переходе от одного органа к другому изменяется натяжение нити и сила трения в контакте. На процесс контактного взаимодействия оказывают влияние многие факторы. Такие как свойства материала нитепроводника, свойства нити, наличие в контакте смазочных веществ, влажность нити и влажность окружающего воздуха, температура окружающего пространства. Кроме этого существенным оказывается неровнота продукта, линейная плотность, растяжимость, пушение и наличие загрязнений.

Движение нити по трассе сопровождается изменением во времени силы натяжения нити при переходе с одного органа на другой, поэтому попадая в зону формирования петли, нить имеет случайное значение натяжения, сформированного за цикл. Количество таких нитей на трикотажной машине может достигать нескольких сотен и задача состоит в стабилизации их натяжения.

Изменение натяжения гибкой нити T , которая огибает абсолютно жесткий нитепроводник описывается уравнением Эйлера (2.1) и зависит от предыдущего натяжения T_0 , угла охвата нитью нитепроводника φ , коэффициента трения скольжения f :

$$T = T_0 e^{f\varphi}. \quad (2.1)$$

Напряжение σ , которое возникает в нити под действием этого натяжения, равно отношению натяжения T к площади поперечного сечения S :

$$\sigma = \frac{T}{S}. \quad (2.2)$$

Под действием напряжения происходит удлинение нити ε , которое протекает с конечной скоростью λ . Удлинение является функцией напряжения и зависит от натяжения:

$$\varepsilon = \varepsilon(T). \quad (2.3)$$

Согласно современным представлениям [29, 30, 31, 32, 34] относительное удлинение при деформации можно представить в виде:

$$\varepsilon = \frac{T(1 + \alpha T^\beta)}{B_0}, \quad (2.4)$$

где α и β – коэффициенты аппроксимации кривой относительного удлинения нити, B_0 – линейная жесткость нити. Если нить абсолютно упругая, то

$$B_0 = E_0 S, \quad (2.5)$$

где E_0 – модуль продольной упругости.

Уравнение движения элемента нити, проходящего через нитепроводник (рис. 2.1), можно представить в виде системы:

$$\begin{cases} \frac{1 + \varepsilon}{\mu_0} \frac{\partial T}{\partial l} - F_{mp} + F_\tau = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial l} \\ \frac{1 + \varepsilon}{\mu_0} \frac{T}{\rho} - N + F_v = \frac{u^2}{\rho} \\ u = \lambda + u_0 \\ \frac{\partial \lambda}{\partial l} = \frac{1}{1 + \varepsilon} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + u \frac{\partial \varepsilon}{\partial l} \right) \end{cases}, \quad (2.6)$$

где t – время, l – произвольная дуга огибания нитепроводника, изменяется от начала касания нитью нитепроводника (точки начала отсчета 0), до произвольного нормального сечения M , F_{tr} – проекция силы трения на ось τ , F_τ – проекция силы, действующей на элемент нити на ось τ , F_v – проекция силы, действующей на элемент нити на ось v , N – сила реакции нитепроводника, u – скорость скольжения по направляющей, λ – скорость растяжения нити, ε – относительное удлинение нити, μ_0 – линейная плотность нити в нерастянutom

состоянии, $\mu_0 = \frac{T_{\text{тек}}}{g}$, g – ускорение свободного падения, ρ – кривизна нитепроводника.

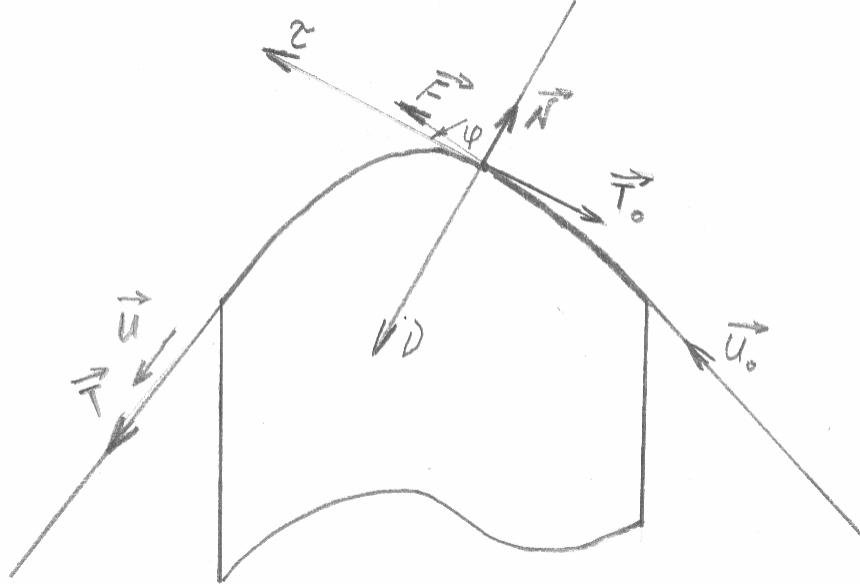


Рисунок 2.1 - Действие сил в контакте нити и нитепроводника при движении нити по нитепроводнику

При равномерном движении $\frac{\partial u}{\partial t} = 0$, $\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = 0$ и система будет иметь вид:

$$\begin{cases} \frac{1 + \varepsilon}{\mu_0} \frac{\partial T}{\partial l} - F_{mp} + F_{\tau} = 0 \\ \frac{1 + \varepsilon}{\mu_0} \frac{T}{\rho} - N + F_v = \frac{u^2}{\rho} \\ u = \lambda + u_0 \\ \frac{\partial \lambda}{\partial l} = \frac{1}{1 + \varepsilon} u \frac{\partial \varepsilon}{\partial l} \end{cases} \quad (2.7)$$

Из четвертого уравнения получаем

$$\frac{u}{1 + \varepsilon} = C, \quad (2.8)$$

если рассмотреть начальные условия: $T = T_0$, $\lambda = 0$, $u = u_0$, $l = 0$.

В состоянии равновесия $F_\tau = 0, F_\nu = 0$.

$$\begin{cases} \frac{1+\varepsilon}{\mu_0} \frac{\partial T}{\partial l} = F_{mp} \\ \frac{1+\varepsilon}{\mu_0} \frac{T}{\rho} = N + \frac{u^2}{\rho} \end{cases} \quad (2.9)$$

$$\begin{cases} \frac{1+\varepsilon}{\mu_0} \frac{\partial T}{\partial l} = fN \\ \frac{1+\varepsilon}{\mu_0} \frac{T}{\rho} - \frac{u^2}{\rho} = N \end{cases} \quad (2.10)$$

$$\frac{1+\varepsilon}{\mu_0} \frac{\partial T}{\partial l} = f \left(\frac{1+\varepsilon}{\mu_0} \frac{T}{\rho} - \frac{u^2}{\rho} \right) \quad (2.11)$$

$$\frac{1}{f} \frac{1+\varepsilon}{\mu_0} \rho \frac{\partial T}{\partial l} = \frac{1+\varepsilon}{\mu_0} T - u^2 \quad (2.12)$$

$$\frac{1}{f} \rho \frac{\partial T}{\partial l} = T - \frac{u^2 \mu_0}{1+\varepsilon} \quad (2.13)$$

Заменим

$$T^* = T - \mu_0 \frac{u^2}{1+\varepsilon} (1+\varepsilon) = T - \mu_0 C^2 (1+\varepsilon), \quad (2.14)$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\partial \varphi}{\partial l}. \quad (2.15)$$

Приходим к

$$\frac{\partial T^*}{\partial \varphi} - f T^* = 0. \quad (2.16)$$

Общее решение этого уравнения будет:

$$T^* = C_1 e^{f\varphi} \quad (2.17)$$

Учитывая замену 2.14:

$$T = C_1 e^{f\varphi} + \mu_0 C^2 (1+\varepsilon). \quad (2.18)$$

Постоянная C_1 определяется из граничных условий $\varphi=0, T=T_0$.

$$C_1 = T_0 - \frac{\mu_0 u_0^2}{1 + \varepsilon}. \quad (2.19)$$

Таким образом, получаем для натяжения:

$$T = \left(T_0 - \frac{\mu_0 u_0^2}{1 + \varepsilon}\right) e^{f\varphi} + \mu_0 C^2 (1 + \varepsilon). \quad (2.20)$$

2.2 Моделирование инерционного устройства измерения натяжения

Формула 2.20 показывает сложную зависимость натяжения от вязкоупругих свойств нити, квадратичную зависимость от скорости движения, прямо пропорциональную зависимость от нагрузки, экспоненциальную зависимость от величины охвата нитепроводника нитью и коэффициента трения.

Таким образом, изменяя перечисленные параметры можно изменять натяжение. Для измерения натяжения используются различные силоизмерительные устройства: тензорные, пружинные, индукционные. Выбор был остановлен на инерционном устройстве, представляющем собой физический маятник.

Идея состояла в том, что нить, проходя по нитепроводнику, воздействует на него и результирующая сила пытается сдвинуть нитепроводник с места. В зависимости от силы и коэффициента трения возникает момент, который регистрируется инерционным устройством.

Были разработаны статическая и динамическая модели машины трения [53]. Статическая модель позволяет рассчитать угол отклонения маятника машины трения в зависимости от момента трения, который зависит от вида смазочного материала, длины плеча маятника и нагрузки на узел.

Разработанные модели являются имитационными математическими моделями, т.е. в них используется такой метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему (построенная модель описывает процессы так, как они проходили бы в действительности), с которой проводятся эксперименты, с целью получения информации об этой системе.

В разработанных моделях возможно построение графиков зависимостей угла отклонения маятника от длины плеча маятника, нагрузки и характеристик смазочных материалов.

Физическая модель инерционного устройства измерения натяжения представлена на рис. 2.2.

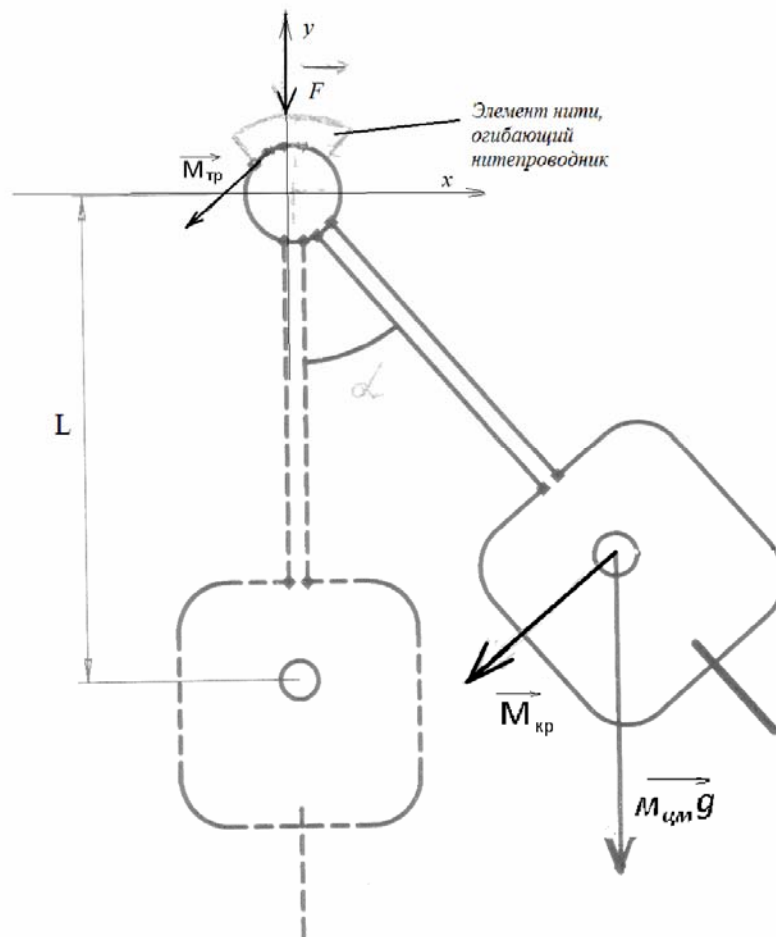


Рисунок 2.2 - Физическая модель инерционного устройства измерения натяжения

Физический маятник подвешен на оси. Он имеет длину L от оси нитепроводника до центра масс $M_{цм}$ маятника. Эту величину используют в дальнейшем при расчетах момента трения и силы трения $F_{тр}$. Под нагрузкой на нитепроводник возникает момент трения, который стремится повернуть маятник на некоторый угол. В зависимости от свойств инерционной системы маятник будет колебаться у положения установившегося равновесия.

Маятник будет находиться в состоянии равновесия, если сумма сил, действующих на тело будет равна нулю:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0 \quad (2.21)$$

$$\vec{T} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{mp} = 0, \quad (2.22)$$

где \vec{T} - натяжение, \vec{N} - реакция нитепроводника, $m\vec{g}$ - сила тяжести, \vec{F}_{mp} - сила трения.

А также сумма моментов, действующих на тело будет равна нулю:

$$\sum_{i=1}^n \vec{M}_i = 0 \quad (2.23)$$

$|\vec{M}_{mp}| = |\vec{M}_{кр}|$, где M_{mp} - момент трения, возникающий при трении пары, $M_{кр}$ - крутящий момент маятника, уравновешивающий момент трения.

$$M_{mp} = F_{mp} \cdot l, \quad (2.24)$$

где F_{mp} - сила трения скольжения или качения (в зависимости от пар трения), l - длина нитепроводника.

$$M_{кр} = m_{цм} \cdot g \cdot L_{цм} \cdot \sin \alpha, \quad (2.25)$$

где $m_{цм}$ - масса центра масс маятника, g - ускорение свободного падения, $L_{цм}$ - положение центра масс относительно оси вращения, $\sin \alpha$ - синус угла поворота маятника.

Проекция сил на ось у:

$$N - mg \sin(\alpha) = 0 \quad (2.26)$$

Проекция сил на ось х:

$$F_{mp} + mg \cos(\alpha) - T \quad (2.27)$$

Следовательно

$$T = mg(\cos(\alpha) + f \sin(\alpha)) \quad (2.28)$$

Из (2.24 – 2.25):

$$\sin(\alpha) = \frac{fNl}{mgL} \quad (2.29)$$

где α – угол поворота маятника (градусы); f – коэффициент трения смазочного вещества; l – длина верхнего плеча маятника (мм); N – сила нагружения (Н); L – длина нижнего плеча маятника (мм); m – масса груза (кг); g – гравитационная постоянная.

В данной формуле не учитывается трение оси физического маятника.

На рис. 2.3 показано главное окно разработанной программы для статического моделирования машины трения. За основу взята существующая машина ДМ-28, предназначенная для измерения трения в подшипниках машин. Она имеет схожий инерционный узел для измерения момента трения.

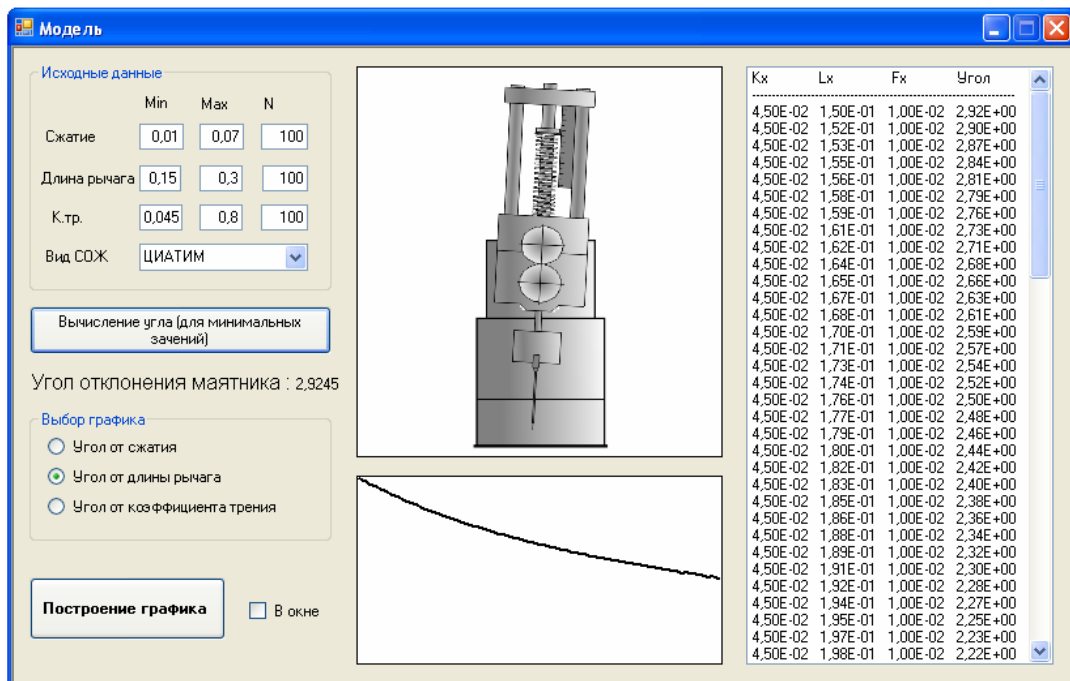


Рисунок 2.3 - Главное окно программы для статического моделирования машины трения

Для вычисления угла отклонения маятника, исходные данные вводятся в поля «Сжатие» - сила сжатия образцов пружины нагружения, «Длина рычага» - длина плеча маятника, «Вид СОЖ» - выбор смазочного вещества из списка или ввести коэффициент трения вещества в поле «К тр.». При нажатии кнопки «Вычисление угла» происходит расчёт угла отклонения при заданных исходных данных. Угол наклона отображается в численной и графической формах.

Для получения графиков производится выбор его типа в поле «Выбор графика». Начальные и конечные значения изменяемых величин и количество точек расчёта задаём в поля «Исходные данные». При нажатии кнопки «Построение графика» производится расчет, результаты которого выводятся в виде таблицы и в графической форме.

Для разработанной компьютерной статической модели машины трения входными параметрами являются коэффициент трения смазочного вещества μ , параметры электродвигателя (скорость $V_{дв}$ и мощность $P_{дв}$) и сила сжатия P в контакте пары трения, а выходными параметрами являются масса груза m и геометрические параметры плеч маятника машины L и l (рис.2.4).

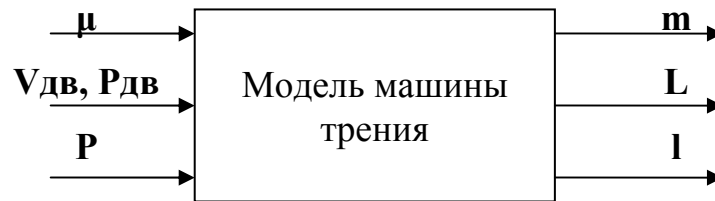


Рисунок 2.4 – Входные и выходные параметры модели

Для подробного изучения работы машины трения статической модели недостаточно. Требуется модель с возможностью наблюдения за динамикой процесса работы машины. Для её создания нужно более подробно рассмотреть переходные процессы, происходящие в машине и математически описать их [55].

2.3 Моделирование инерционного устройства измерения натяжения под действием знакопеременной нагрузки

Уравнение движения физического маятника выражается формулой:

$$Jy'' + fy' + mgLy = T(t) \quad (2.30)$$

где y – амплитуда колебаний, f – коэффициент трения, J – момент инерции, $T(t)$ – внешняя сила.

Уравнение малых затухающих колебаний имеет вид:

$$y'' + 2\delta y' + \omega_0^2 y = 0, \quad (2.31)$$

где δ - коэффициент затухания, $\delta = \frac{f}{2J}$, J - момент инерции $J = mL^2$, ω_0 - циклическая частота свободных колебаний в отсутствии трения $\omega_0 = \sqrt{\frac{mgL}{mL^2}} = \sqrt{\frac{g}{L}}$.

Получено линейное однородное уравнение 2 порядка. Проводим замену:

$$y'' \rightarrow k^2 \quad y' \rightarrow k \quad y \rightarrow 1 \quad (2.32)$$

В результате замены приходим к характеристическому уравнению:

$$k^2 + 2\delta k + \omega_0^2 = 0. \quad (2.33)$$

Если дискриминант меньше нуля, то решение:

$$y = e^{\alpha t} (C_1 \cos(\beta t) + C_2 \sin(\beta t)) . \quad (2.34)$$

Иначе решение представляется в виде суммы экспонент.

Для нахождения общего решения с возмущающей силой в уравнение 2.30 необходимо подставить выражение 2.28.

На рис. 2.5 показан график диссипации энергии и затухания колебаний, возникающего при запуске машины трения. Данный график демонстрирует наличие участка статического трения в интервале от 0 до 0,5 с, и перехода к динамическому трению – интервал от 2 до 2,5 с.

По оси Y шкала проградуирована в градусах угла отклонения маятника и в отсчётах цифрового датчика угла поворота. Синим цветом показан реальный график переходного процесса, снятый с машины трения. Зелёным цветом показан график полученной аппроксимирующей функции кривой разгона маятника. Красным цветом показан график полученной аппроксимирующей функции кривой торможения маятника.

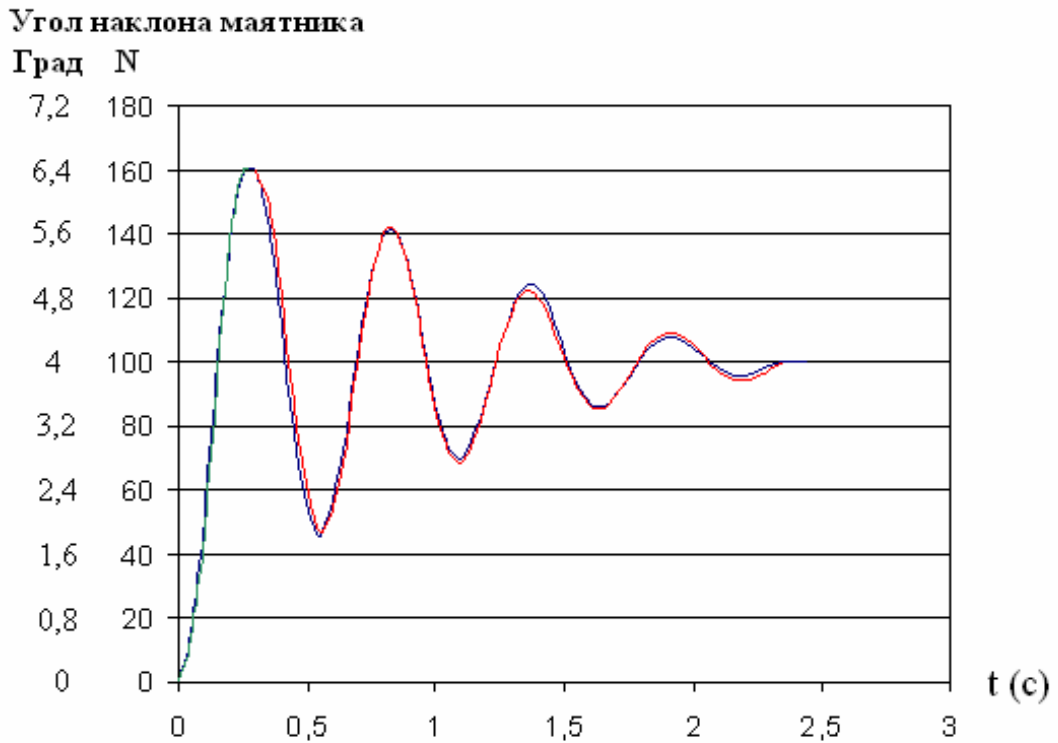


Рисунок 2.5 - График переходного процесса при запуске машины трения

С целью разработки аналитической модели устройства, учитывающей внутренние факторы, такие как нагрузка, физические параметры маятника и смазочный материал, получим аппроксимирующую функцию кривой разгона маятника в численной и аналитической формах:

$$y = 160 \cdot \sin^2(5,8 \cdot t)$$

$$y = A \cdot \sin^2(\omega t) \quad (2.35)$$

В функции используется несколько переменных:

A – Максимальное отклонение маятника. Показывает соотношение подводимой от двигателя и затрачиваемой на трение мощностей. Является точкой перехода статического трения в динамическое. Зависит от мощности и скорости двигателя, коэффициента трения поверхностей, силы нагружения, массы груза и геометрических размеров плеч маятника.

ω – Циклическая частота колебательной системы. Характеризует маятник, как колебательную систему. Зависит от массы груза и геометрических размеров плеч маятника.

После сравнения графиков реального процесса разгона и полученной функции, для сравнения графиков был вычислен коэффициент корреляции: $R^2 = 0,9994$.

Далее получим аппроксимирующую функцию кривой торможения маятника в численной и аналитической формах:

$$y = 60 \cdot (\cos(12 \cdot e^{-0,02 \cdot t} \cdot t) \cdot e^{-0,9t^{\frac{3}{2}}}) + 100$$

$$y = A \cdot (\cos(\omega \cdot e^{-d_1 \cdot t} \cdot t) \cdot e^{-d_2 t^{\frac{3}{2}}}) + \arcsin\left(\frac{\mu Pl}{mgL}\right) \quad (2.36)$$

Она состоит из функции экспоненциально затухающего гармонического колебания с звеном коррекции частоты и вертикального смещения графика на конечный угол отклонения.

В функции используется несколько переменных:

A – Максимальное отклонение маятника. Повторяет аналогичное из предыдущего уравнения

ω – Циклическая частота колебательной системы. В 2 раза превышает ω у разгонной характеристики. Причина: различные процессы трения: статическое и динамическое.

d_1 – Коэффициент коррекции частоты ω . Является частью звена коррекции частоты. Служит для компенсации расхождения частот колебания маятника и затухающего гармонического колебания. (Происходит уменьшение частоты колебания с ростом t). Зависит от: частотных параметров системы

d_2 – Коэффициент затухания колебаний. Является частью экспоненциального звена затухания. Показывает скорость уменьшения амплитуды колебаний. Зависит от: коэффициента трения поверхностей, силы нагружения, массы груза и геометрических размеров плеч маятника.

После сравнения графиков реального процесса торможения и полученной функции, для сравнения графиков был вычислен коэффициент корреляции: $R^2 = 0,9988$.

На основании аналитической зависимости построена модель в виде компьютерной программы на языке Visual Basic. Компьютерная модель позволяет произвести изучение влияния физических параметров машины и смазочного вещества на выходную физическую величину - угол наклона маятника.

Обеспечены возможности однократного расчёта угла наклона маятника, с выводом результата в числовой и графических формах и демонстрации динамики переходного процесса. Также производится расчет реакции машины на изменение входных физических величин, с выводом результатов в форме таблицы и графика. Динамическая модель позволяет рассмотреть колебательный процесс движения маятника машины трения.

На рис. 2.6 показано главное окно программы для динамического моделирования машины трения.

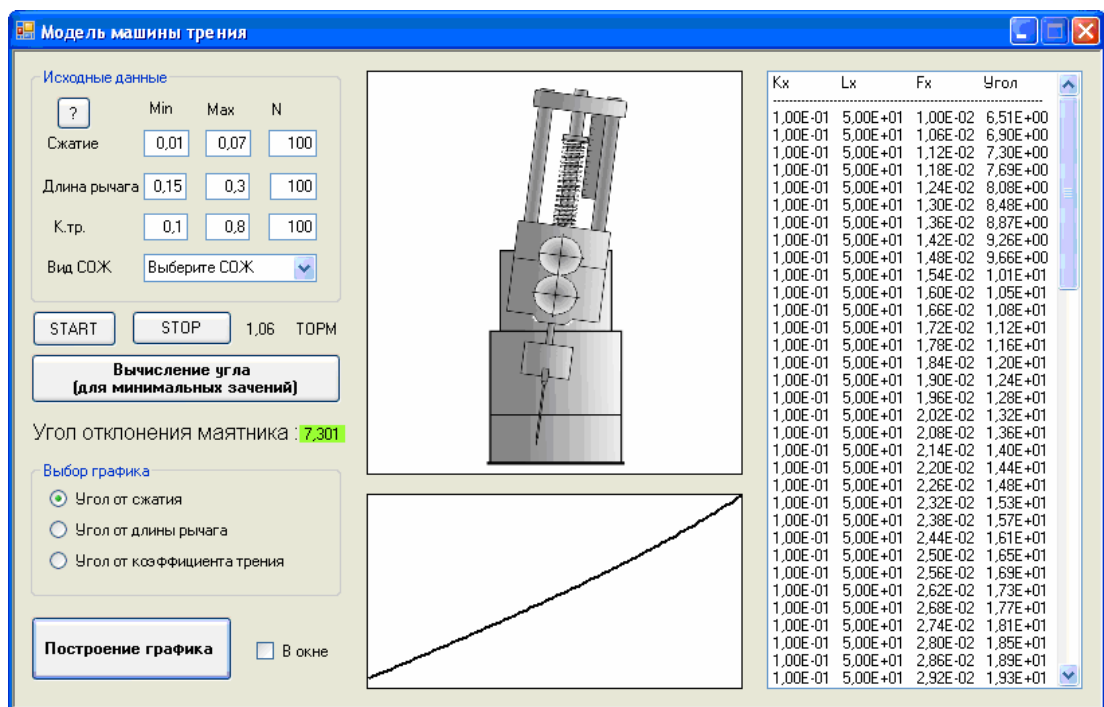


Рисунок 2.6 - Главное окно программы для динамического моделирования машины трения

Главное отличие программы с возможностью динамического моделирования в наличии кнопок «Start» и «Stop», которые позволяют рассмотреть процесс движения маятника с учётом кривых разгона и торможения.

Разработанная модель применима при исследовании процессов трения в узлах технологических машин. Точность расчётов угла наклона маятника составляет $0,01^\circ$. Полученная аппроксимирующая функция для динамической модели позволяет описать движение маятника по отношению к экспериментальной кривой с коэффициентом корреляции 0.99.

Изучив принцип работы узла петлеобразования машины ОВ-160, построим таблицу зависимости перемещения игольницы от поворота кулачка (табл. 2.1). На рис. 2.7 показан график перемещения игольницы от поворота кулачка.

Таблица 2.1 - Зависимость перемещения игольницы от поворота кулачка

Qi град	R мм	SinQ	X
0	90,25	0	0
1	89,99	0,017452406	1,570542
2	89,65	0,034899497	3,12874
3	89,32	0,052335956	4,674648
4	88,95	0,069756474	6,204838
5	88,55	0,087155743	7,717641
6	88,16	0,104528463	9,215229
7	87,78	0,121869343	10,69769
8	87,43	0,139173101	12,1679
9	87	0,156434465	13,6098
10	86,7	0,173648178	15,0553
11	86,41	0,190808995	16,48781
12	86,11	0,207911691	17,90328
13	85,81	0,224951054	19,30305
14	85,61	0,241921896	20,71093
15	85,41	0,258819045	22,10573
16	85,31	0,275637356	23,51462
17	85,18	0,292371705	24,90422
18	85	0,309016994	26,26644
19	85	0,325568154	27,67329
20	85	0,342020143	29,07171
21	85	0,35836795	30,46128
22	85	0,374606593	31,84156
23	85,22	0,390731128	33,29811
24	85,29	0,406736643	34,69057
25	85,5	0,422618262	36,13386
26	85,67	0,438371147	37,55526
27	85,92	0,4539905	39,00686
28	86,16	0,469471563	40,44967
29	86,47	0,48480962	41,92149
30	86,84	0,5	43,42
31	87,1	0,515038075	44,85982
32	87,5	0,529919264	46,36794
33	87,93	0,544639035	47,89011
34	88,32	0,559192903	49,38792

Таблица 2.1 (продолжение)			
35	88,71	0,573576436	50,88197
36	89,03	0,587785252	52,33052
37	89,32	0,601815023	53,75412
38	89,64	0,615661475	55,18789
39	89,95	0,629320391	56,60737
40	90,16	0,64278761	57,95373
41	90,31	0,656059029	59,24869
42	90,38	0,669130606	60,47602
43	90,46	0,68199836	61,69357
44	90,55	0,69465837	62,90132
45	90,61	0,707106781	64,07095
46	90,64	0,7193398	65,20096
47	90,67	0,731353702	66,31184
48	90,69	0,743144825	67,3958
49	90,72	0,75470958	68,46725
50	90,76	0,766044443	69,52619
51	90,82	0,777145961	70,5804
52	90,88	0,788010754	71,61442
53	90,97	0,79863551	72,65187
54	91,05	0,809016994	73,661
55	91,05	0,819152044	74,58379
56	91,05	0,829037573	75,48387
57	91,05	0,838670568	76,36096
58	91,05	0,848048096	77,21478
59	91,05	0,857167301	78,04508
60	90,9	0,866025404	78,72171
61	90,7	0,874619707	79,32801
62	90,49	0,882947593	79,89793
63	90,24	0,891006524	80,40443
64	89,94	0,898794046	80,83754
65	89,63	0,906307787	81,23237
66	89,26	0,913545458	81,54307
67	88,82	0,920504853	81,75924
68	88,32	0,927183855	81,88888
69	87,77	0,933580426	81,94035
70	87,17	0,939692621	81,91301
71	86,54	0,945518576	81,82518
72	85,87	0,951056516	81,66722
73	85,06	0,956304756	81,34328
74	84,21	0,961261696	80,94785
75	83,4	0,965925826	80,55821
76	82,58	0,970295726	80,12702
77	81,54	0,974370065	79,45014
78	80,55	0,978147601	78,78979
79	79,72	0,981627183	78,25532
80	78,78	0,984807753	77,58315
81	78,04	0,987688341	77,0792
82	77,26	0,990268069	76,50811
83	76,51	0,992546152	75,93971
84	75,88	0,994521895	75,46432
85	75,24	0,996194698	74,95369
86	74,78	0,99756405	74,59784
87	74,42	0,998629535	74,31801

Таблица 2.1 (продолжение)			
88	74,16	0,999390827	74,11482
89	74,05	0,999847695	74,03872
90	74,05	1	74,05
91	74,1	0,999847695	74,08871
92	74,34	0,999390827	74,29471
93	74,7	0,998629535	74,59763
94	75,26	0,99756405	75,07667
95	75,79	0,996194698	75,5016
96	76,46	0,994521895	76,04114
97	77,15	0,992546152	76,57494
98	77,94	0,990268069	77,18149
99	78,76	0,987688341	77,79033
100	79,58	0,984807753	78,371
101	80,43	0,981627183	78,95227
102	81,17	0,978147601	79,39624
103	81,9	0,974370065	79,80091
104	82,59	0,970295726	80,13672
105	83,2	0,965925826	80,36503
106	83,65	0,961261696	80,40954
107	84,04	0,956304756	80,36785
108	84,42	0,951056516	80,28819
109	84,71	0,945518576	80,09488
110	84,86	0,939692621	79,74232
111	85	0,933580426	79,35434
112	85	0,927183855	78,81063
113	85	0,920504853	78,24291
114	85	0,913545458	77,65136
115	85	0,906307787	77,03616
116	85	0,898794046	76,39749
117	85	0,891006524	75,73555
118	85	0,882947593	75,05055
119	85	0,874619707	74,34268
120	85	0,866025404	73,61216
121	85	0,857167301	72,85922
122	85	0,848048096	72,08409
123	85	0,838670568	71,287
124	85	0,829037573	70,46819
125	85	0,819152044	69,62792
126	85	0,809016994	68,76644
127	85	0,79863551	67,88402
128	85	0,788010754	66,98091
129	85	0,777145961	66,05741
130	85	0,766044443	65,11378
131	85	0,75470958	64,15031
132	85	0,743144825	63,16731
133	85	0,731353702	62,16506
134	85	0,7193398	61,14388
135	85	0,707106781	60,10408
136	85	0,69465837	59,04596
137	85	0,68199836	57,96986
138	85	0,669130606	56,8761
139	85	0,656059029	55,76502
140	85	0,64278761	54,63695

Таблица 2.1 (продолжение)			
141	85	0,629320391	53,49223
142	85	0,615661475	52,33123
143	85	0,601815023	51,15428
144	85	0,587785252	49,96175
145	85	0,573576436	48,754
146	85	0,559192903	47,5314
147	85	0,544639035	46,29432
148	85	0,529919264	45,04314
149	85	0,515038075	43,77824
150	85	0,5	42,5
151	85	0,48480962	41,20882
152	85	0,469471563	39,90508
153	85	0,4539905	38,58919
154	85	0,438371147	37,26155
155	85	0,422618262	35,92255
156	85	0,406736643	34,57261
157	84,93	0,390731128	33,18479
158	84,86	0,374606593	31,78912
159	84,82	0,35836795	30,39677
160	84,75	0,342020143	28,98621
161	84,71	0,325568154	27,57888
162	84,61	0,309016994	26,14593
163	84,54	0,292371705	24,7171
164	84,45	0,275637356	23,27757
165	84,37	0,258819045	21,83656
166	84,22	0,241921896	20,37466
167	84,05	0,224951054	18,90714
168	83,84	0,207911691	17,43132
169	83,59	0,190808995	15,94972
170	83,27	0,173648178	14,45968
171	82,94	0,156434465	12,97467
172	82,55	0,139173101	11,48874
173	82,08	0,121869343	10,00304
174	81,6	0,104528463	8,529523
175	81,08	0,087155743	7,066588
176	80,58	0,069756474	5,620977
177	80,01	0,052335956	4,1874
178	79,5	0,034899497	2,77451
179	78,85	0,017452406	1,376122
180	78,14	1,22515E-16	9,57E-15
181	77,3	-0,017452406	-1,34907
182	76,49	-0,034899497	-2,66946
183	75,52	-0,052335956	-3,95241
184	74,48	-0,069756474	-5,19546
185	73,41	-0,087155743	-6,3981
186	72,32	-0,104528463	-7,5595
187	71,33	-0,121869343	-8,69294
188	70,25	-0,139173101	-9,77691
189	69,2	-0,156434465	-10,8253
190	68,32	-0,173648178	-11,8636
191	67,35	-0,190808995	-12,851
192	66,53	-0,207911691	-13,8324
193	65,63	-0,224951054	-14,7635

Таблица 2.1 (продолжение)			
194	64,87	-0,241921896	-15,6935
195	64,02	-0,258819045	-16,5696
196	63,31	-0,275637356	-17,4506
197	62,68	-0,292371705	-18,3259
198	61,97	-0,309016994	-19,1498
199	61,35	-0,325568154	-19,9736
200	60,7	-0,342020143	-20,7606
201	60,12	-0,35836795	-21,5451
202	59,58	-0,374606593	-22,3191
203	59,05	-0,390731128	-23,0727
204	58,63	-0,406736643	-23,847
205	58,15	-0,422618262	-24,5753
206	57,72	-0,438371147	-25,3028
207	57,28	-0,4539905	-26,0046
208	56,89	-0,469471563	-26,7082
209	56,44	-0,48480962	-27,3627
210	56,08	-0,5	-28,04
211	55,74	-0,515038075	-28,7082
212	55,35	-0,529919264	-29,331
213	54,89	-0,544639035	-29,8952
214	54,53	-0,559192903	-30,4928
215	54,14	-0,573576436	-31,0534
216	53,76	-0,587785252	-31,5993
217	53,36	-0,601815023	-32,1128
218	53,02	-0,615661475	-32,6424
219	52,72	-0,629320391	-33,1778
220	52,45	-0,64278761	-33,7142
221	52,23	-0,656059029	-34,266
222	52,07	-0,669130606	-34,8416
223	51,95	-0,68199836	-35,4298
224	51,84	-0,69465837	-36,0111
225	51,75	-0,707106781	-36,5928
226	51,75	-0,7193398	-37,2258
227	51,75	-0,731353702	-37,8476
228	51,75	-0,743144825	-38,4577
229	51,75	-0,75470958	-39,0562
230	51,75	-0,766044443	-39,6428
231	51,75	-0,777145961	-40,2173
232	51,75	-0,788010754	-40,7796
233	51,75	-0,79863551	-41,3294
234	51,75	-0,809016994	-41,8666
235	51,75	-0,819152044	-42,3911
236	51,75	-0,829037573	-42,9027
237	51,75	-0,838670568	-43,4012
238	51,75	-0,848048096	-43,8865
239	51,75	-0,857167301	-44,3584
240	51,75	-0,866025404	-44,8168
241	51,75	-0,874619707	-45,2616
242	51,75	-0,882947593	-45,6925
243	51,75	-0,891006524	-46,1096
244	51,75	-0,898794046	-46,5126
245	51,75	-0,906307787	-46,9014
246	51,75	-0,913545458	-47,276

Таблица 2.1 (продолжение)			
247	51,75	-0,920504853	-47,6361
248	51,75	-0,927183855	-47,9818
249	51,84	-0,933580426	-48,3968
250	51,98	-0,939692621	-48,8452
251	52,15	-0,945518576	-49,3088
252	52,25	-0,951056516	-49,6927
253	52,5	-0,956304756	-50,206
254	52,79	-0,961261696	-50,745
255	53,3	-0,965925826	-51,4838
256	53,92	-0,970295726	-52,3183
257	54,44	-0,974370065	-53,0447
258	55,25	-0,978147601	-54,0427
259	56	-0,981627183	-54,9711
260	57,28	-0,984807753	-56,4098
261	58,86	-0,987688341	-58,1353
262	60,5	-0,990268069	-59,9112
263	62,16	-0,992546152	-61,6967
264	64,05	-0,994521895	-63,6991
265	66,01	-0,996194698	-65,7588
266	67,87	-0,99756405	-67,7047
267	69,65	-0,998629535	-69,5545
268	71,09	-0,999390827	-71,0467
269	72,28	-0,999847695	-72,269
270	73,37	-1	-73,37
271	74,27	-0,999847695	-74,2587
272	75,07	-0,999390827	-75,0243
273	75,77	-0,998629535	-75,6662
274	76,32	-0,99756405	-76,1341
275	76,78	-0,996194698	-76,4878
276	77,21	-0,994521895	-76,787
277	77,49	-0,992546152	-76,9124
278	77,75	-0,990268069	-76,9933
279	78,01	-0,987688341	-77,0496
280	78,15	-0,984807753	-76,9627
281	78,35	-0,981627183	-76,9105
282	78,47	-0,978147601	-76,7552
283	78,61	-0,974370065	-76,5952
284	78,66	-0,970295726	-76,3235
285	78,7	-0,965925826	-76,0184
286	78,73	-0,961261696	-75,6801
287	78,77	-0,956304756	-75,3281
288	78,83	-0,951056516	-74,9718
289	78,83	-0,945518576	-74,5352
290	78,83	-0,939692621	-74,076
291	78,83	-0,933580426	-73,5941
292	78,83	-0,927183855	-73,0899
293	78,83	-0,920504853	-72,5634
294	78,83	-0,913545458	-72,0148
295	78,83	-0,906307787	-71,4442
296	78,83	-0,898794046	-70,8519
297	78,83	-0,891006524	-70,238
298	78,83	-0,882947593	-69,6028
299	78,83	-0,874619707	-68,9463

Таблица 2.1 (продолжение)			
300	78,83	-0,866025404	-68,2688
301	78,83	-0,857167301	-67,5705
302	78,83	-0,848048096	-66,8516
303	78,83	-0,838670568	-66,1124
304	78,83	-0,829037573	-65,353
305	78,83	-0,819152044	-64,5738
306	78,83	-0,809016994	-63,7748
307	78,83	-0,79863551	-62,9564
308	78,83	-0,788010754	-62,1189
309	78,83	-0,777145961	-61,2624
310	78,83	-0,766044443	-60,3873
311	78,83	-0,75470958	-59,4938
312	78,83	-0,743144825	-58,5821
313	78,83	-0,731353702	-57,6526
314	78,83	-0,7193398	-56,7056
315	78,83	-0,707106781	-55,7412
316	78,83	-0,69465837	-54,7599
317	78,83	-0,68199836	-53,7619
318	78,83	-0,669130606	-52,7476
319	78,83	-0,656059029	-51,7171
320	78,83	-0,64278761	-50,6709
321	78,83	-0,629320391	-49,6093
322	78,83	-0,615661475	-48,5326
323	78,83	-0,601815023	-47,4411
324	78,88	-0,587785252	-46,3645
325	78,92	-0,573576436	-45,2667
326	78,94	-0,559192903	-44,1427
327	78,96	-0,544639035	-43,0047
328	78,98	-0,529919264	-41,853
329	79	-0,515038075	-40,688
330	79,12	-0,5	-39,56
331	79,2	-0,48480962	-38,3969
332	79,37	-0,469471563	-37,262
333	79,93	-0,4539905	-36,2875
334	80,78	-0,438371147	-35,4116
335	81,68	-0,422618262	-34,5195
336	82,9	-0,406736643	-33,7185
337	84,07	-0,390731128	-32,8488
338	85,36	-0,374606593	-31,9764
339	86,47	-0,35836795	-30,9881
340	87,48	-0,342020143	-29,9199
341	88,31	-0,325568154	-28,7509
342	89,02	-0,309016994	-27,5087
343	89,68	-0,292371705	-26,2199
344	90,21	-0,275637356	-24,8652
345	90,54	-0,258819045	-23,4335
346	90,92	-0,241921896	-21,9955
347	91,16	-0,224951054	-20,5065
348	91,35	-0,207911691	-18,9927
349	91,35	-0,190808995	-17,4304
350	91,35	-0,173648178	-15,8628
351	91,35	-0,156434465	-14,2903
352	91,35	-0,139173101	-12,7135

Таблица 2.1 (продолжение)			
353	91,35	-0,121869343	-11,1328
354	91,35	-0,104528463	-9,54868
355	91,17	-0,087155743	-7,94599
356	91,07	-0,069756474	-6,35272
357	90,93	-0,052335956	-4,75891
358	90,74	-0,034899497	-3,16678
359	90,53	-0,017452406	-1,57997
360	90,25	-2,4503E-16	-2,2E-14

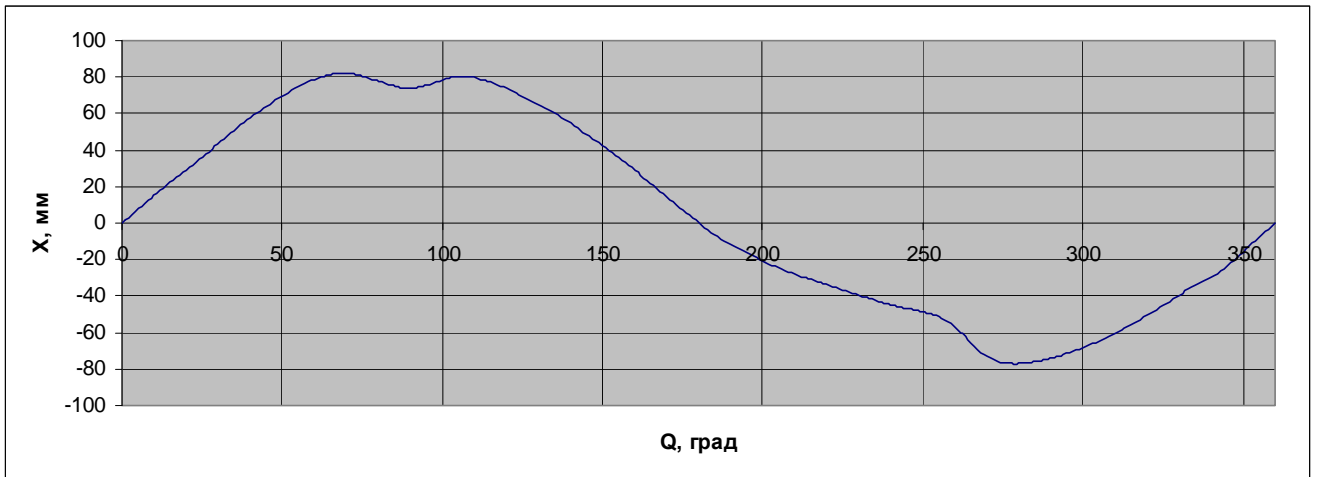


Рисунок 2.7 - График перемещения игольницы в зависимости от поворота кулачка

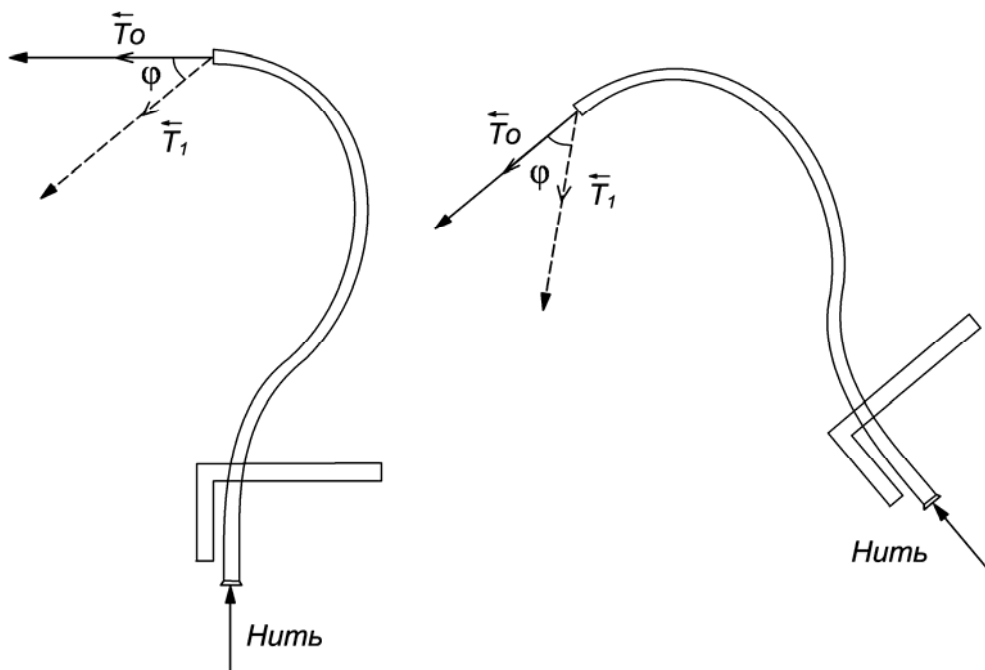


Рисунок 2.8 – Распределение сил в игольнице при различных режимах работы

Был проведен силовой анализ петлеобразующего органа, который позволил установить зависимость силы натяжения нити от положения игольницы. Сила натяжения имеет зависимость

$$T(t) = T_0 \sin(t), \quad (2.37)$$

где T_0 – начальное значение натяжения, установленное для конкретной пары трения нить-игла.

Уравнение движения датчика натяжения выражается формулой:

$$Jy'' + fy' + mgLy = T(t) \quad (2.38)$$

где y – амплитуда колебаний, f – коэффициент трения, J – момент инерции, $T(t)$ – внешняя сила.

Решение уравнения будет иметь вид:

$$y = C_1 e^{k_1 t} + C_2 e^{k_2 t} + \tilde{y} \quad (2.39)$$

Принимаем

$$\tilde{y} = A \sin(t) + B \cos(t) \quad (2.40)$$

Тогда первая и вторая производные:

$$\tilde{y}' = A \cos(t) - B \sin(t) \quad (2.41)$$

$$\tilde{y}'' = -A \sin(t) - B \cos(t) \quad (2.42)$$

Подставляем полученные выражения для первой и второй производных в исходное уравнение:

$$-A \sin(t) - B \cos(t) + \frac{f}{J} (A \cos(t) - B \sin(t)) + \frac{mgL}{J} (A \sin(t) + B \cos(t)) = \frac{T_0}{J} \sin(t). \quad (2.43)$$

Преобразуем выражение:

$$(-AJ - fB + mgLA) \sin(t) + (-BJ + fA + mgLB) \cos(t) = T_0 \sin(t). \quad (2.44)$$

Из предыдущего имеем:

$$\begin{cases} -AJ - fB + mgLA = T_0 \\ -BJ + fA + mgLB = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A(mgL - J) - fB = T_0 \\ B(mgL - J) + fA = 0 \end{cases} \quad (2.45)$$

Обозначим: $u = mgL - J$.

$$\begin{cases} uA - fB = T_0 \\ uB + fA = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} B = -\frac{f}{u}A \\ uA + \frac{f}{u}A = T_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = \frac{T_0 u}{u^2 + f^2} \\ B = -\frac{fT_0}{u^2 + f^2} \end{cases} \quad (2.46)$$

Подставим полученные коэффициенты в уравнение:

$$\tilde{y} = \frac{T_0(mgL - J)}{(mgL - J)^2 + f^2} \sin(t) - \frac{fT_0}{(mgL - J)^2 + f^2} \cos(t) \quad (2.47)$$

Коэффициенты k_1 и k_2 в уравнение рассчитываются по формуле:

$$k_{1,2} = -\frac{f \pm \sqrt{f^2 - 4mgLJ}}{2J} \quad (2.48)$$

Коэффициенты C_1 и C_2 в уравнение находим используя начальные условия:

$$\begin{aligned} y(0) &= 0; \\ y'(0) &= 0. \end{aligned} \quad (2.49)$$

$$y = C_1 e^{k_1 t} + C_2 e^{k_2 t} + \frac{T_0(mgL - J)}{(mgL - J)^2 + f^2} \sin t - \frac{fT_0}{(mgL - J)^2 + f^2} \cos t \quad (2.50)$$

$$y(0) = C_1 + C_2 - \frac{fT_0}{(mgL - J)^2 + f^2} \quad (2.51)$$

$$y'(0) = C_1 k_1 + C_2 k_2 + \frac{T_0(mgL - J)}{(mgL - J)^2 + f^2} \quad (2.52)$$

$$\begin{cases} C_1 + C_2 - \frac{fT_0}{(mgL - J)^2 + f^2} = 0 \\ C_1 k_1 + C_2 k_2 + \frac{T_0(mgL - J)}{(mgL - J)^2 + f^2} = 0 \end{cases} \quad (2.53)$$

Путем преобразований получаем:

$$\begin{cases} C_2 = \frac{T_0 J ((mgL - J) + f k_1)}{\sqrt{f^2 - 4mgLJ} ((mgL - J)^2 + f^2)} \\ C_1 = \frac{T_0 J ((mgL - J) + f k_1)}{\sqrt{f^2 - 4mgLJ} ((mgL - J)^2 + f^2)} - \frac{fT_0}{(mgL - J)^2 + f^2} \end{cases} \quad (2.54)$$

Таким образом, используя различные значения параметров трения системы нить-игла, и параметров устройства контроля трения можно рассчитывать положение рычажного механизма в процессе движения нити.

2.4. Моделирование устройств контроля трения и натяжения нити на основовязальной машине

Результаты исследования математических имитационных моделей были использованы при моделировании физических устройств регистрации и контроля натяжения нитей и их трения. Были изготовлены устройства для измерения момента трения, коэффициента трения, натяжения.

Из этих устройств были собраны машины трения для испытания смазочных материалов и материалов узлов трения основовязальных машин. Получен патент [56] на полезную модель на устройство для измерения коэффициента трения текстильного материала, содержащее привод двигателя постоянного тока, систему управления двигателем, датчик тока, и датчик угловой скорости вращения двигателя, отличающееся тем, что перед последним последовательно установлены петлевой компенсатор, шаговый двигатель и узел изменения натяжения (в виде двуплечего рычага).

Изменение натяжения обеспечивается поворотом рычажного устройства и изменения за счет этого угла охвата его валов. Схема представлена на рис. 2.9.

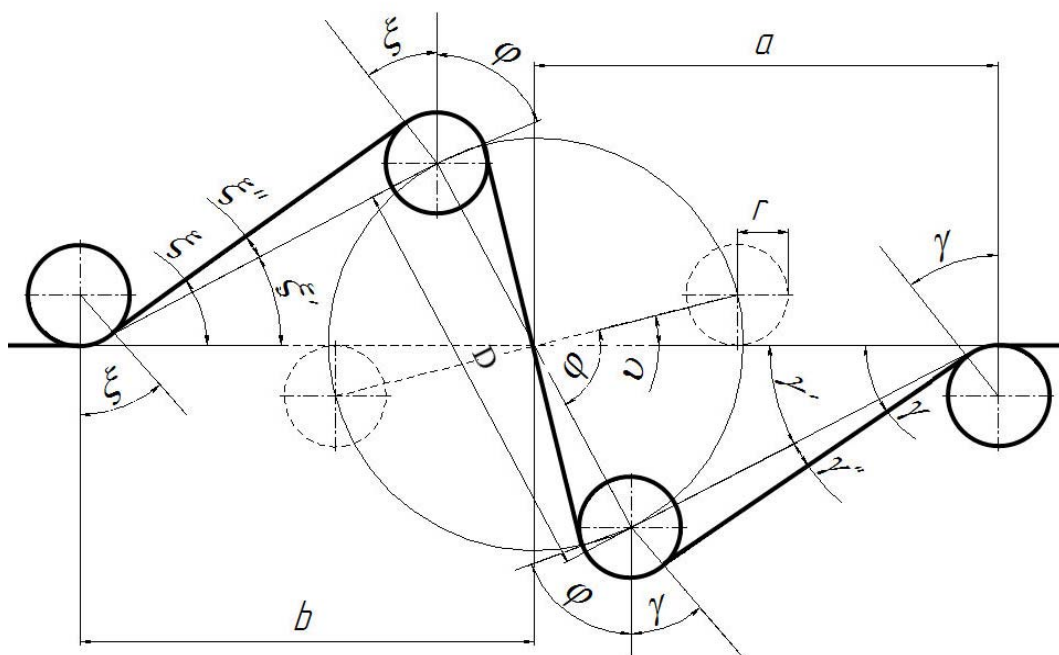


Рисунок 2.9 - Схема расположения углов охвата нитью основы валов рычажного натяжителя

Угол охвата нитью валов рассчитывают по формуле:

$$\alpha = 2\varphi + \gamma + \xi, \quad (2.55)$$

где φ – угол поворота устройства, γ – угол охвата нитью принимающего вала ζ – угол охвата нитью подающего вала.

$$\gamma = \gamma' + \gamma'' \quad (2.56)$$

$$\gamma' = \arcsin \frac{D \sin(\varphi - \nu)}{\sqrt{D^2 + a^2 - 2aD \cos(\varphi - \nu)}} \quad (2.57)$$

$$\gamma'' = \arcsin \frac{r}{\sqrt{D^2 + a^2 - 2aD \cos(\varphi - \nu)}} \quad (2.58)$$

где D – расстояние между центрами валов натяжного устройства, ν – угол, зависящий от радиуса валов, a – расстояние от центра вращения устройства до центра принимающего вала, r – радиус валов.

$$\xi = \xi' + \xi'' \quad (2.59)$$

$$\xi' = \arcsin \frac{D \sin(\varphi - \nu)}{\sqrt{D^2 + b^2 - 2bD \cos(\varphi - \nu)}} \quad (2.60)$$

$$\xi'' = \arcsin \frac{r}{\sqrt{D^2 + b^2 - 2bD \cos(\varphi - \nu)}} \quad (2.61)$$

где b – расстояние от центра подающего вала до центра вращения устройства,

$$\nu = \arcsin\left(\frac{r}{D}\right) \quad (2.62)$$

Блок управления двигателем и датчики соединены через микроконтроллерный блок. Схема разработанной полезной модели показана на рис. 2.10.

Техническим результатом полезной модели является повышение точности и оперативности измерения коэффициента трения материалов [57,58].

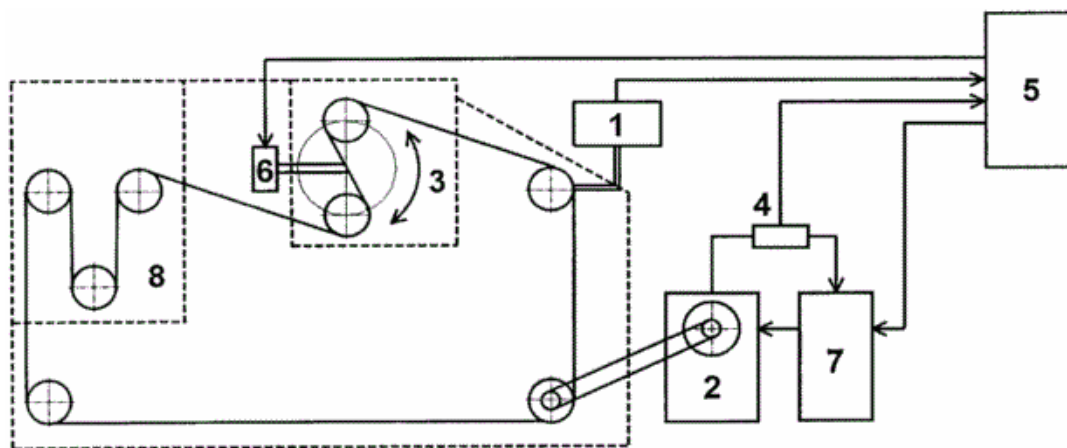


Рисунок 2.10 - Схема полезной модели устройства для измерения коэффициента трения текстильного материала

(1 - датчик угловой скорости, 2 - двигатель постоянного тока, 3 - узел изменения натяжения, 4 - датчик тока, 5 - микроконтроллерный блок, 6 - шаговый двигатель, 7 - блок управления двигателем, 8 - петлевой компенсатор)

Указанный результат достигается тем, что в устройстве для измерения коэффициента трения текстильных материалов, содержащем приводной двигатель постоянного тока, систему управления двигателем, датчик тока и датчик угловой скорости, перед последним последовательно установлены петлевой компенсатор, шаговый двигатель и узел изменения натяжения. Шаговый двигатель, датчик угловой скорости вращения двигателя, датчик тока двигателя и блок управления двигателем соединены с микроконтроллерным блоком.

Технический результат достигается за счет того, что коэффициент трения материалов измеряется при различных углах поворота устройства, что позволяет расширить диапазон измерений и изменять силу трения в широких пределах, что, в свою очередь, позволяет повысить точность и оперативность измерения данного параметра.

Устройство работает следующим образом. В устройство заправляется исследуемый образец материала. Микроконтроллерный блок 5 после запуска передает на шаговый двигатель 6 последовательность импульсов,

обеспечивающую поворот нитенатяжителя 3 в положение, при котором угол ее охвата нитью равен нулю и, следовательно, дополнительная сила трения не создается. После этого на блок 7 управления двигателем 2 подается сигнал управления, который обеспечивает включение двигателя 2 при минимальном напряжении питания двигателя. Текстильный материал приходит в движение и устанавливается некоторая постоянная скорость вращения двигателя 2, измеряемая датчиком угловой скорости вращения двигателя 1, которая фиксируется микроконтроллерным блоком 5. После стабилизации скорости двигателя 2, микроконтроллерный блок 5 фиксирует код, определяемый силой тока двигателя 2, полученного от датчика тока 4. Этот ток (или код) пропорционален силе сопротивления движению ткани при отсутствии дополнительной силы трения обусловленной влиянием рычажного устройства 3. После запоминания этого кода микроконтроллерный блок 5 формирует последовательность импульсов на входе шагового двигателя 6, вызывающего поворот рычага 3 на заданный фиксированный угол поворота. Петлевой компенсатор 8 необходим для компенсации излишнего материала. Сопротивление движению нити возрастает и для поддержания постоянной угловой скорости вращения двигателя 2, блок 7 управления увеличивает напряжение питания двигателя 2. При этом возрастает ток якоря двигателя 2, который фиксируется датчиком 4. В момент стабилизации скорости двигателя 2, определяемой значением на выходе датчика 1, равным значению зафиксированном в микроконтроллерном блоке 5, происходит фиксация значения тока на выходе датчика 4 и вычисление значения коэффициента трения по следующей формуле:

$$k_i = \frac{\ln\left(\frac{P_i}{P_0}\right)}{\alpha_i}, \quad (2.63)$$

$$k = \frac{1}{\sum_i^i k_i}, \quad (2.64)$$

где k - коэффициент трения;

k_i - коэффициент трения при i -ом замере;

i - количество замеров;

P_i - потребляемая мощность двигателя постоянного тока при i -ом замере;

P_0 - потребляемая мощность двигателя постоянного тока в холостом режиме;

α_i - угол охвата материалом валов рычага при i -ом замере;

Вышеописанная последовательность действий повторяется для следующих значений угла поворота рычага 3, после чего микроконтроллерный блок 5 вычисляет среднее значение коэффициента трения исследуемой пары материал валов рычага 3 - нить.

Получено свидетельство на программный комплекс для измерения момента трения [59]. Программный комплекс предназначен для функционирования системы измерения момента трения. Он осуществляет управление системой измерения с целью первоначальной обработки сигналов с цифрового датчика и передачи их в компьютер с помощью СОМ-порта, а также обеспечивает окончательную обработку полученной информации на персональном компьютере, её графическое представление в удобной для работы форме и сохранение в виде файла для дальнейших исследований).

Алгоритм работы программы микроконтроллерного блока разработанного программного комплекса показан на рисунке 2.11.

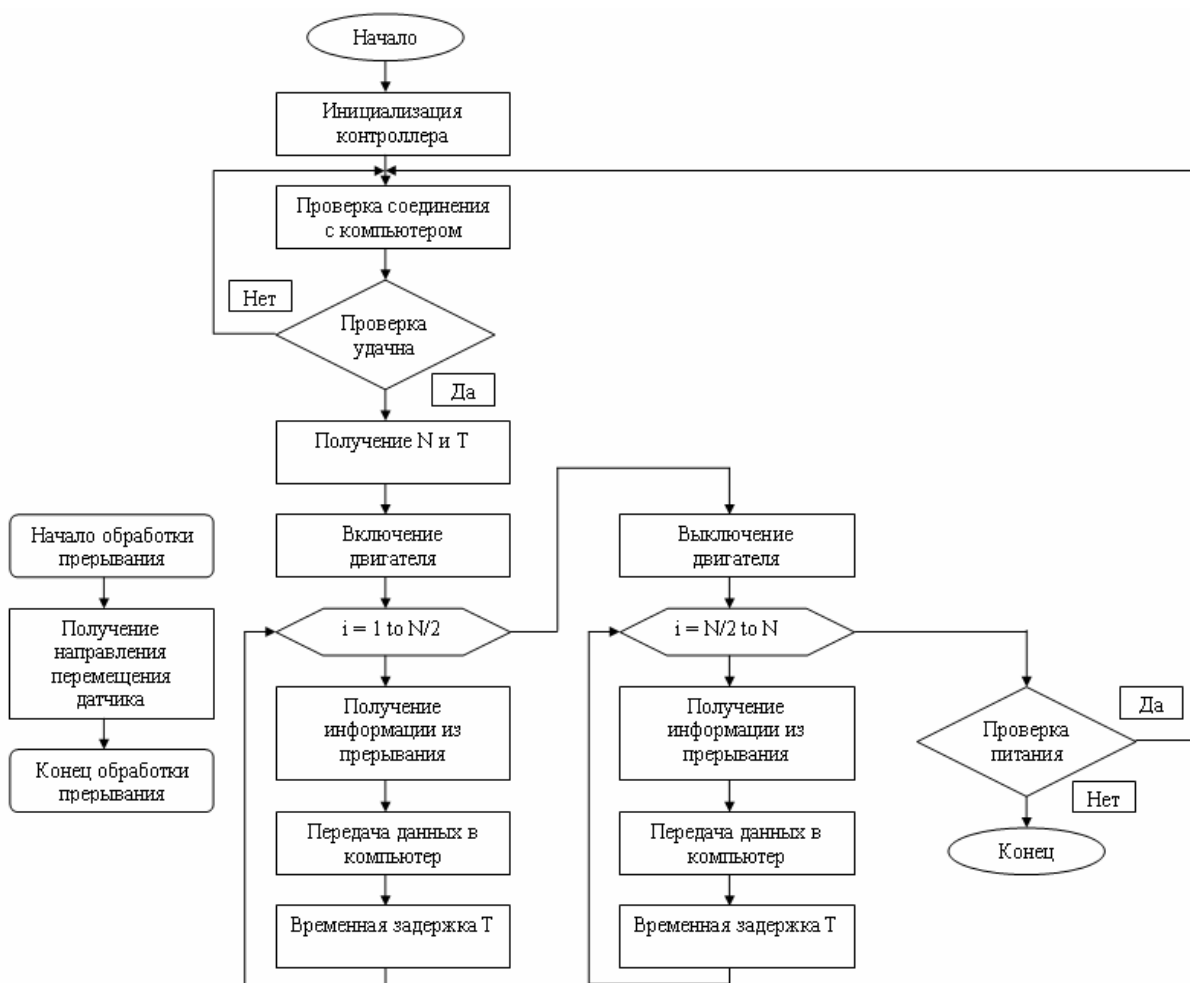


Рисунок 2.11 - Алгоритм работы программы микроконтроллерного блока

При включении питания контроллера происходит его первичная инициализация. После её завершения проверяется наличие связи с компьютером и получение исходных данных для измерения: N - количество измерений и T - пауза между измерениями. Основной цикл работы состоит из получения информации об изменении положения датчика, её обработки и передачи в компьютер. Регулируемая временная задержка осуществляет паузу между измерениями. Двигатель установки запускается в начале измерения, а отключается при прохождении половины измерений. Параллельно с основным циклом работает небольшая процедура обработки прерывания, которая позволяет получать информацию с датчика. После окончания цикла измерений, в присутствии питания, ожидается получение новых исходных данных.

Программа для микроконтроллера разработана в среде MicroC на основе алгоритма системы измерения. Полный программный код микроконтроллера приведён в Приложении А.

Для управления работой системы измерения, приёма и обработки данные с цифрового датчика разработана программа для операционной системы Windows. Внешний вид окна программы для Windows показан на рис. 2.12.

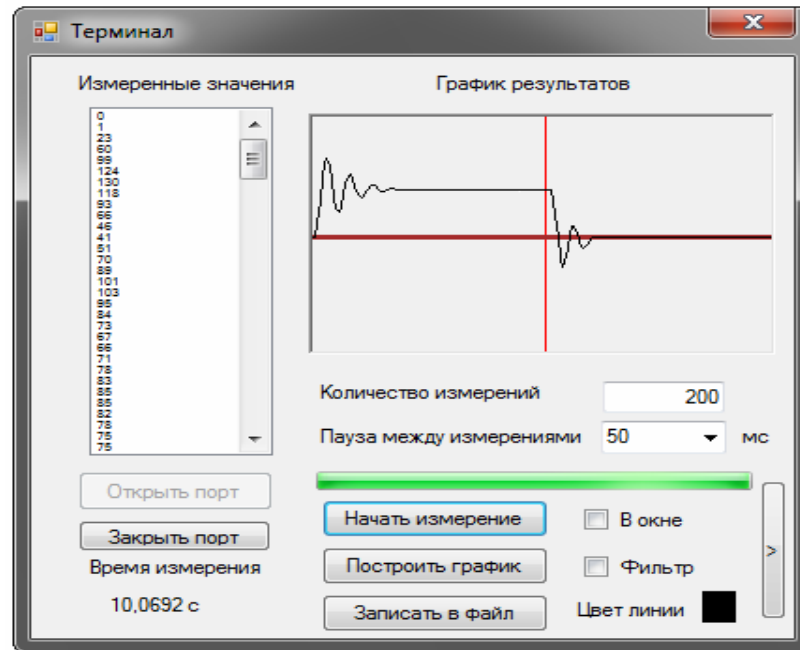


Рисунок 2.12 – Внешний вид окна программы управления работой системы измерения

В левой верхней части окна находится область, отображающая информацию об измеренных значениях угла наклона маятника. Есть возможность ознакомиться со всеми значениями, полученными от микроконтроллерного блока.

В левой нижней части окна находятся кнопки подключения к порту компьютера, к которому физически подключен микроконтроллерный блок, а также время замера.

В правой верхней части окна находится область отображения графика, построенного в соответствии с принятыми данными.

В правой нижней части окна находятся командные кнопки управления процессом измерения и настройки.

Программа написана на языке Visual Basic. Исходный код приведён в Приложении 2.

Программно-аппаратный измерительный комплекс работает следующим образом. Задаём нужные параметры измерения в программе и нажимаем кнопку «Начать измерение». Заданные настройки загружаются в микроконтроллер, который включает двигатель установки и производит сохранение информации с цифрового датчика, с частотой заданной в настройках. После завершения измерения, выключается двигатель и сохранённая информация передаётся обратно в программу, где отображается в соответствующем поле. Затем нажимаем кнопку «Построить график» и получаем его в верхней части окна. При необходимости сохранения данных для дальнейшей обработки, нажимаем кнопку «Записать в файл» и сохраняем информацию в память компьютера. Пример полученных данных и результат обработки показан в приложении 3.

2.5. Разработка устройств машины трения с цифровым датчиком - энкодером

На основе исследования машины трения с установленным дифтрансформаторным датчиком была разработана структурная схема новой системы измерения [64], показанная на рис. 2.13.

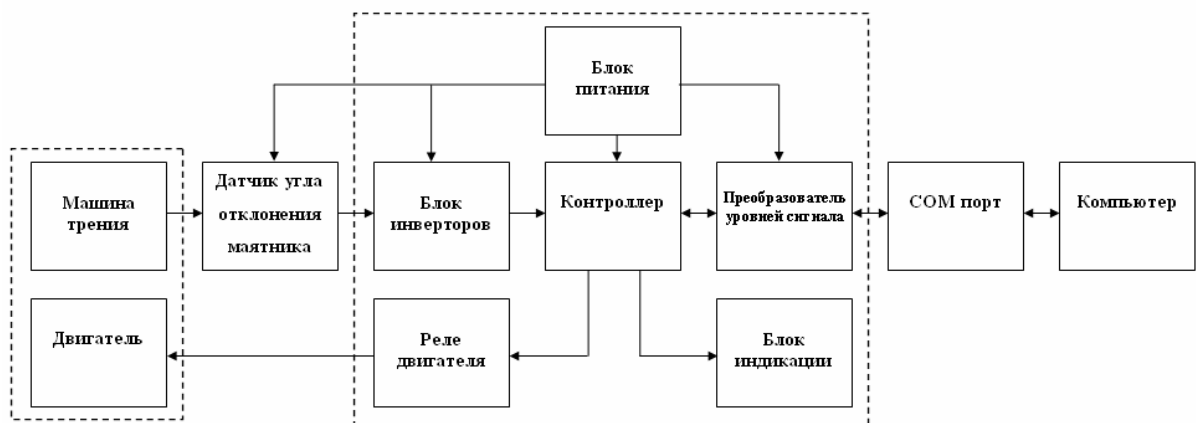


Рисунок 2.13 - Структурная схема системы измерения

В системе измерения используется цифровой датчик угла наклона, состоящий из неподвижной прозрачной шкалы с нанесёнными на неё метками и оптического датчика работающего на просвет, закреплённого на подвижном маятнике. Датчик представляет собой инкрементный энкодер. В данном устройстве механическое перемещение маятника преобразуется в электрические сигналы, дающие информацию об угле поворота и направлении движения. Для определения направления движения применяются два измерительных канала («синусный» и «косинусный»), в которых идентичные последовательности импульсов сдвинуты на 90° относительно друг друга.

Цифровой сигнал с энкодера, после инвертирования, подаётся на вход 8-разрядного микроконтроллера PIC16F887 фирмы Microchip. Микроконтроллер подключен к персональному компьютеру с помощью COM порта, по которому осуществляется передача данных. Преобразование уровней сигналов между контроллером и COM портом осуществляется с помощью специализированной микросхемы MAX232.

В процессе проведения измерения, включение двигателя установки на определённое время осуществляется с помощью реле, подключенного к выходу контроллера. Режимы работы установки отображаются блоком индикации.

Для наладки разработанной системы измерения и программного обеспечения была создана физическая модель машины трения [65,66]. Внешний вид разработанной модели показан на рис. 2.14.

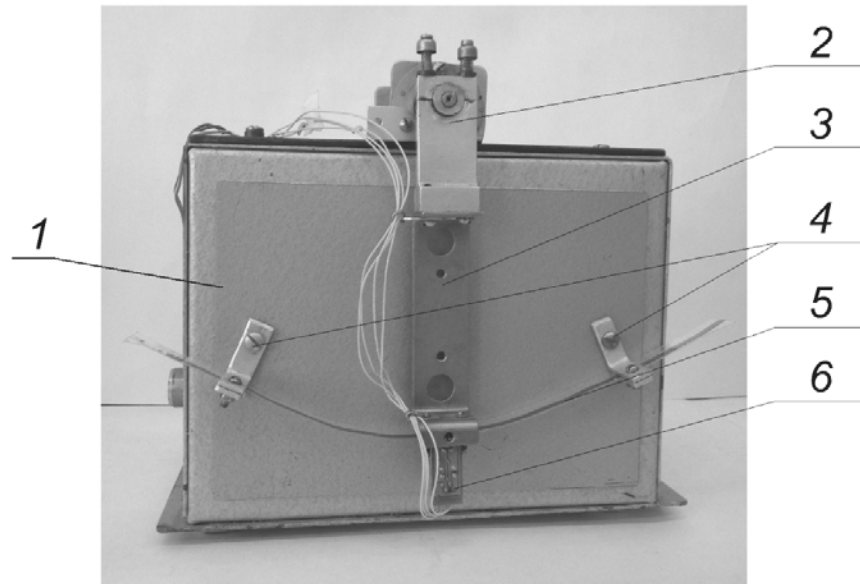


Рисунок 2.14 - Внешний вид разработанной физической модели машины трения

(1 – корпус, 2 - узел трения, 3 – маятник, 4 - узлы крепления, 5 – шкала, 6 - оптический датчик)

Внешний вид физической модели машины трения с установленным датчиком угла поворота маятника промышленного производства показан на рис. 2.15.

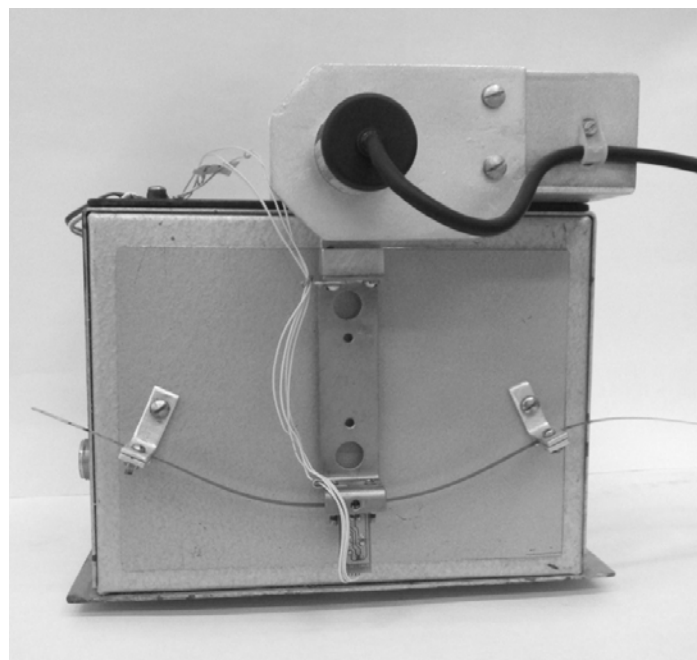


Рисунок 2.15 - Внешний вид разработанной физической модели машины трения с промышленным датчиком

Далее на рис. 2.16 и 2.17 представлены аналогово-цифровой преобразователь сигнала и окно программы управления работой машины трения.



Рисунок 2.16 - Конструкция блока обработки сигналов

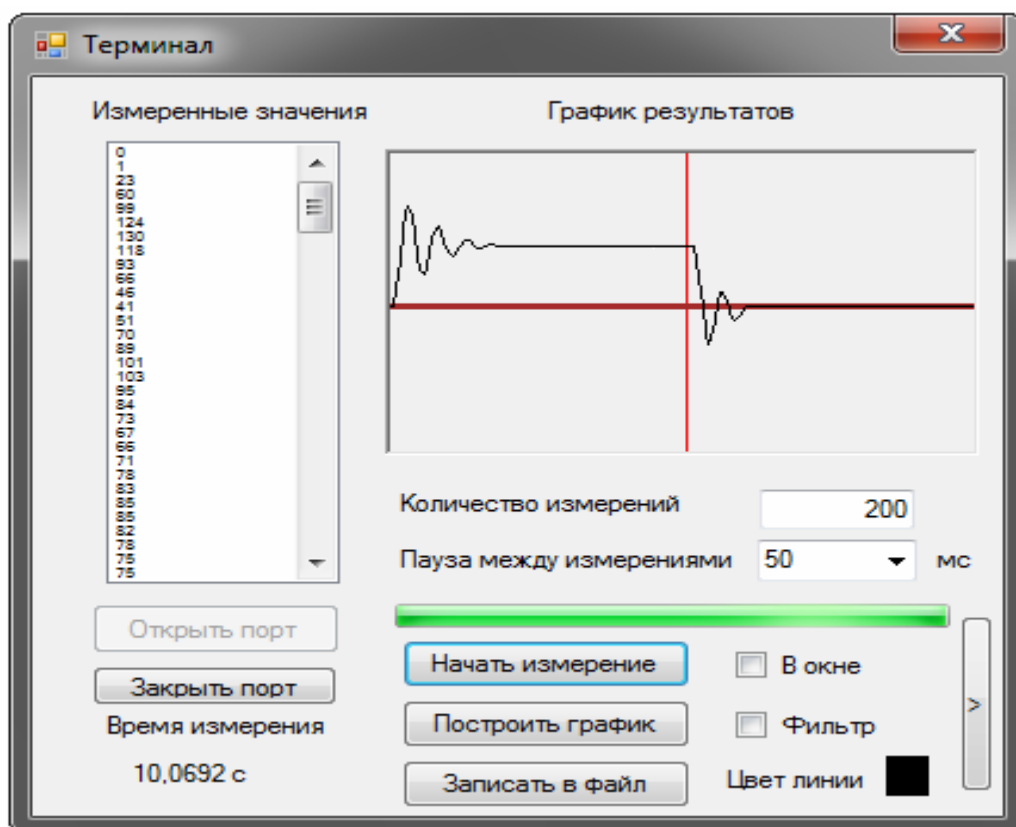


Рисунок 2.17 - Рабочее окно разработанной компьютерной программы

Точность измерений составила 0.36° (с энкодером E30S4-1000-3-1)

2.6. Исследование и проверка работоспособности машины трения

Целью проводимых лабораторных исследований системы измерения является проверка работоспособности в различных режимах работы и получение графиков переходных процессов происходящих при работе машины трения.

Для проведения измерений подключим разработанную систему к датчику угла поворота, расположенную на машине трения, а само устройство к компьютеру с помощью кабеля СОМ порта. Включим питание системы измерения и запустим программу на компьютере.

На рис. 2.18 показан график зависимости выходной величины от времени, полученной с помощью системы измерения с использованием разработанного программного обеспечения.

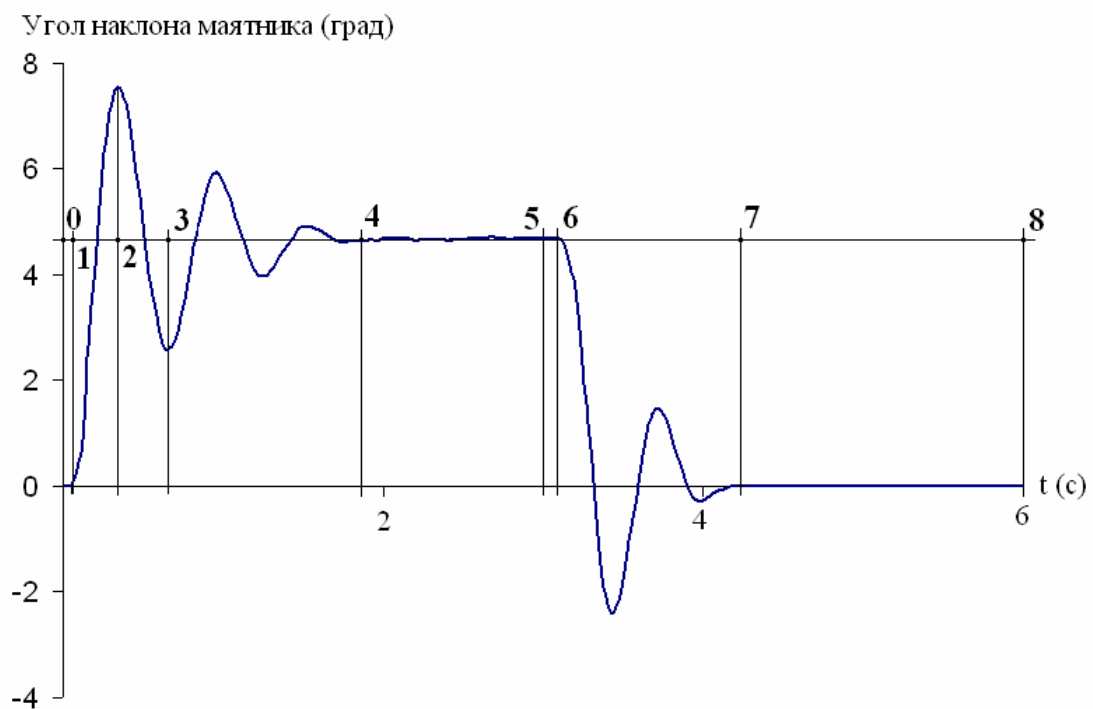


Рисунок 2.18 - График переходного процесса при пуске и останове машины

Для анализа полученных данных, разобьём график на 8 участков:

Участок 0-1 показывает время задержки старта двигателя. Включает в себя время от получения команды на запуск двигателя до начала его вращения.

Участок 1-2 показывает увеличение угла наклона маятника вследствие увеличения силы трения покоя, возникающего в результате адгезии поверхностей и механического сцепления микронеровностей. Угол наклона участка показывает соотношение мощности двигателя с моментом трения и зависит от характеристик смазочной жидкости.

Точка 2 показывает максимальный угол наклона маятника. Характеризует статический момент трения. В данной точке сила трения покоя максимальна. Точка является переходом трения покоя в трение скольжения.

Участок 2-3 Резкое уменьшение угла наклона, вследствие уменьшения силы трения при переходе к трению скольжения.

Участок 2-4 Колебательный процесс, обусловленный параметрами измерительной системы.

Участок 4-5 Установившийся режим, характеризующий силу трения скольжения.

Точка 5 момент выключения двигателя установки.

Участок 5-6 Инерция системы

Участок 6-7 Колебательный процесс при возврате маятника в исходное состояние.

Точка 8 Окончание измерения

2.7. Разработка функциональной схемы измерительной системы основовязальной машины ОВ-160

Принцип работы машин типа ОВ-160 состоит в следующем. Имеются две системы основных нитей: передняя и задняя. Эти нити поступают с навоев в рабочую зону машины, проходя через полые изогнутые трубки, закрепленные в ряд на двух параллельных гребенках - игольницах. Игольницы имеют возможность качания и линейного перемещения друг относительно друга и являются органами петлеобразования. При согласованном движении игольниц, трубки взаимодействуют попарно и образуются петельные ряды, последовательно

на трубках передней и задней игольниц. Между петельными рядами, через два смежных ряда в открытый зев может пробрасываться уточная нить. После сброса петель с трубок формирующееся полотно отводится из рабочей зоны механизмом товароотвода и наматывается на товарный вал. Натяжение систем основных нитей регулируется механизмом отпуска и натяжения основы. В рабочем цикле, нити, сматываясь с навоев, то ослабляются, то подтягиваются к игольницам. Подачу и выборку провисания нитей в цикле выполняет механизм компенсации подачи основы.

Согласованной работой механизмов в цикле управляют кулачки распределительной коробки. Движение на кулачковый вал распределительной коробки передается от электродвигателя через клиноременную и червячную передачи. Для контроля основных нитей установлен основонаблюдатель электрического действия.

На фоне достаточно простой и надёжной конструкции в ней обнаружен недостаточный контроль натяжения нитей в процессе передачи её со сновального вала к вязальному узлу.

Для решения данной задачи машина была представлена в виде черного ящика. Был выявлен выход и параметр, который контролировался в процессе работы. Это натяжение нити.

На следующем этапе моделирования был установлен вход системы (нитенатягивающее устройство) и определен параметр – угол поворота, посредством которого можно осуществлять изменение работы системы.

Далее было проведено моделирование обратной связи между выходом и входом системы и определен регулятор, который позволяет осуществлять обратную отрицательную связь. Это суммирующее устройство.

На основе документации и разработанной модели черного ящика была разработана структурная схема системы измерения и регулирования параметров трения и натяжения нити, рис. 2.19.

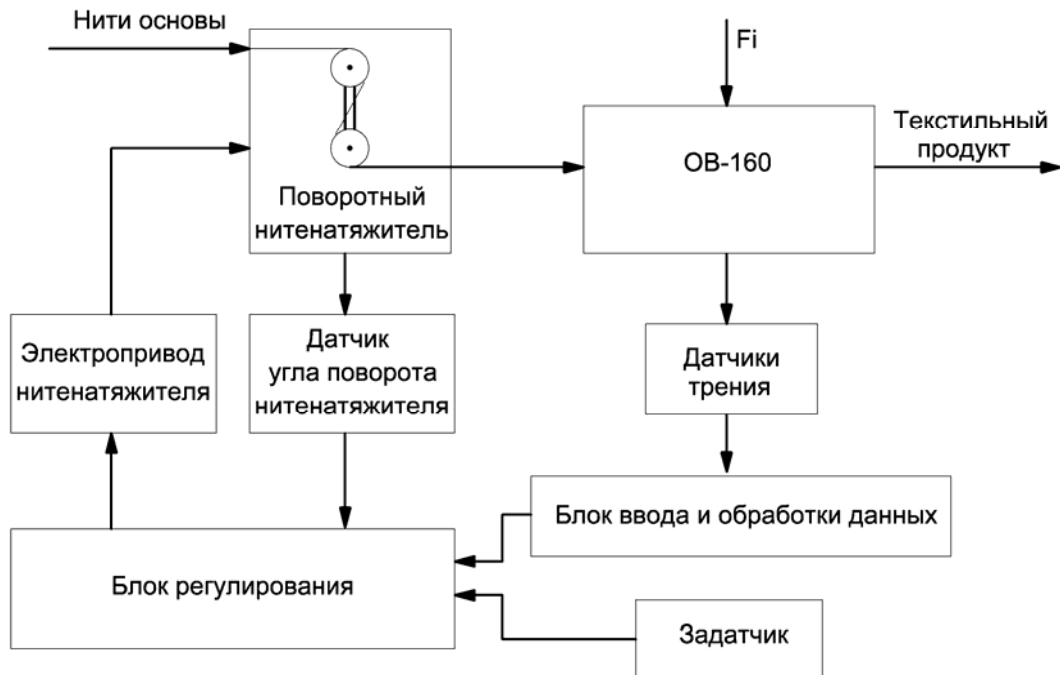


Рисунок 2.19 – Структурная схема системы измерения и контроля

Измерительная система состоит из нескольких трибометров и блока ввода и усреднения поступивших данных. Наиболее оптимальным количеством устанавливаемых трибометров считаем три, т.к. это техническое решение позволяет контролировать параметры нитей в трёх основных частях сновального вала машины (край – центр – край). Блок ввода информации должен иметь возможность работать с теми видами сигналов, с которыми работает датчики трибометров. Если в основе трибометров будут аналоговые датчики, то необходимо предусмотреть функцию оцифровки сигналов перед их обработкой или после.

Если в основе трибометров применены цифровые датчики, то информация с них передаётся непосредственно к цифровому узлу обработки. Средние значения параметров трения поступают на блок регулирования, который на основе этой информации и математического закона регулирования управляет электроприводом нитенатяжителя. Математическая обработка полученной информации может быть проведена микроконтроллером с соответствующим программным обеспечением. Электропривод может быть выполнен на основе электродвигателя постоянного тока с понижающим редуктором или шаговым

двигателем. Второй вариант предпочтительнее, т.к. обеспечивает более точную и быструю установку нитенатяжителя на нужный угол, хотя такой вариант технически сложнее. Контроль реального угла поворота рычажного нитенатяжителя измеряется датчиком угла поворота. В качестве такого датчика для цифровых систем управления наиболее удобен энкодер.

Если необходимо контролировать несколько основывающихся машин, то можно применить систему дистанционной передачи информации о режиме работы машин на удалённый диспетчерский пункт. Для передачи информации возможно применение радиоканала для небольших расстояний или подключение к локальной сети предприятия.

2.8. Выводы по главе

1. На основе метода чёрного ящика, определена функциональная схема измерительной системы контроля трения на трикотажной машине.

2. Разработана имитационная математическая модель маятникового трибометра, позволяющая изучить развитие процесса трения во времени.

3. Получены аппроксимирующие функции трогания и торможения с учётом влияния параметров маятниковой системы.

4. Разработана система измерения для контроля параметров трения, которая в дальнейшем использована для модернизации основывающейся машины ОВ-160. Получен патент на полезную модель №152958: «Устройство для измерения коэффициента трения текстильного материала»;

5. Разработана лабораторная установка для проведения трибологических испытаний в контакте нить-металл, позволяющая проводить проверку работоспособности измерительных устройств.

3. РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ МАШИН ТРЕНИЯ

В ходе работ по решению поставленных задач исследования были разработаны несколько машин трения.

3.1. Оснащение установки маятникового трибометра дифтрансформаторным датчиком

Установка ДМ 28 служит для опытного определения момента трения M_T в подшипниках и определение приведенного коэффициента трения $f_{пр}$. С целью повышения точности, была разработана система измерения [63], структурная схема которой показана на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 - Структурная схема системы измерения параметров трения на основе аналогового датчика

Датчик аналогового сигнала (рис.3.1) служит для преобразования изменения физической величины в изменение напряжения. Входной преобразователь аналогового сигнала согласует напряжения поступающее с датчика в напряжение необходимое для правильной и эффективной работы АЦП. АЦП преобразует входящее в него напряжение в соответствующий ему цифровой код. Преобразователь уровней логических сигналов служит для согласования уровней сигналов АЦП с уровнями сигналов COM порта компьютера. В конструкцию

трибометра были включены датчик угла отклонения маятника, преобразователь сигнала датчика и аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Датчик угла отклонения представляет собой дифференциальный трансформатор, сердечник которого механически соединен с маятником. При изменении угла отклонения маятника, происходит изменение индукционного потока проходящего между первичной и вторичной катушками датчика. При подаче на первичную обмотку датчика переменного напряжения синусоидальной формы с генератора, на выходных катушках изменяется амплитуда и фаза выходного сигнала. С помощью преобразователя сигнала снимается амплитуда и потенциал подается на вход АЦП. В нем происходит оцифровка входного сигнала и ввод полученной информации в компьютер.

Для обеспечения работы устройства была разработана программа на языке Visual Basic, которая позволяет обрабатывать полученную с АЦП информацию, представлять ее в графической форме и производить сохранение в выходной файл для дальнейшей обработки другими программами.

Внешний вид машины трения ДМ-28 с установленной системой измерения показан на рис. 3.2, а внешний вид аналого-цифрового преобразователя на рис. 3.3.

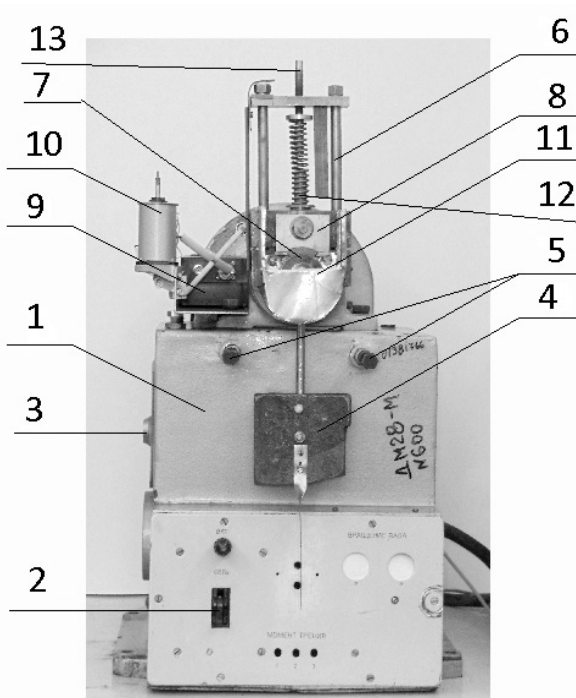


Рисунок 3.2 - Внешний вид маятникового трибометра

Устройство состоит из: 1- корпус, 2 - автомат включения, 3 - кнопка «пуск», 4 - груз маятника, 5 - ограничители движения, 6 - рама нагружающего устройства, 7 - вращающийся диск пары трения, 8 - держатель неподвижного вкладыша пары трения, 9 - нормирующий преобразователь, 10 - датчик угла поворота маятника, 11 - ванна для смазочного материала, 12 - пружина нагружающего устройства, 13 - винт нагружающего устройства.



Рисунок 3.3 – Внешний вид блока аналого-цифрового преобразователя

Внешний вид главного окна разработанной компьютерной программы для осуществления связи и управления аналого-цифровым преобразователем с помощью компьютера показан на рис. 3.4.

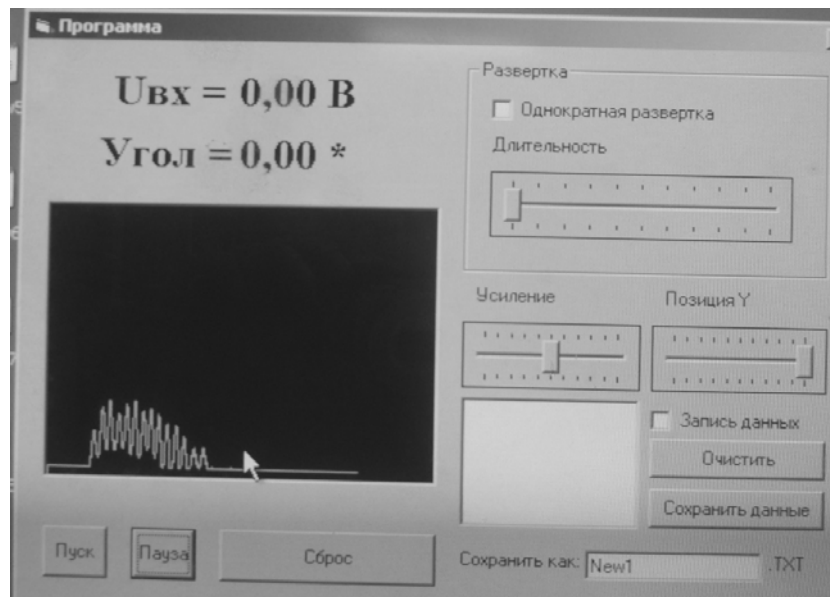


Рисунок 3.4 - Компьютерная программа для осуществления связи и управления аналого-цифровым преобразователем

Точность измерения угла наклона маятника машины составила 0.125° (максимальный угол наклона 32° , АЦП 8бит = 256 значений).

3.2. Испытание смазочных материалов с помощью машины трения ДМ-28 с установленным дифтрансформаторным датчиком

Для обработки результатов испытания, рассчитаем недостающие данные.

Расчет силы приложенной к телу, при различной массе груза:

$$F = m \cdot a \quad (3.1)$$

$$F_1 = 3 \cdot 9.8 = 29.4 \text{ Н} \quad (3.2)$$

$$F_2 = 5 \cdot 9.8 = 49 \text{ Н} \quad (3.3)$$

Получим значение жёсткости пружины k :

Экспериментальным путём получены значения сжатия пружины до 8 и 8.6 мм для грузов 5 и 3 кг соответственно.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_1 - F_2}{X_1 - X_2} = k \quad (3.4)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{49 - 29.4}{8.6 - 8} = 32.667 \quad (3.5)$$

Получим силу реакции опоры: $P = k \cdot X$

Выведем формулу силы трения. Направление распределения сил и геометрический расчёт этих сил для машины трения, показаны на рис. 3.5.

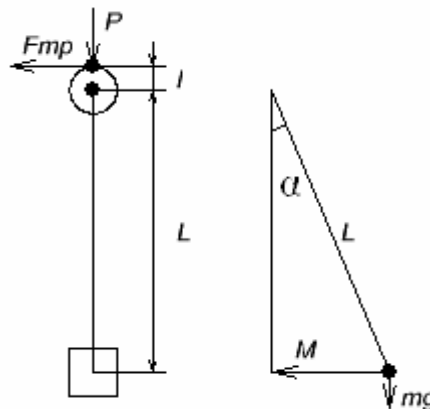


Рисунок 3.5 - Направления распределения сил

Формула зависимости силы трения от коэффициента трения и силы реакции опоры:

$$F_{тр} = \mu \cdot P \quad (3.6)$$

Формула вычисления момента трения для места контакта:

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot l \quad (3.7)$$

Геометрический расчёт момента трения для маятника

$$M_{тр} = mg \cdot L \cdot \sin \alpha \quad (3.8)$$

Приравняв эти два момента, получим:

$$\mu \cdot P \cdot l = mg \cdot L \cdot \sin \alpha \quad (3.9)$$

Отсюда получим коэффициент трения:

$$\mu = \frac{mg \cdot L \cdot \sin \alpha}{P \cdot l} \quad (3.10)$$

Результаты обработки экспериментальных данных приведены в табл.3.1.

Таблица 3.1. Результаты испытаний

СОЖ	Нагрузка мм	Н	Момент трения		Сила трения Н	Коэффициент трения
			угол	Нм		
Витим-2	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	2	0,2135	8,54	0,0523
	10	326,70	4	0,4268	17,07	0,0523
	15	490,05	3	0,3202	12,81	0,0261
Прогресс-13К	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	2	0,2135	8,54	0,0523
	10	326,70	2	0,2135	8,54	0,0261
	15	490,05	3	0,3202	12,81	0,0261
	20	653,40	5	0,5333	21,33	0,0326
ГСВ-1	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	3	0,3202	12,81	0,0784
	10	326,70	3	0,3202	12,81	0,0392
	15	490,05	15	1,5837	63,35	0,1293
Тафал	0	0,00	0	0,0000	0,00	

	5	163,35	3	0,3202	12,81	0,0784
	10	326,70	3	0,3202	12,81	0,0392
	15	490,05	10	1,0625	42,50	0,0867
СП-44	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	4	0,4268	17,07	0,1045
	10	326,70	4	0,4268	17,07	0,0523
	15	490,05	4	0,4268	17,07	0,0348
	20	653,40	15	1,5837	63,35	0,0970
Прессойл	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	3	0,3202	12,81	0,0784
	10	326,70	3	0,3202	12,81	0,0392
	15	490,05	4	0,4268	17,07	0,0348
	20	653,40	8	0,8516	34,06	0,0521
Ивхор	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	3	0,3202	12,81	0,0784
	10	326,70	3	0,3202	12,81	0,0392
	15	490,05	4	0,4268	17,07	0,0348
	20	653,40	20	2,0928	83,71	0,1281
	25	816,75	30	3,0594	122,38	0,1498
Витим-5	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	4	0,4268	17,07	0,1045
	10	326,70	5	0,5333	21,33	0,0653
	15	490,05	25	2,5859	103,44	0,2111
Сульфогал	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	5	0,5333	21,33	0,1306
	10	326,70	5	0,5333	21,33	0,0653
	15	490,05	7	0,7457	29,83	0,0609
Аквахон	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	4	0,4268	17,07	0,1045
	10	326,70	4	0,4268	17,07	0,0523
	15	490,05	5	0,5333	21,33	0,0435
Эмулькат	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	4	0,4268	17,07	0,1045
	10	326,70	4	0,4268	17,07	0,0523
	15	490,05	4	0,4268	17,07	0,0348
	20	653,40	4	0,4268	17,07	0,0261
Эмульсол Т м. А	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	2	0,2135	8,54	0,0523
	10	326,70	3	0,3202	12,81	0,0392
	15	490,05	3	0,3202	12,81	0,0261
	20	653,40	4	0,4268	17,07	0,0261
Ивкат	0	0,00	0	0,0000	0,00	

	5	163,35	3	0,3202	12,81	0,0784
	10	326,70	4	0,4268	17,07	0,0523
	15	490,05	4	0,4268	17,07	0,0348
	20	653,40	25	2,5859	103,44	0,1583
Витим	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	4	0,4268	17,07	0,1045
	10	326,70	5	0,5333	21,33	0,0653
	15	490,05	5	0,5333	21,33	0,0435
Ивхон	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	5	0,5333	21,33	0,1306
	10	326,70	7	0,7457	29,83	0,0913
	15	490,05	30	3,0594	122,38	0,2497
Режущее масло СП- 4	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	6	0,6396	25,58	0,1566
	10	326,70	7	0,7457	29,83	0,0913
	15	490,05	7	0,7457	29,83	0,0609
	20	653,40	10	1,0625	42,50	0,0650
Эфтол	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	6	0,6396	25,58	0,1566
	10	326,70	5	0,5333	21,33	0,0653
	15	490,05	7	0,7457	29,83	0,0609
	20	653,40	30	3,0594	122,38	0,1873
Образец 1	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	5	0,5333	21,33	0,1306
	10	326,70	7	0,7457	29,83	0,0913
	15	490,05	15	1,5837	63,35	0,1293
Образец 2	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	6	0,6396	25,58	0,1566
	10	326,70	7	0,7457	29,83	0,0913
	15	490,05	10	1,0625	42,50	0,0867
Образец 3	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	5	0,5333	21,33	0,1306
	10	326,70	10	1,0625	42,50	0,1301
	15	490,05	20	2,0928	83,71	0,1708
Образец 4	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	5	0,5333	21,33	0,1306
	10	326,70	7	0,7457	29,83	0,0913
	15	490,05	7	0,7457	29,83	0,0609
	20	653,40	20	2,0928	83,71	0,1281
Образец 5	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	4	0,4268	17,07	0,1045

	10	326,70	6	0,6396	25,58	0,0783
	15	490,05	7	0,7457	29,83	0,0609
	20	653,40	25	2,5859	103,44	0,1583
И-40А	0	0,00	0	0,0000	0,00	
	5	163,35	3	0,3202	12,81	0,0784
	10	326,70	4	0,4268	17,07	0,0523
	15	490,05	4	0,4268	17,07	0,0348
	20	653,40	8	0,8516	34,06	0,0521
	25	816,75	6	0,6396	25,58	0,0313

По данным, приведённым в таблице 3.1, построены графики зависимости коэффициента трения от нагрузки, показанные на рис. 3.6 – 3.9.

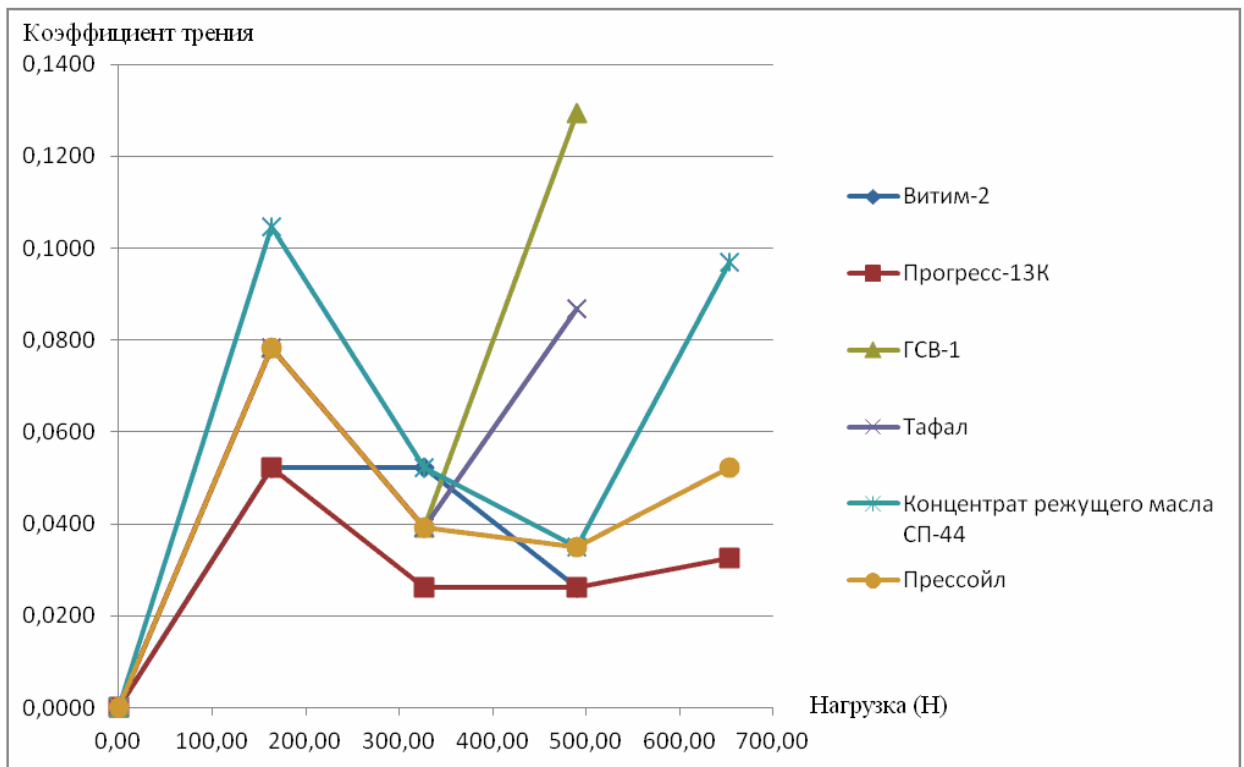


Рисунок 3.6 - Графики зависимости коэффициента трения от нагрузки для первой группы смазочных материалов

На основании полученных результатов (рис.3.6), зависимость коэффициента трения от нагрузки для испытанных составов имеет характерные интервалы, отражающие режим трения. Для всех испытанных смазочных материалов наблюдается гидродинамический режим трения в интервале нагрузок от 0 до

200Н. Для составов Витим-2, Прогресс-13К и Прессоил в интервале от 200Н до 500Н наблюдается режим граничного трения. Для составов ГСВ-1 и Тафол критической нагрузкой является 300Н, после которой идёт сильный окислительный износ. Для составов Витим-2, Прогресс-13К и Прессоил такая критическая нагрузка сдвинута в область 600Н, а для СП-44 – 500Н. Датчик позволяет регистрировать различия в поведении смазочных составов, как в режиме гидродинамического трения, так и в режиме граничного трения.

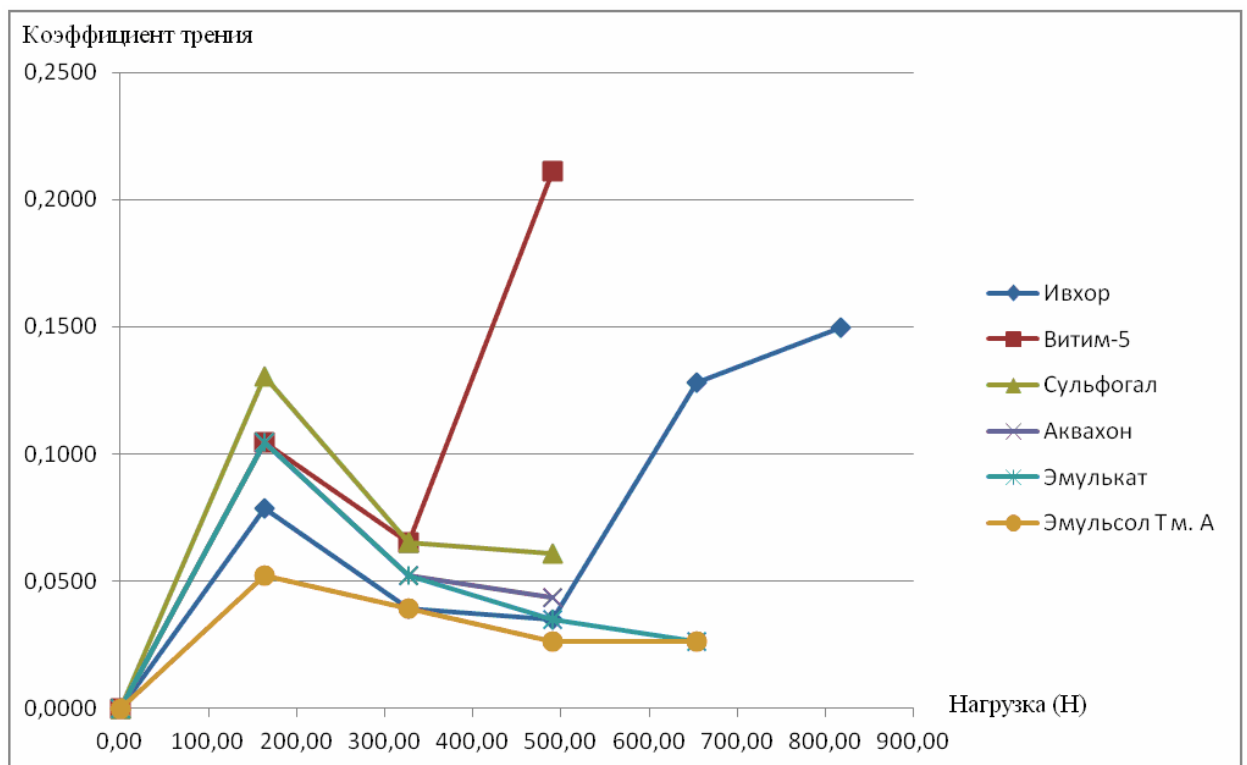


Рисунок 3.7 - Графики зависимости коэффициента трения от нагрузки для второй группы смазочных веществ

На основании полученных результатов (рис.3.7), зависимость коэффициента трения от нагрузки для испытанных составов имеет характерные интервалы, отражающие режим трения. Для всех испытанных смазочных материалов наблюдается гидродинамический режим трения в интервале нагрузок от 0 до 180Н. Для составов Эмулькат и Эмульсол в интервале от 180Н до 600Н наблюдается режим граничного трения. Для составов Сульфогал и Аквахон

режим граничного трения наблюдается в интервале от 180Н до 500Н. Для составов Витим-5 и Ивхор критической нагрузкой является 320Н и 500Н соответственно, после которой идёт сильный окислительный износ. Для остальных составов такая критическая нагрузка сдвинута в область более 600Н.

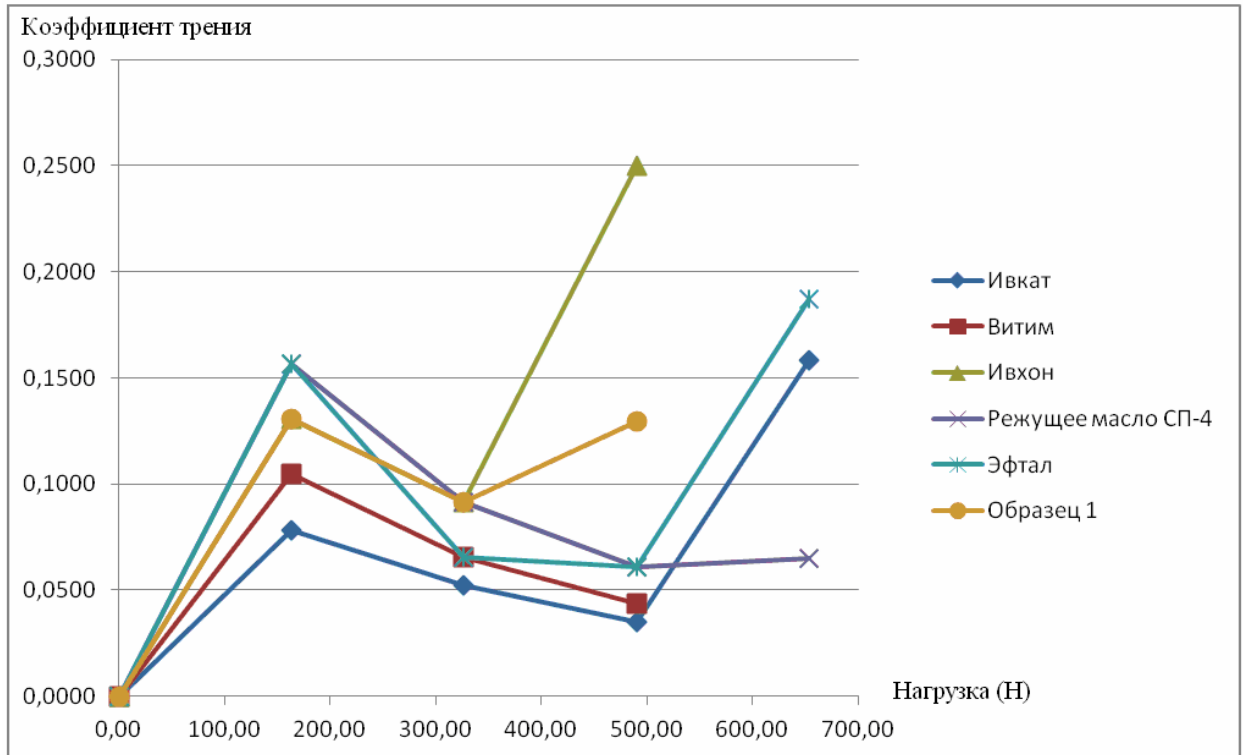


Рисунок 3.8 - Графики зависимости коэффициента трения от нагрузки для третьей группы смазочных веществ

На основании результатов испытаний (рис.3.8), зависимость коэффициента трения от нагрузки для рассмотренных составов так же имеет характерные интервалы, отражающие режим трения. Для всех испытанных смазочных материалов наблюдается гидродинамический режим трения в интервале нагрузок от 0 до 150Н. Для всех составов в интервале от 150Н до 300Н наблюдается режим граничного трения. Для составов Эфтал, Ивкат и Витим режим граничного трения продолжается до 500Н. Для состава Ивхон критической нагрузкой является 320Н, после которой идёт сильный окислительный износ. Для остальных составов такая критическая нагрузка сдвинута в область более 450Н.

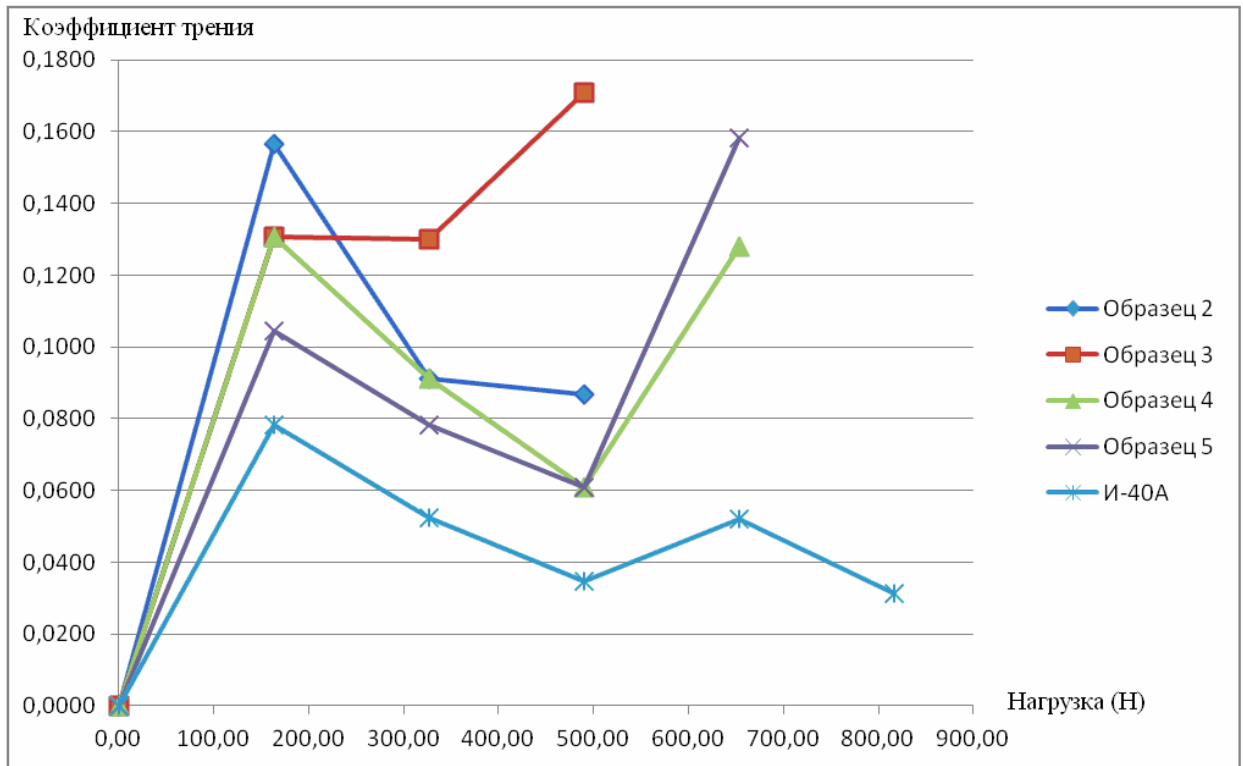


Рисунок 3.9 - Графики зависимости коэффициента трения от нагрузки для четвёртой группы смазочных веществ

Результаты исследования образцов, созданных на основе стеаратов металлов показаны на рис. 3.8 - 3.9. Зависимость коэффициента трения от нагрузки для испытанных составов имеет характерные интервалы, отражающие режим трения. Для всех испытанных смазочных материалов наблюдается гидродинамический режим трения в интервале нагрузок от 0 до 150Н. Для составов Образец 1 и 3 в интервале от 150Н до 300Н наблюдается режим граничного трения, с дальнейшим переходом в режим критической нагрузки. Для составов Образец 2, 4 и 5 критической нагрузкой является 480Н, после которой идёт сильный окислительный износ. Для состава И-40 такая критическая нагрузка сдвинута в область 500Н.

3.3 Оснащение машины трения цифровым датчиком - энкодером

Для проверки цифровой системы измерения в реальных условиях, она была установлена на машину трения ДМ-28 совместно с ранее разработанной системой (рис.3.10) [67].



Рисунок 3.10 - Машина трения ДМ-28 с двумя датчиками

3.4 Испытания смазочных материалов с помощью машины трения ДМ-28 с установленным цифровым датчиком

После проведения успешных испытаний применения цифровых датчиков угла поворота маятника на модели машины трения, была произведена установка энкодера на машину трения ДМ-28.

Результаты испытания дифтрансформаторного и цифрового датчиков показаны в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Результаты исследования машины с установленным
дифтрансформаторным датчиком

Время (минуты) № образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	6,53	6,27	6,19	3,45	6,64	6,73	5,24	4,22	3,79
2	5,81	5,24	5,04	3,79	5,22	5,04	4,64	3,75	3,22
4	5,62	4,84	5,62	4,22	3,95	4,43	3,68	3,22	3,45
6	6,19	5,62	4,84	3,68	3,66	4,22	3,68	3,22	2,99
8	7,25	5,43	4,22	3,22	4,74	4,46	3,45	2,99	3,22
10	8,1	5,04	3,45	3,22	4,22	4,22	3,43	2,74	2,99

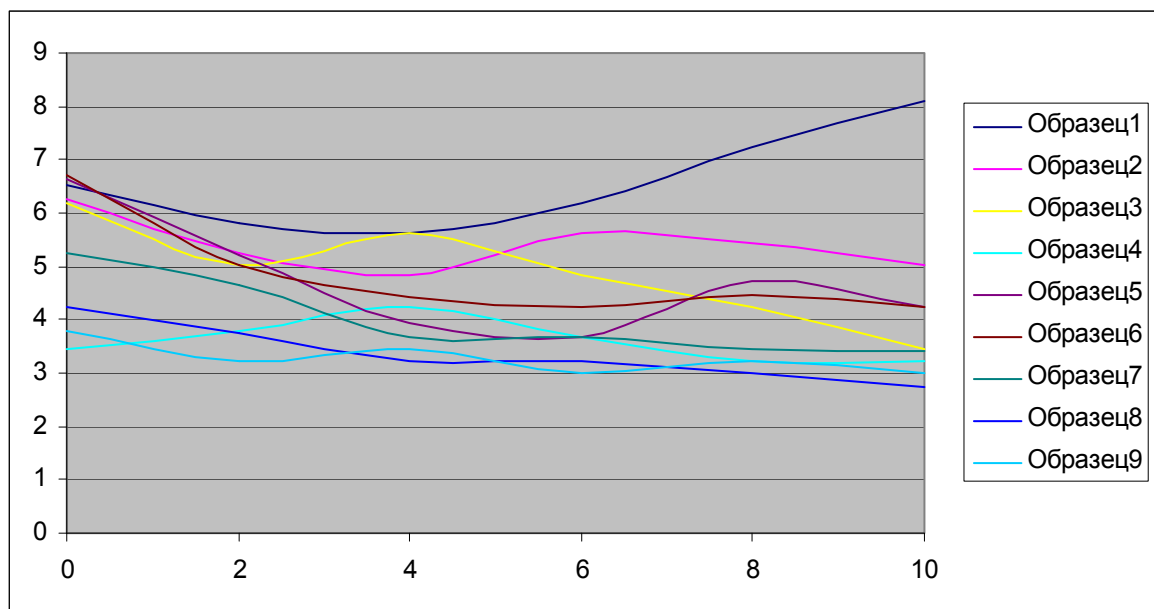


Рисунок 3.11 – Результаты исследования машины с установленным
дифтрансформаторным датчиком

Таблица 3.3 - Результаты исследования машины с установленным с цифровым датчиком

Время (минуты)\ № образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	4,08	7,73	7,88	7,77	5,73	4,88	4,23	5,19	5,69
2	4,08	6,81	6,73	7,35	4,58	4,12	3,73	4,19	4,12
4	3,81	5	6,54	6,46	4,46	3,69	3,77	4,19	4,04
6	3,88	4,88	6,27	5,96	4,38	3,62	4,08	4,23	4,04
8	4	4,73	6,08	5,73	4,35	3,65	4,12	4,35	4,04
10	3,69	4,38	5,85	5,46	4,04	3,62	4,31	4,81	4,08

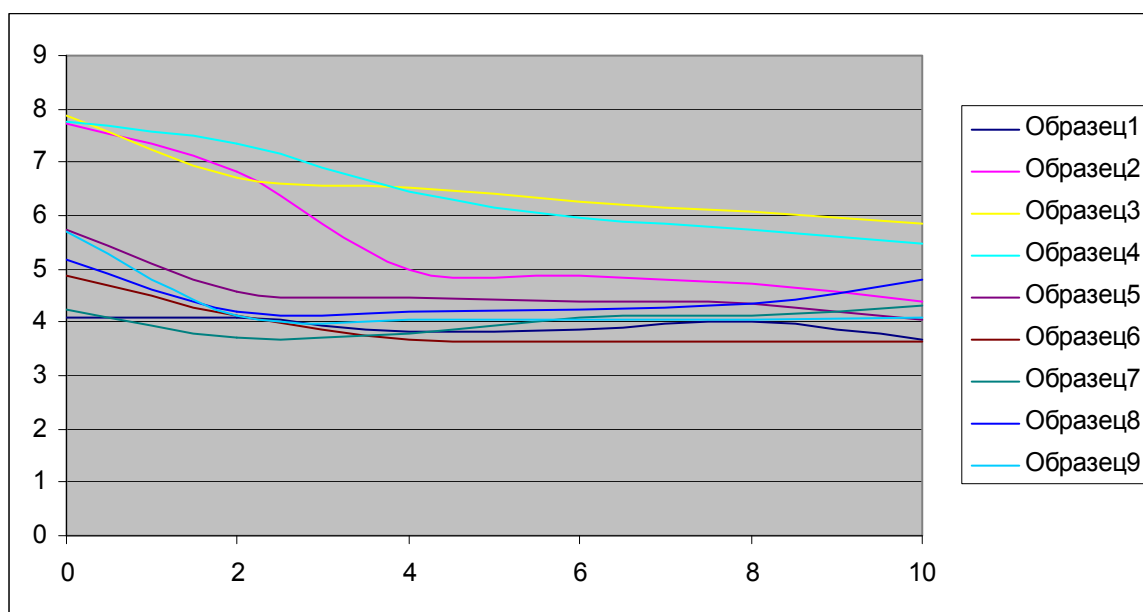


Рисунок 3.12 – Результаты исследования машины с установленным с цифровым датчиком

На графиках (рис. 3.11 - 3.12) представлены результаты исследования смазочных материалов с присадками для парафинирования нитей и приведены их временные характеристики поведения. Наилучшими показателями обладают образцы под номерами 8 и 9. Точность измерений составила 0.1° (Энкодер AUTONICS E40H8-3600-3-N-5).

В процессе проведения испытаний, был замечен колебательный процесс маятника машины трения [68]. На рисунках 3.13 и 3.14 показан фрагмент графика колебания угла наклона маятника машины трения во время испытания смазочных веществ И-20 и И-40 при нагрузке 5Н.

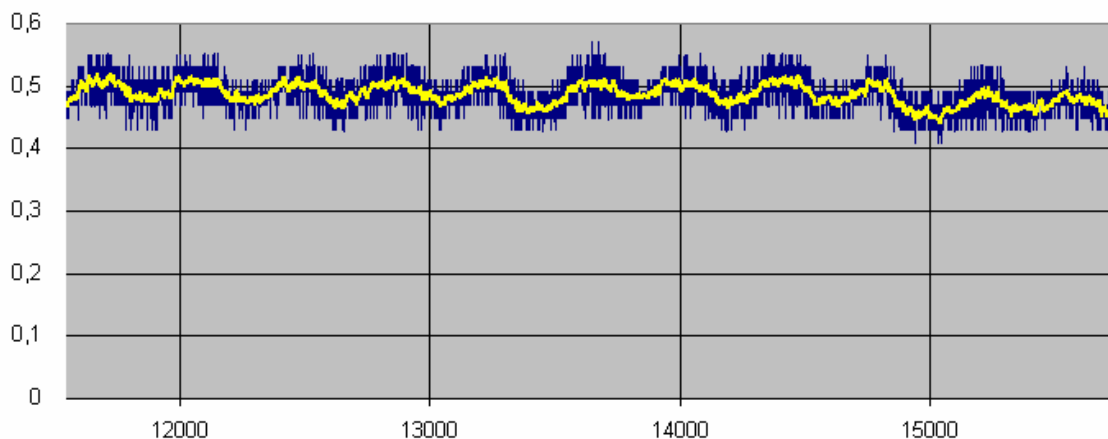


Рисунок 3.13 - Фрагмент графика испытания смазочного вещества И-20

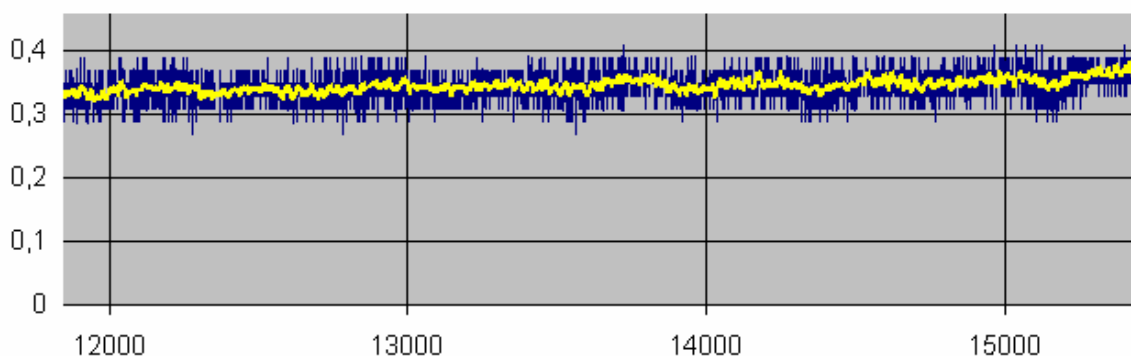


Рисунок 3.14 - Фрагмент графика испытания смазочного вещества И-40

Результаты статистической обработки зависимости размаха обнаруженных колебаний от нагрузки машины для составов И-20 и И-40, показаны на графиках (рис. 3.15). Период колебаний составляет 4 с. Зависимости между видом смазочного вещества и периодом колебаний не обнаружено.

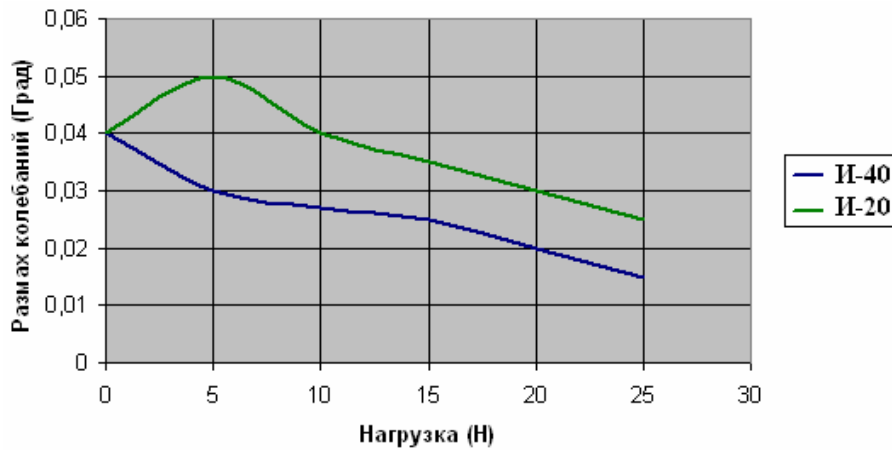


Рисунок 3.15 – График зависимости размаха колебаний от нагрузки

3.5 Выводы по главе

1. Маятниковый трибометр с установленным трансформаторным датчиком позволяет измерять момент трения в интервале нагрузок от 0 до 900Н.

2. Чувствительность дифтрансформаторного датчика составляет 0.125° . Максимальный момент соответствует отклонению в 32° .

3. Выявлена зависимость коэффициента трения для смазочных материалов от нагрузки, которая позволяет рекомендовать к использованию жидкости на гликолевой основе, содержащие в составе стеараты металлов переходных групп.

4. Опыт использования устройств регистрации момента на основе дифтрансформаторного датчика выявил недостатки:

- происходит дрейф нуля измерительной шкалы;
- выявлена нелинейность показаний по углу отклонения маятника;
- наблюдается эффект обратного влияния механизма датчика на измерительный узел.

5. Маятниковый трибометр с цифровым датчиком позволяет устранить недостатки, указанные в пункте 4.

6. Маятниковый трибометр с цифровым датчиком позволяет измерять в интервале от 0 до 900Н и имеет точность измерения 0.1° .

7. Программное обеспечение маятникового трибометра позволяет регистрировать статический момент трения (в момент пуска установки), динамический момент трения, а так же выявлять собственные частоты колебаний устройства измерения на основании которой, можно рекомендовать испытываемые устройства за пределами критических скоростей.

8. В процессе проведения испытаний, был замечен колебательный процесс маятника машины трения. Период колебаний составляет 4 с.

4. ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА НИТЕПОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ И СНИЖЕНИЕ ТРЕНИЯ ЗА СЧЕТ СМАЗЫВАНИЯ

4.1. Выбор технологического перехода для нанесения смазочного материала

Ранее было обосновано применение парафиновых составов для снижения трения и стабилизации натяжения при выработке трикотажных полотен.

Технологические переходы производства трикотажного полотна следующие: контроль качества сырья, расфасовка сырья, перемотка пряжи, снование нитей, вязание полотна, сортировка сурового полотна, маркировка полотна, комплектование партии (рис.4.1).



Рис. 4.1 - Технологические переходы производства трикотажного полотна

Контроль качества сырья. Сырье, поступившее на склад предприятия, испытывается в лаборатории для определения физико-механических показателей. Испытания проводятся в соответствии с действующей нормативно-технической документацией. Согласно этой документации сырье также хранится на складе предприятия.

Расфасовка сырья. Сырье, прошедшее контроль, по партиям и сортам поступает в цеховые склады в ящиках, коробках или другой таре. От склада предприятия до цехового склада сырье транспортируется на электрокарах с платформой с бортами, тележках или другими средствами.

Перемотка пряжи. Пряжа на початках подается на мотальные машины партионно. Мотальные машины для улучшения качества намотки должны быть оснащены приспособлениями для парафинирования, контрольными ножами, узловязателями. Контрольные ножи должны быть установлены так, чтобы размер щели между ними составлял 2-2,5 диаметра пряжи. Размер щели контролируется помощником мастера или технологом цеха с помощью щупа при каждой перезаправке машины на пряжу другой линейной плотности. В процессе перематывания концы нитей должны быть связаны ткацким узлом. Допускается применение узловязателя, номер которого обеспечивает минимальную длину концов нитей в узле.

Снование нитей. Сырье на сновальные машины подается партионно. Нити основы для машин рашель и рашель-вертелка готовятся на ленточных сновальных машинах, для машин вертелка - на секционных сновальных машинах. На сновальном участке, как и на мотальном, необходимо поддерживать температуру воздуха 22°C и относительную влажность 62%.

На шпулярнике сновальной машины должны быть установлены нитенатяжные приборы одного вида и нитенаправляющая гарнитура, выполненная из металлокерамики или фарфора. Линейная скорость движения нити при сновании на секционных сновальных машинах должна быть постоянной. Выравнивание скорости осуществляется автоматически механизмом, установленным на сновальной машине. Отклонение линейной скорости не должно превышать $\pm 12\%$. Длина нити на катушках устанавливается по метражному счетчику и счетчику числа оборотов. Проверку натяжения следует проводить на нитях, сматываемых с паковок, установленных в контрольных точках шпулярника. Контрольными точками в каждом ярусе считаются первые

две-три паковки, установленные сразу после автоматических наблюдателей и направляющих гребней на шпулярнике.

Для ликвидации статического электричества над нитями, на расстоянии 3-5 см от них, после распределительной и направляющей гребенок устанавливаются два электрических или радио-изотопных нейтрализатора. Машина, шпулярник и все ее гребенки должны быть заземлены. Капроновые нити должны сноваться на упрочненные секционные катушки. Наснованные на катушки нити должны быть обернуты полиэтиленовой пленкой или бумагой. Съем катушек со сновальной машины желателен механизировать и проводить без ударов во избежание нарушения параллельности намотки нитей.

Основу составляют из нитей одной партии, наснованных на одной и той же сновальной машине. Каждую основу сопровождают паспортом, в котором указывают номер сновальной машины, линейную плотность нитей, число нитей в основе, длину основы в метрах и дату снования. Основы должны храниться в помещении, имеющем нормальные климатические условия.

Вискозные, ацетатные, капроновые нити и хлопчатобумажная пряжа в процессе снования могут подвергаться эмульсированию. Количество наносимой эмульсии должно составлять до 4 % массы нитей.

При комплектовании навоя из секционных катушек пользуются тележкой-домкратом, на которой навои транспортируются в горизонтальном положении. В этом же положении навои устанавливаются на вязальные машины с помощью тележки-домкрата. Транспортировка, установка и съем основ могут осуществляться электротельферами. Допускается и другой способ комплектования, транспортировки, установки и съема основ.

Вязание полотна. Полотно вяжется на машине по заправочным данным. Контроль за качеством полотна в процессе вязания осуществляется в течение всей смены вязальщицей и помощником мастера. В обязанность помощника мастера и технолога цеха включается ежедневная проверка плотности вязания полотна на машине и длины нити в петле. На машинах рашель и рашель-вертелка проводится

ежесменно проверка уработки нитей. Плотность вязания полотна измеряется на машине на расстоянии 10 см от игольницы или на товарном валу.

Чтобы избежать перекоса полотна при сшивании его в трубку, вязальщица должна наносить метки на кромках смывающейся краской через каждые 1,5-10 м. Расстояние между метками устанавливают в зависимости от вида переплетения и структуры полотна.

Особое внимание при смене навоя необходимо уделять заправке нитей в распределительную гребенку и правильному распределению нитей на скало около кронштейнов. Куски или рулоны полотна из нитей одной линейной плотности набираются одинаковой массы с отклонениями не превышающими $\pm 5\%$. В вязальном цехе следует поддерживать постоянными атмосферные условия: температуру воздуха 22°C и относительную влажность 62%.

Сортировка полотна. После вязания полотна осуществляется стопроцентная или выборочная сортировка кусков на браковочной машине. Полотно, накатанное в рулоны большой массы, подвергается сортировке только в отделанном виде. Допускается не выполнять сортировку сурового полотна.

Маркировка полотна. Маркируют полотно клеймением штампами, карандашом с краской или вышивкой с обозначением на обоих концах куска следующих данных: артикула полотна, номера куска, массы куска. Допускается в маркировку вносить и другие реквизиты.

Комплектование партии. Партии полотна комплектуют на участке сортировки сурового полотна. В партию подбирают куски или рулоны одного артикула, выработанные из нитей одной партии. Кусок основовязаного полотна представляет собой полотно, сложенное «в книжку» в развернутом или сдвоенном виде. Скомплектованную партию отправляют на дальнейшую обработку в сопровождении маршрутного листа или другой документации с указанием артикула полотна, числа и номера кусков, фактической и кондиционной массы.

4.2 Технологические характеристики мотального оборудования

При выборе типа мотального оборудования определяющими факторами являются [2][3]:

- вид и линейная плотность перематываемой пряжи;
- вид входящей паковки;
- требующаяся форма выходной паковки.

Кроме того, необходимо учитывать возможность получения на принятом оборудовании технологических параметров (скорость перематывания, плотность намотки), рекомендуемых нормативами.

Для перематывания основной и уточной хлопчатобумажной пряжи с прядильных початков в конусные бобины крестовой намотки для ткацкого производства широко используют мотальные машины М-150-2. Для перематывания хлопчатобумажной пряжи с прядильных початков в цилиндрические бобины крестовой мягкой намотки с перфорированным патроном (для процесса крашения) используют мотальные машины ММ-150-2 - двусторонние, с постоянной линейной скоростью перематывания, оборудованы автоматизированным останом для выключения отдельных веретен при обрывах и сходе нити с входной паковки. Раскладка нити осуществляется прорезным барабанчиком.

Наряду с мотальными машинами в хлопчатобумажной промышленности используют крестомотальные автоматы. В мотальных автоматах ряд операций выполняется автоматически специальными механизмами. К этим операциям относятся: смена початка, отыскивание концов нити на початке и бобине, связывание узла. Применение мотальных автоматов дает большой экономический эффект. При работе на мотальных машинах затраты времени мотальщицы на один початок составляют 10-12с, при работе на мотальном автомате 4-4,5с, в результате чего производительность труда мотальщицы повышается. Кроме того, применение мотальных автоматов улучшает условия труда и обеспечивает

высокое качество связанных узлов, что благоприятно отражается на обрывности в ткачестве.

Например, мотальный автомат АМК-150-1 предназначен для перематывания х/б и шерстяной пряжи (в чистом виде и в смеси с химическими волокнами), а также пряжи из химических штапельных волокон с прядильных початков в конусные бобины. В этом автомате мотальные головки движутся по замкнутому пути и последовательно подходят к неподвижной узловязально-перезаправочной станции. Мотальный автомат состоит из центральной части, мотальных головок, узловязально-перезаправочной станции, конвейера и вентиляционной установки.

Мотальная головка оборудована механизмами и устройствами, необходимыми для процесса перематывания. Она состоит из початкодержателя, баллоногасителя, зажимного устройства, нитенатяжителя, нитеочистителя, нитенаблюдателя, мотального барабанчика, веретена, устройства для установки требуемого диаметра бобины, системы управления и сигнализации.

Автоматизированы следующие операции: смена шпули, отыскивание конца оборвавшейся нити на бобине, связывание узла и транспортировка пустых шпуль. Не автоматизированы следующие операции: нахождение нити на шпуле и снятие подмота, зарядка магазина шпулями, заправка конца нити со шпули во всасывающее сопло, снятие полных бобин и укладывание их в ящик, надевание пустых патронов на веретено и пуск мотальной головки.

Мотальный автомат Аутосук имеет индивидуальное узловязально-перезаправочное устройство на каждой мотальной головке, что обеспечивает максимальное сокращение простоев при ликвидации обрывов нити или смене доработанного початка. Автомат предназначен для перематывания пряжи и нитей из натуральных и химических волокон в бобины крестовой намотки. Автомат двусторонний на 32 мотальные головки, высота намотки составляет 150мм, диаметр бобины 280мм.

Мотальная головка при обрыве нити автоматически прекращает наматывание, находит концы нити и связывает их, при срабатывании початка

выбрасывает пустой патрон на конвейер, заменяет его новым початком, установленным в магазин работницей, и связывает концы нитей. При обрыве нити в зоне узловязателя недоработанный початок сбрасывается на конвейер. Головка сама контролирует качество связанного узла. На каждой головке установлено устройство для чистки механизмов. Работница заряжает магазин початками и подводит концы к всасывающей трубе.

Перечень операций, выполняемых при обслуживании мотальных машин и автоматов вручную(-) и автоматически(+) показан в табл. 4.1.

Таблица 4.1 - Перечень операций, выполняемых при обслуживании мотальных машин

Операция	М-150-2	ММ-150-2	АМК-150	Аутосук
Наматывание пряжи на бобины	+	+	+	+
Отыскание концов нитей на бобине и початке и подача их в узловязатель	-	-	+	+
Связывание концов нитей с початка и бобины самозатягивающимся узлом	-	-	+	+
Сбрасывание пустых, шпуль	-	-	+	+
Подача новых початков	-	-	+	+
Пуск мотальной головки после связывания концов нитей	-	-	+	+
Останов мотальной головки при обрыве или сходе нити с входной паковки	+	+	+	+
Останов мотальной головки при наработке бобины заданного диаметра	+	+	+	+
Съем наработанных бобин и заправка концов	-	-	-	-
Сбор отходов пряжи	-	-	+	+

Ведущим иностранным производителем высокоскоростных машин для прецизионной крестовой и параллельной намотки (автоматической и ручной/полуавтоматической) различных типов нитей (пряжи) является фирма Georg Salm GmbH & Co. KG (Eschwege, Германия). Фирма в настоящее время входит в мировую машиностроительную компанию Starlinger Group (Вена, Австрия). Фирма производит высокоточные, высокопроизводительные мотальные автоматы для различной намотки [4]. Рассмотрим некоторые из них.

Мотальная машина Salm 262XE предназначена для высокоточной крестовой намотки плоских и крученых мультифиламентных нитей. Линейная плотность наматываемых нитей составляет до 30000 ден, максимальная скорость намотки - 500 м/мин, диаметр паковки - 320 мм, натяжение пряжи - 1200 сН. Основные преимущества данного процесса: высокое качество паковок; электронный ввод всех параметров намотки; определение установленного объема пряжи и останов машины осуществляется с помощью оптического устройства; точная размотка с подаваемой паковки осуществляется благодаря регулируемому дисковому тормозу. Система управления процессом намотки - интерфейс PMS.

Автоматическая высокоточная машина [5] Twinstar 11 360XE Tape, предназначенная для крестовой намотки плоских и фибриллированных лент, нитей для искусственной травы, моно- и многофиламентных нитей. Линейная плотность наматываемых нитей (лент) составляет от 150 до 20000 дтекс, максимальная скорость намотки - 600 м/мин, максимальный диаметр намотки 320 мм, длина раскладки 250 или 300 мм, максимальный внутренний диаметр патрона - 73, 82,55 или 90 мм, длина патрона - 290 или 330 мм.

Особенностями процесса намотки является быстрая и эффективная (без отходов и простоев) смена бобин, которая обеспечивается благодаря электронному вводу данных всех параметров намотки. Автоматическая смена бобин происходит при достижении одного из критериев намотки: длина пряжи, время намотки, вес паковки, диаметр паковки, периодический цикл или внешний сигнал. Регулируется запас пряжи с минимальным остатком при смене бобины. При этом обеспечивается безопасность в обслуживании - пряжа (нить)

подхватывается и отрезается с задней стороны бобины. Управление процессом намотки осуществляется через интерфейс DCS. Мотальный автомат Twinstar 11 360XE Tare рекомендуется для экономичного процесса намотки при использовании стандартных патронов.

Кроме того, компания Georg Salm предлагает высокопроизводительные машины Twinstar 11 360/380/362/382XE для крестовой намотки различных типов пряжи, мультифиламентных нитей с покрытием или кручением. Основные технические характеристики этих машин и параметры процесса намотки приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 технические характеристики машин Twinstar 11 360/380/362/382XE

Показатели	360XE	380XE	362XE	382XE
Линейная плотность нити, дтекс	150-20000			
Максимальная скорость, м/мин	800	1500	800	1500
Длина раскладки, мм	190,200,250,260 или 300			
Максимальный диаметр намотки, мм	320			
Диаметр патрона, мм	82,55 или 94	76,2; 82,55 или 94		82,55 или 94
Длина патрона, мм	216, 230, 290 или 330			

Особенности и преимущества процесса намотки на машинах Twinstar 11 360/380/362/382XE в основном аналогичны с характеристиками для мотального автомата Twinstar 11 360XE Tare. Для параллельной намотки на катушки мультифиламентных нитей с покрытием или кручением, фасонной и других типов пряжи предлагаются мотальные автоматы Salm 700/750XE. Линейная плотность наматываемых нитей (пряжи) составляет от 1100 до 30000 дтекс, а максимальный диаметр намотки — 355 мм. Процесс намотки осуществляется с максимальной скоростью 300 м/мин. Преимуществами этого процесса является также быстрая и эффективная смена продукции, благодаря электронному вводу всех параметров намотки.

Для малых предприятий компания предлагает компактные портативные мотальные машины. Например, мотальная машина G-S имеет три скоростных режима, оснащена системами автоматической остановки мотора при обрыве нити или при достижении необходимого объема пряжи. Предусмотрена возможность механической регулировки плотности намотки и автоматического парафинирования пряжи. То есть, в портативной мотальной машине сохранены основные функции полногабаритного мотального оборудования.

Примером современных импортных мотальных машин можно считать машины фирмы Gorteks(Турция) [6]. В модельном ряду фирмы представлен широкий ассортимент мотальных машин как конической, так и цилиндрической намотки; в наличии имеются как портативные, так и 2,4,6-головочные машины.

Для примера рассмотрим двухголовочную мотальную машину FSM-04-2. Её основное назначение, это перемотка пряжи и нитей с бобины на бобину (конические и цилиндрические). На трикотажных предприятиях перемотка пряжи необходима в трех случаях: если пряжа изначально намотана не качественно, для намотки остатков с нескольких бобин на одну, для автоматического парафинирования пряжи (машина снабжена блоком парафинирования).

Данная машина имеет 2 перемоточные линии (головы), каждая из которых оснащена своим электродвигателем: 0,08 кВт 1400 об/мин. В данной машине возможна регулировка скорости перемотки (механическая, ременная, 3 скоростных режима). Длина барабана составляет: 6, 8 или 10 дюймов (в зависимости от комплектации). Максимальный диаметр намотки: 380 мм, а производительность: до 900 м/мин. Машина оснащена системой автоматической остановки при обрыве нити, независимо для каждой головы, а так же механической регулировкой натяжения нити и плотности намотки, так же независимой для каждой головы. В машину встроена функция автоматического парафинирования и очистки пряжи. Внешний вид машин показан на рис. 4.2.



Рисунок 4.2 - Мотальные машины фирмы Gorteks: FSM-04-2 и FSM-04-6

4.3 Технологические характеристики сновального оборудования

Сновальная машина - машина выполняющая навивку нитей основы с однониточной паковки - бобины - на многониточную паковку - сновальный валик, равномерно распределяя нить по ширине паковки.

Рассмотрим особенности процесса и способы снования. На производстве в зависимости от вида пряжи и принятой технологии, снование осуществляется тремя способами: ленточным, секционным и партионным.

Сущность ленточного способа снования заключается в том, что основа отдельными лентами последовательно навивается на сновальный барабан и затем все ленты одновременно перевиваются на ткацкий навой. При ленточном сновании нити основы навиваются на скелетный барабан ленточной сновальной машины последовательно лентами. Ленточное снование менее производительное, так как состоит из двух операций: последовательного навивания всех лент на скелетный барабан и перематывания их всех вместе с барабана на ткацкий навой. Кроме того, ленточное снование осуществляется с меньшими скоростями.

Ленточное снование применяют в шелковом, суконном производствах, при переработке химических волокон, а также при подготовке сложных по рисунку цветных основ.

Сущность секционного способа снования заключается в том, что общее число основных нитей разделяется на части и каждая часть навивается на отдельную катушку. Катушку с намотанной лентой называют секцией. Этот метод снования, не получивший распространения в ткачестве вследствие низкой производительности, широко применяется при подготовке основ в основязальном производстве трикотажной промышленности, где основа образуется в результате установки нескольких сновальных валов на один общий вал.

Сущность партионного способа снования заключается в навивании общего числа нитей на отдельные сновальные валы, составляющие партию. При партионном способе снования на сновальный вал навивается только часть нитей основы, необходимых для формирования навоя.

Партионные сновальные машины предназначены для снования нитей с бобин на сновальные валы при большой скорости. При работе на этих машинах каждая нить с соответствующей бобины проходит через глазок нитепроводника, нитенатяжитель и ряд нитенаправителей, которые поддерживают ее и отделяют от соседних нитей. Затем она направляется в крючок самоостанова машины при обрыве нити (сигнальную рамку). Крючок удерживает нить в поднятом положении, а при ее обрыве опускается и замыкает электроцепь, в результате чего машина останавливается. За сновальной рамкой нити в определенном порядке проходят между стеклянными направляющими прутками через раздвижной зигзагообразный рядок, огибают мерильный вал и поступают на сновальный вал.

Сновальный вал получает движение от электродвигателя постоянного тока через муфту, коробку скоростей на два диапазона и клиноременную передачу. По мере увеличения диаметра намотки нитей на сновальный вал, укатывающий вал перемещается и через связанную с ним ползушку изменяет частоту вращения сновального вала, что обеспечивает постоянство заданной линейной скорости

снования. Независимая тормозная система для сновального, укатывающего и мерильного валов, применяемая на машине, позволяет производить быстрый останов машины при обрыве нити.

Среди сновальных машин, используемых в основовязальном производстве, к наиболее эффективным относятся секционные машины, оборудованные устройствами для контроля натяжения нитей, сопряженными с автоматическими остановами, а также устройствами, обеспечивающими постоянство линейной скорости сновки, устройством для обратной отмотки основы в случае прохода конца нити на катушку, устройством для эмульсирования (замасливания) нитей при сновке или обработке антистатиками, особенно нитей без крутки или очень малой крутки (порядка 20 - 40 кр/м), приспособлениями для фотоэлектрического контроля дефектов нити.

Интересны следующие сновальные машины. Машина Mammut фирмы Liba для сновки на катушки диаметром 30 дюймов (762 мм) и длиной до 50 дюймов (1270 мм) или на две секционные катушки по 21 дюйму длины имеет все перечисленные выше устройства, повышающие эффективность ее использования.

На машине SM 21 фирмы Karl Mayer, предназначенной для сновки на катушки диаметром 21 дюйм (530 мм) и длиной 21 дюйм (530 мм), длина нити в основе достигает 30 000 м (при числе нитей 570), и катушка насновывается за 2 ч (при весе 74 кг). Машина оснащена следующими приспособлениями: высокочастотным ионизатором; замасливателем нити, отключающимся при останове машины; фотоэлектрическим наблюдателем основы и приспособлением для отмотки с катушки 10 м основы при ликвидации обрыва нити. Имеется магазинный шпулярник на 1200 бобин.

Следует отметить специальную секционно-сновальную машину типа «Expander» 19E фирмы Liba, предназначенную для сновки синтетических эластичных нитей всех видов. Особенностью этой машины является возможность сновки нитей с минимальным (близким к нулю) или очень малым заданным натяжением. Натяжение всех нитей регулируется электронным устройством, которое при постоянной скорости принудительной подачи нитей с бобин и

постоянной скорости сновки точно обеспечивает одинаковую длину всех нитей в основе. Особый шпулярник обеспечивает размотку нитей с бобин путем их вращения с постоянной окружной скоростью, которую можно изменять в пределах от 50 до 150 м/мин. Нити везде проходят только по вращающимся нитепроводящим приспособлениям почти без трения и поэтому без возникновения статического электричества.

Скорость вращения секционной катушки непрерывно контролируется электронным устройством и поэтому во время сновки линейная скорость нити сохраняется постоянной независимо от увеличивающегося диаметра по месту наснованных на катушку нитей. При этом не происходит изменений в натяжении нитей.

Рассмотрим основные направления развития сновальных машин: повышение их надежности, сокращение времени останова и достижение синхронного останова сновальных валов, увеличение вместимости ставки и массы пряжи на сновальных валах, дальнейшая механизация и автоматизация ручных операций и компьютеризация сновальных машин.

Нарушения основы на сновальном валу могут существенно снизить производительность труда и принести в итоге большие потери. Один из недостатков современных высокоскоростных машин заключается в том, что при обрыве нити конец ее наматывается на сновальный вал. При этом сновальщица теряет много времени на нахождение конца нити и одновременно нарушает структуру намотки на валу.

Поэтому на сновальных машинах зарубежных фирм «Шляфгорст» (Германия) и «Беннингер» (Швейцария) время торможения 0,16-0,21 с. Аналогичный период останова машины гарантируется техническими условиями на сновальную машину СП-140-3. При столь малом времени торможения тормозной путь сократится до 2,7-3,5 м при скорости снования 1000 м/мин.

Учитывая, что расстояние от шпулярника до сновального вала составляет около 4 м, можно гарантировать нахождение конца оборванной нити на

поверхности сновального вала. Наладка тормозной системы машины на такой ритм торможения не должна вызывать поломки или разладки машины.

Следовательно, обеспечение условия быстрого останова машины связано с условием высокой надежности работы машины. Для останова машины при обрыве нити необходим сигнал об обрыве. На машинах для этого использована электромеханическая система сигнализации. Надежность ее работы нарушается чаще всего в результате засорения сигнальных крючков. Во избежание засорения сигнальных крючков на всех машинах устанавливают системы пылеудаления. Эти системы одновременно исключают засорение нитенатяжителей и предотвращают навивку на вал нитей без натяжения.

Примером механизации ручных операций могут служить тележки с бобинами, которые по транспортеру подаются внутрь рамы шпулярника. Дальнейшую автоматизацию связывания нитей при смене бобин осуществила фирма «Шляфгорст», установив на шпулярнике узловязальную систему. После установки новых бобин система связывает концы нитей с бобин с концами нитей от прежней ставки.

4.4. Разработка машины трения для исследования процесса трения нитей

Для лабораторного исследования процессов происходящих при трении текстильных материалов и элементов технологического оборудования в присутствии различных смазывающих химических веществ, была разработана машина трения [69,70]. Внешний вид машины показан на рис. 4.3.

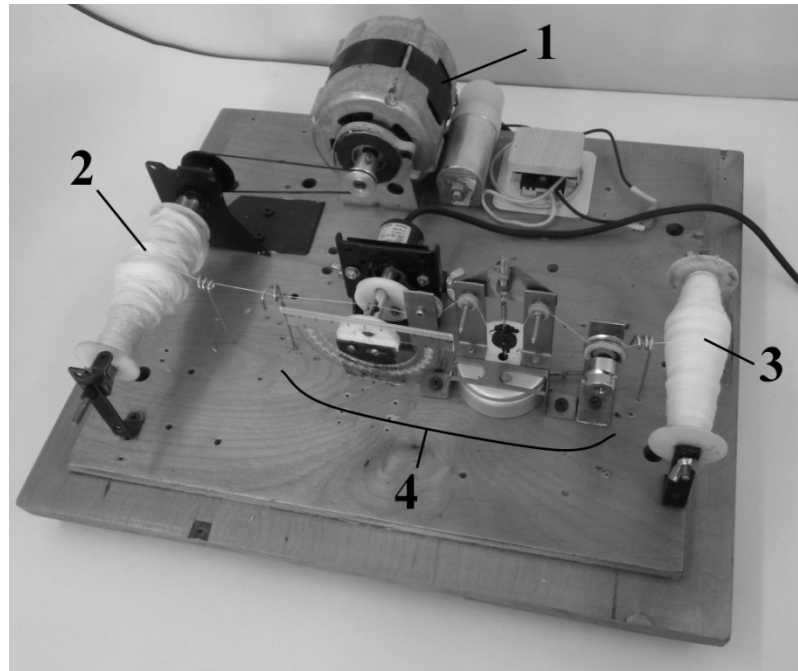


Рисунок 4.3 - Внешний вид лабораторной машины трения

Она состоит из тяжёлого основания с закреплёнными на нём подающей(2) и приёмной(3) катушками для исследуемого образца ниток и измерительного узла (4). Установка приводится в действие электрическим двигателем (1).

Вращательный момент от двигателя к наматывающей катушке передаётся при помощи ременной передачи. Подающая катушка вращается с небольшим усилием для уменьшения вибраций нити.

Основой узла измерения трения является маятниковый трибометр. Исследуемая нить, перематываемая с подающей катушки на приёмную, проходит через маятниковый трибометр, маятник которого отклоняется на угол, зависящий от момента трения нити и нитепроводника. Установка оснащена цифровым датчиком угла поворота маятника (инкрементным энкодером) промышленного изготовления. Внешний вид измерительного узла показан на рис. 4.4.

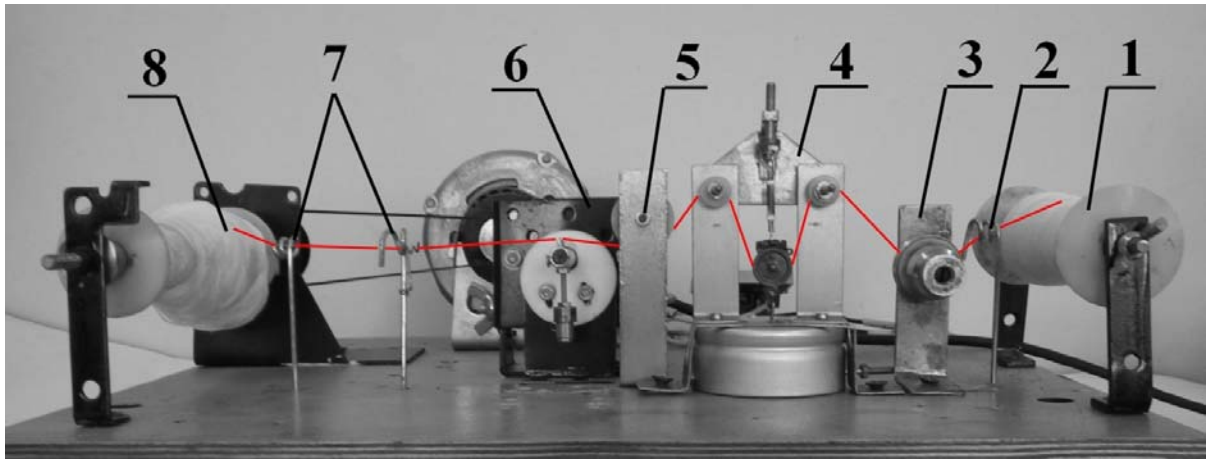


Рисунок 4.4 - Внешний вид лабораторной установки для испытаний на трение и износ в контакте нить - металл

Исследуемая нить, перематываемая с подающей катушки (1) на приёмную (8), проходит через несколько узлов установки: нитенаправитель (2) обеспечивает подачу нити с подающей катушки, нитенатяжитель (3) используется для стабилизации движения нити, датчик натяжения (4) обеспечивает возможность измерения натяжения нити до точки измерения трения, направляющий ролик (5), маятниковый трибометр с закреплённым образцом (6), маятник которого отклоняется на угол, зависящий от момента трения нити и дополнительные нитенаправители (7) (нитеукладчик).

Информация с датчика в цифровом виде обрабатывается 8-разрядным микроконтроллером. Микроконтроллер подключен к персональному компьютеру с помощью COM порта, по которому осуществляется передача данных и управление процессом измерения. Преобразование уровней сигналов между контроллером и COM портом осуществляется с помощью микросхемы MAX232.

Для обеспечения работы устройства были разработаны программы для контроллера и компьютера, которые позволяют управлять работой установки, обрабатывать полученные данные и сохранять для дальнейшей обработки. Программное обеспечение для микроконтроллера написано на языке MikroC в среде программирования mikroC for PIC. Для управления установкой и обработки полученных данных разработана компьютерная программа на языке Microsoft Visual Basic. Внешний вид окна программы показан на рис. 4.5.

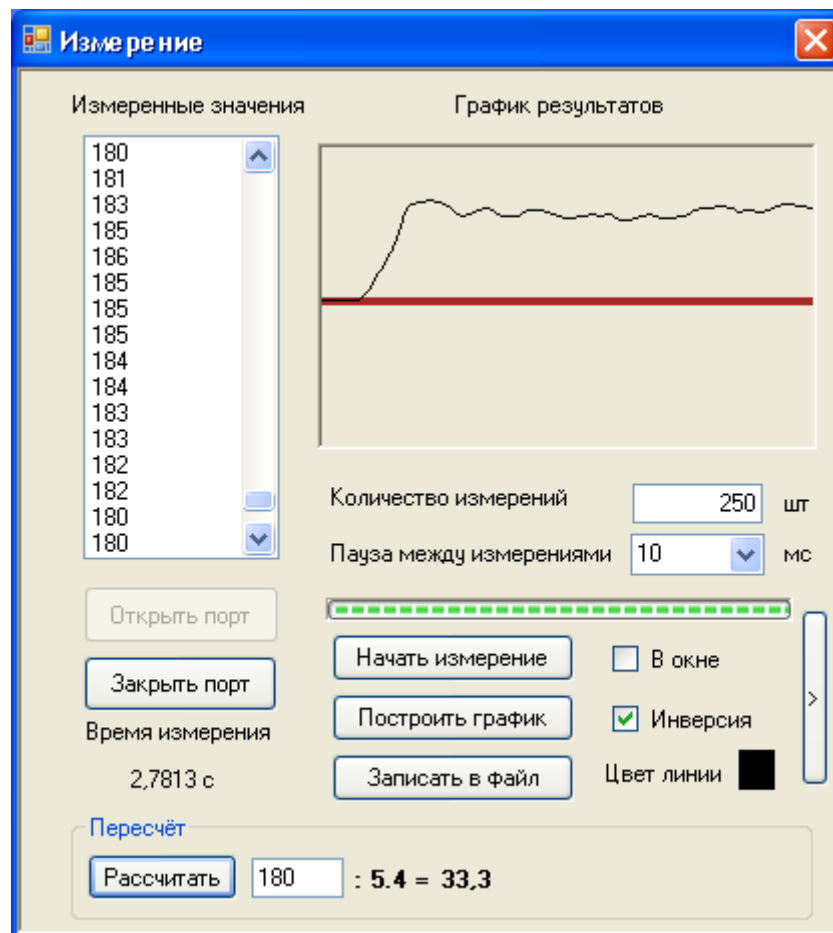


Рис. 4.5. - Внешний вид окна компьютерной программы для управления измерительной системой

4.5 Исследование процесса трения нитей в присутствии смазывающих веществ на разработанной машине трения

В ходе проведённых испытаний, были проведены исследования влияния смазывающих веществ (на восковой основе с присадками) на трение текстильных материалов. Результаты испытаний показаны на рисунках 4.6 - 4.12 .

Парафин + Стеарат олова (SnSt)

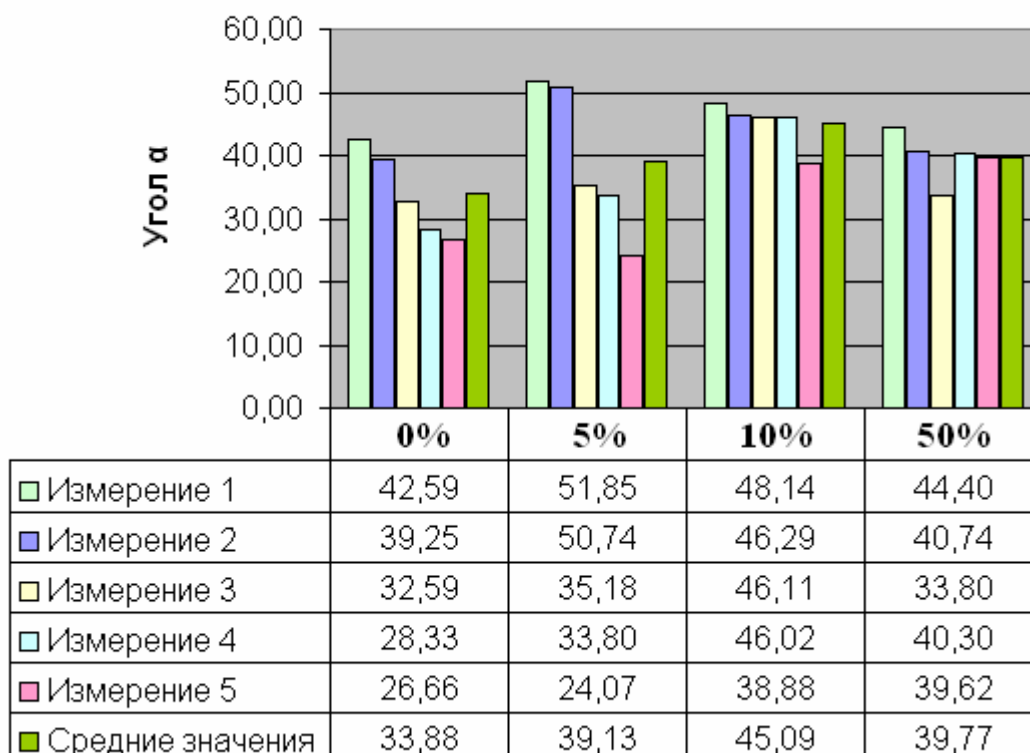


Рисунок 4.6 – Исследование состава с добавкой стеарата олова

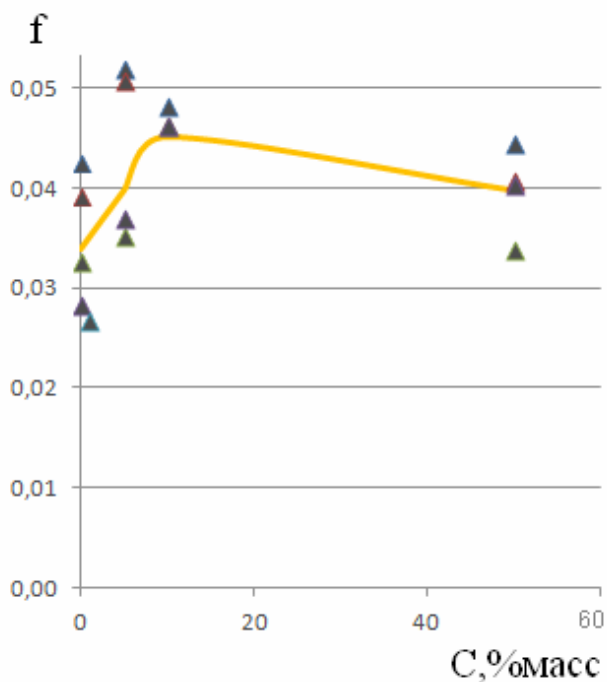


Рисунок 4.7 – Обработка результатов исследования состава с добавкой стеарата олова

Парафин + Стеарат кобальта (CoSt)

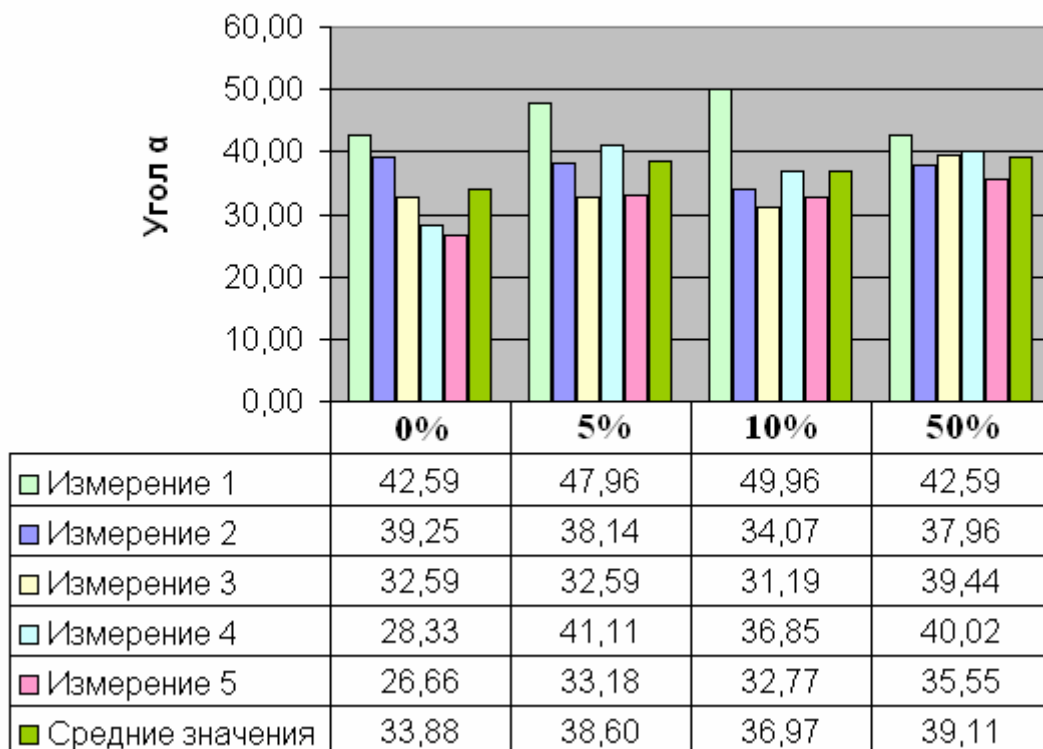


Рисунок 4.8 – Исследование состава с добавкой стеарата кобальта

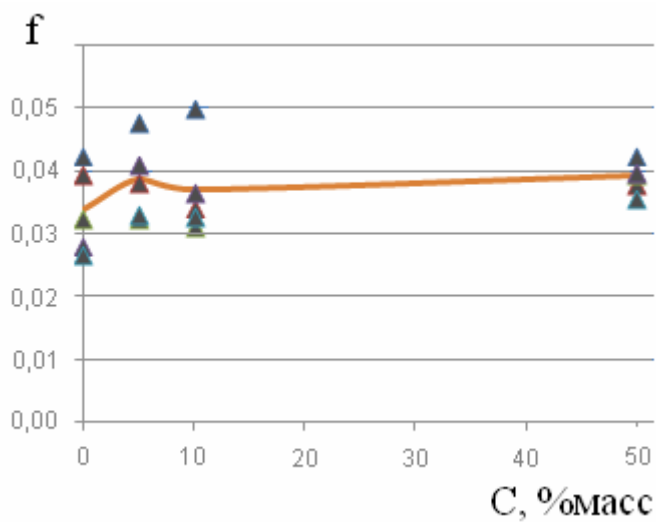


Рисунок 4.9 – Обработка результатов исследования состава с добавкой стеарата кобальта

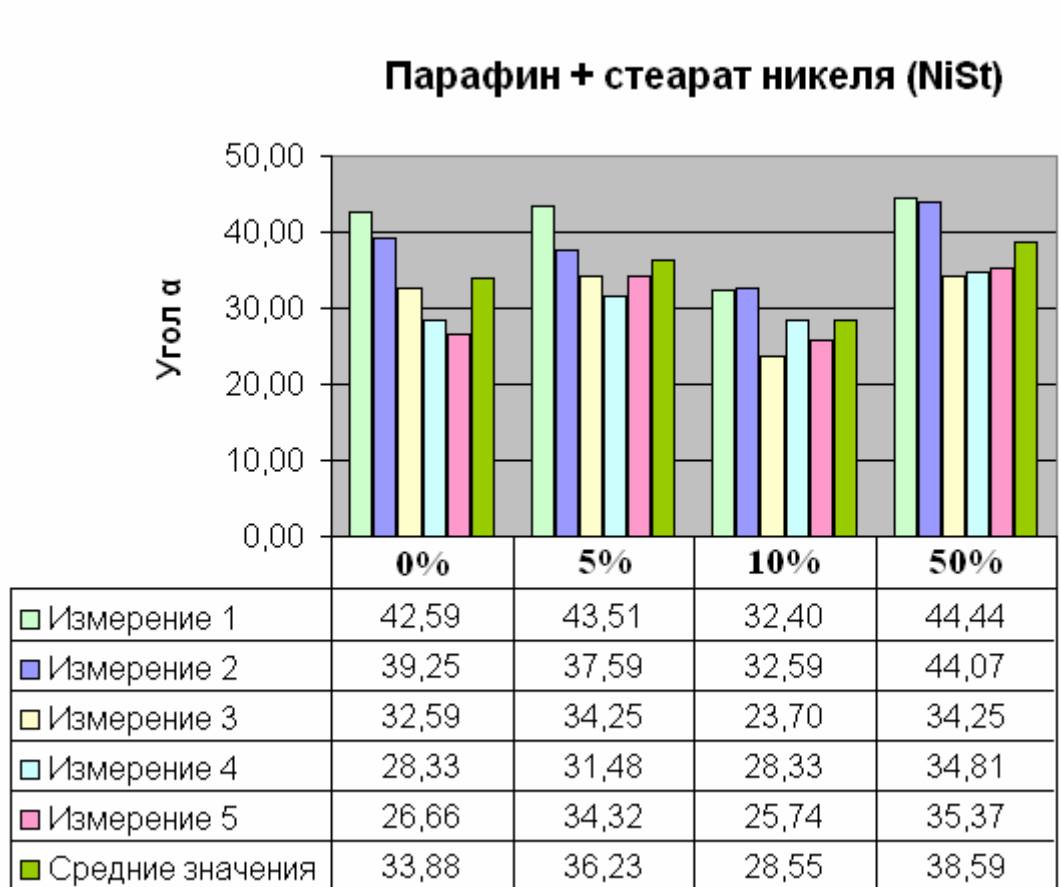


Рисунок 4.10 – Исследование состава с добавкой стеарата никеля

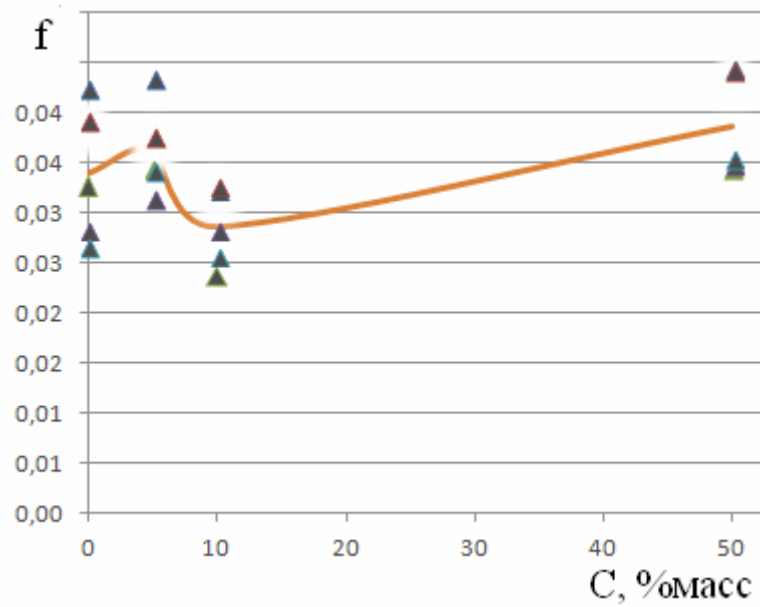


Рисунок 4.11 – Обработка результатов исследования состава с добавкой стеарата никеля

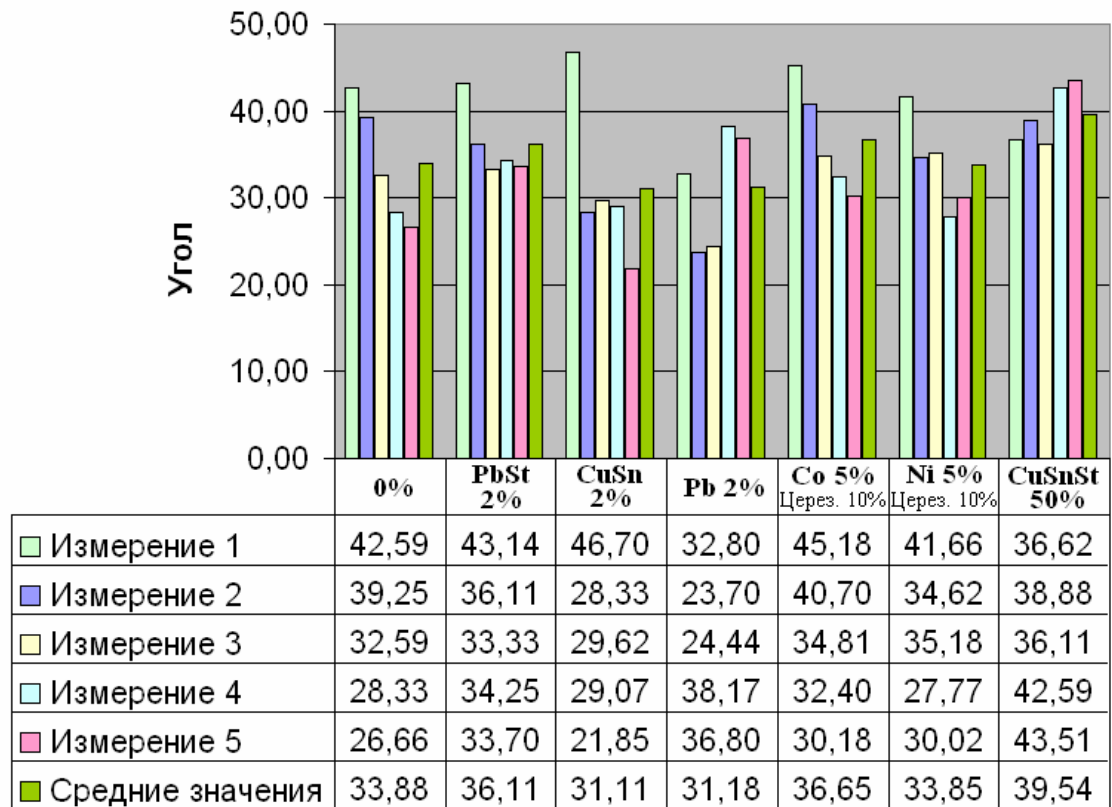


Рисунок 4.12 – Исследование состава с добавкой стеарата различных металлов

В ходе исследования были испытаны составы с добавками стеаратов олова, кобальта, никеля, свинца и меди. Выявлены зависимости коэффициента трения от длительности испытаний. После сравнения результатов, лучшими результатами обладают составы с добавками стеаратов олова, кобальта и никеля, которые в дальнейшем необходимо оптимизировать. Полученная точность измерений составила 0.36° (энкодер E30S4-1000-3-1).

4.6 Планирование многофакторного эксперимента по исследованию составов, реализующих эффект безызносности

В данной части исследования проводится оптимизация состава смазочного материала для обработки нитей перед вязанием на трикотажных машинах. Данное исследование позволит рекомендовать разработанные смазочные материалы для парафинирования нитей в трикотажном производстве.

В качестве антифрикционных присадок к парафину были выбраны стеараты металлов переходных групп [60]. Наблюдается физическая адсорбция смазочных веществ. Результаты испытаний показали эффективность применения стеаратов меди и цинка в соотношении 3:1 в парафине, стеаратов меди и олова 1:1 и 2:1, общим содержанием до 5% масс.

В трибоконтакте они адсорбируются на поверхности и удерживают капли масла (рис. 4.13 а), способствуя смазыванию и снижению металлического контакта. Повышение концентрации стеаратов в растворах приводит к повышению покрытия площади трения активными молекулами и образованию «частокола» из них (рис. 4.13 б). В избыточном количестве молекулы образуют складки на поверхности (рис. 4.13 в). Кроме этого, при большом давлении или температуре, а также при наличии катализаторов, стеараты металлов вступают в химическое взаимодействие с поверхностью с образованием солей жирных кислот металлов поверхности.

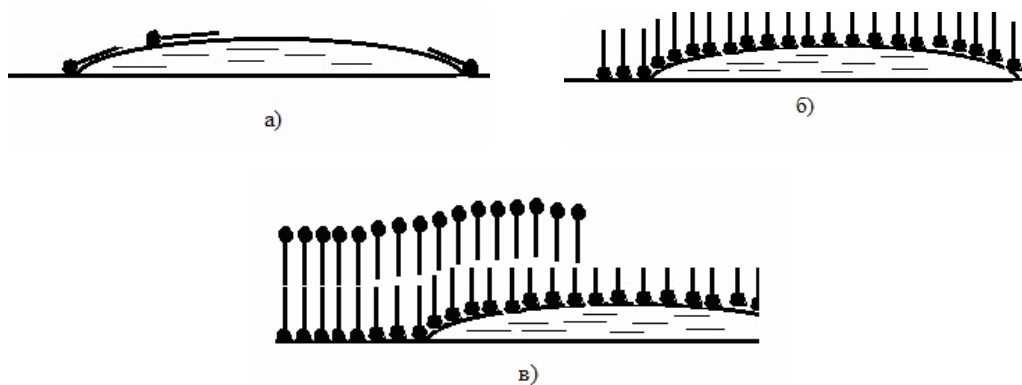


Рисунок 4.13 - Адсорбция молекул поверхностно-активного вещества (а – содержание стеаратов 0,0005%масс, б – содержание стеаратов 0,1%масс, в – содержание стеаратов более 0,1%масс)

В процессе трения наблюдается металлоплакирование. Материалом в качестве покрытия могут служить медь, золото, платина и другие металлы. При этом наблюдается значительное повышение износостойкости деталей. Процесс протекает в результате трения. В состав для обработки текстильных волокон вводят соединения металлов, имеющих положительный нормальный электродный потенциал в электрохимическом ряду напряжений по отношению к электродному потенциалу металлов, из которого изготовлены направляющие детали текстильного оборудования. В качестве поверхностно – активных соединений металлов могут быть использованы соли меди жирных кислот.

Поскольку медь в ряду напряжений имеет положительный электродный потенциал по отношению к электродному потенциалу железа, то железо в результате окислительно – восстановительной реакции вытесняет медь из солей и переходит в эту соль, а металлическая медь осаждается на поверхности детали. В результате на поверхности детали в зоне фрикционного контакта происходит образование медной пленки, причем при локальном изнашивании образовавшейся медной пленки, происходит постоянное ее самовосстановление за счет протекания на обнажившихся участках металлических поверхностей вышеупомянутых реакций.

В результате этого на всей поверхности зоны фрикционного контакта деталей в процессе движения волокон образуется самовосстанавливающаяся защитная медная пленка. Таким образом, предложенные способы металлоплакирования и введения соли меди в состав для обработки текстильных волокон могут обеспечить безызносность деталей, участвующих в процессах перематывания и в трикотажном производстве.

По результатам проведенных исследований на трение [61,62] были выбраны стеараты металлов переходных групп, которые могут реализовать металлоплакирование. В качестве исследуемых присадок были выбраны стеарат меди, стеарат олова, старат цинка, стеарат свинца, а также их сочетания. Стеараты металлов могут адсорбироваться на поверхности металлов и нити.

Для того, чтобы произошла хемосорбция и выделилась на поверхности стальной иглы медь, необходимо обеспечить наличие электролита в контакте, но стеараты металлов обладают ограниченной растворимостью. Поэтому необходим спиртовой или эфирный растворитель. Но в этом случае будет происходить химическое растворение стальной поверхности, что увеличит ее износ. Поэтому необходимо ограничить количество реагентов в зоне трения.

Для повышения эффективности выделения меди из растворов с низкой реакционной способностью необходим катализатор. Таким катализатором для пары медь-железо является никель. Его вводят в виде соли жирной кислоты.

Планируем полный трехфакторный эксперимент, где в качестве факторов выбраны X_1 - стеарат меди, X_2 – стеарат никеля, X_3 – глицерин. Вводим их в парафин для намазывания нити. У каждого фактора два уровня варьирования -1 – 0% и +1 – 10%.

Испытания на трение проводились на разработанной машине трения. Перематывание хлопковой нити 25 текс происходило со скоростью 600 м/мин через стальную пластину из стали У8 толщиной 1 мм. Нагрузка не превышает 0,6 Н. Путь нити 250 км. Каждая точка с трехкратным повторением. Регистрировали износ в мкм. на оптическом микроскопе. Данные испытаний приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3. Матрица планирования 2^3 и результаты эксперимента

№ п/п	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_{cp}	D	σ
1	+	+	+	54	48	51	51,0	6,0	2,4
2	+	+	-	64	69	62	65,0	8,7	2,9
3	+	-	+	77	68	73	72,7	13,6	3,6
4	+	-	-	64	58	62	61,3	6,2	2,4
5	-	+	+	92	90	88	90,0	2,7	1,6
6	-	+	-	65	62	61	62,7	2,9	1,6
7	-	-	+	76	82	84	80,7	11,6	3,4
8	-	-	-	76	86	78	80,0	18,7	4,3
							D_{cp}	8,8	2,9

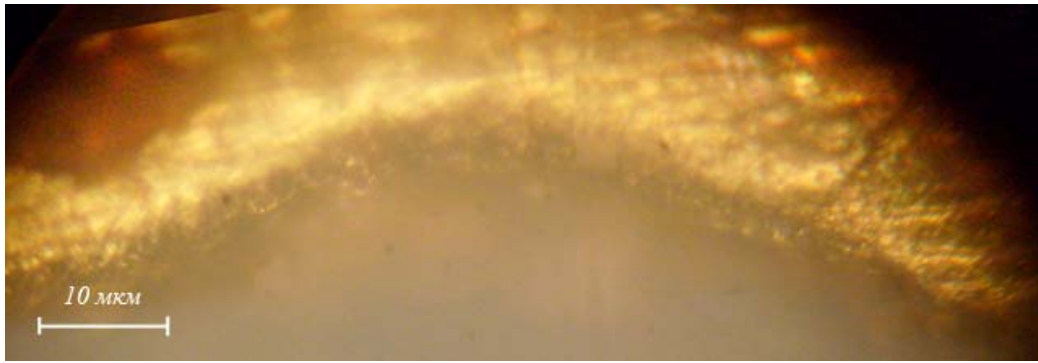


Рисунок 4.14 – Лунка износа при использовании стеарата меди

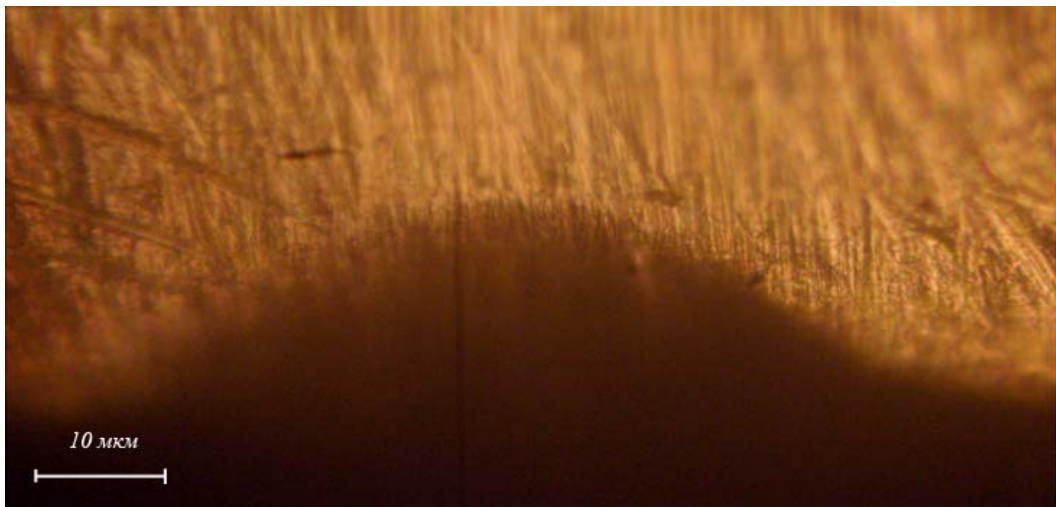


Рисунок 4.15 – Лунка износа при использовании стеарата никеля

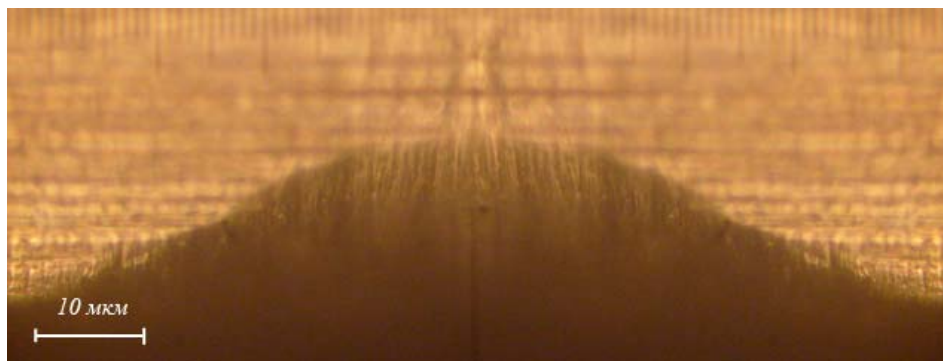


Рисунок 4.16 – Лунка износа при использовании парафина

4.7 Анализ результатов многофакторного эксперимента по исследованию составов, реализующих эффект безызносности

Интерпретацию результатов эксперимента 2^3 проводим в виде линейной модели первого порядка:

$$\bar{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \quad (4.1)$$

$$b_0 = \frac{\sum \bar{y}}{8} = 70,41 \quad (4.2)$$

$$b_1 = \frac{\sum (x_1)\bar{y}_1}{8} = -63,33 \quad (4.3)$$

$$b_2 = \frac{\sum (x_2)\bar{y}_2}{8} = -26,0 \quad (4.4)$$

$$b_3 = \frac{\sum (x_3)\bar{y}_3}{8} = 25,33 \quad (4.5)$$

$$\bar{y} = 70,41 - 63,33x_1 - 26x_2 + 25,33x_3 \quad (4.6)$$

$$b_{кр} = T \times \sigma_{cp} \quad (4.7)$$

$f=N \cdot (k-1)=16$ – число степеней свободы, $T_{кр}=2,12$ для уровня значимости $\alpha=0,05$

$$D_{cp}=8,8 \quad b_{кр} = 2,12 \cdot 2,9 = 6,28 \quad (4.8)$$

$$\sigma_{cp} = \sqrt{D_{cp}} = 2,9 \quad (4.9)$$

$b_1 > b_{кр}$ – значимый, $b_0 > b_{кр}$ – значимый, $b_2 > b_{кр}$ – значимый, $b_3 > b_{кр}$ – значимый. Таким образом, стеараты меди и никеля снижают износ стали, а наличие глицерина повышает.

4.8 Оптимизация состава парафинового сплава, реализующего эффект безызносности

Испытания на трение проводились на машине трения. Перематывание хлопковой 25 текс нити происходило со скоростью 600 м/мин. Нагрузка не превышает 60 сН. В результате было установлено, что парафиновые смазочные материалы с присадками стеаратов меди, олова, цинка, свинца не образуют

хемосорбционных пленок в зоне трения. На трение контакта нить - металл оказывает влияние маслянистость смазочного материала. Трение происходит в гидродинамическом режиме. На рис. 4.17 представлены результаты некоторых испытаний.

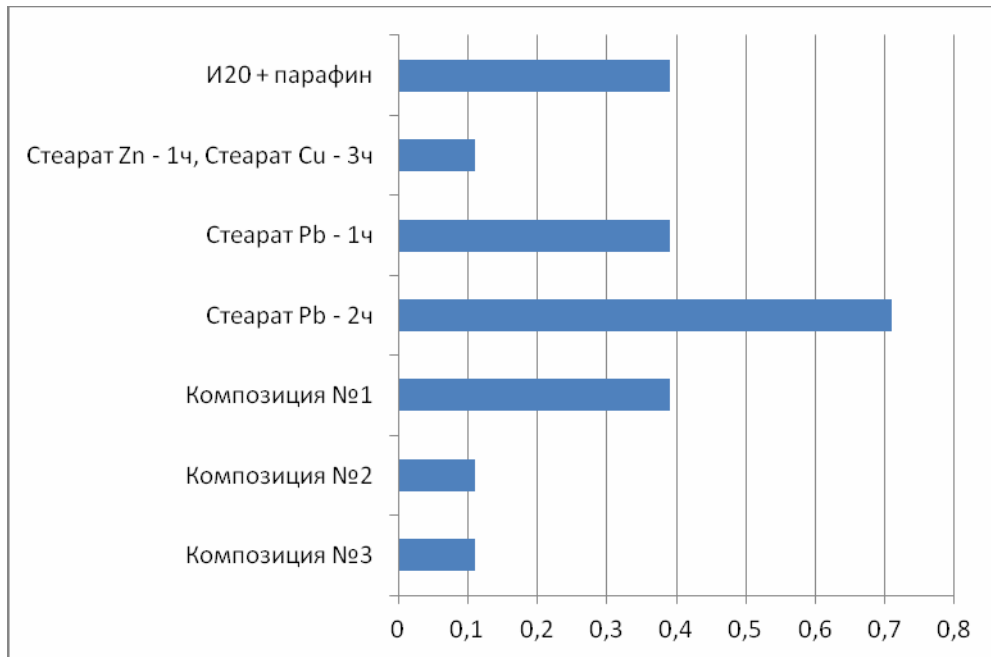


Рис. 4.17. Зависимость коэффициента трения контакта нить 40ЛХ– сталь 60 от состава смазочного материала

Результаты испытаний показали эффективность применения стеаратов меди и цинка в соотношении 3:1 в парафине, стеаратов меди и олова 1:1 и 2:1, общим содержанием до 5% масс. Наличие стеаратов свинца в парафине приводит к увеличению коэффициента трения.

Далее проведено смплекс-планирование эксперимента. Смазочная среда парафин с присадками X1 – осерненный стеарат меди, X2 – глицерин, X3 – стеарат никеля. Предполагали, что в результате адсорбции на металлической поверхности будут образовываться физические слои из солей жирных кислот с чередованием молекул гицерин – стеарат.

В результате трибоактивации в месте реального контакта будет протекать реакция замещения атомов никеля атомами железа с образованием стеарата

железа. В свою очередь атомы никеля будут образовывать твердый раствор на поверхности. Образующаяся новая фаза будет являться катализатором процесса выделения меди из стеарата и роста кристаллической решётки, содержащей медь, железо и серу с предполагаемой формулой CuFeS_2 .

Центр эксперимента был помещен в точку с координатами ($X_1=1$; $X_2=1$; $X_3=1$). Симплексы представляют собой тетраэдры.

Движение к оптимуму осуществляется после каждого опыта, что позволяет принимать решения, имеющие практическое значение уже при небольшом числе опытов. Область наименьшего износа определит оптимальное процентное содержание каждого из компонентов в составе СОТС. Результаты предыдущих исследований металлоплакирующих позволяют установить нулевые точки и интервалы варьирования. Это связано с определением таких значений факторов, которые в кодированных величинах соответствуют + 1 и - 1.

Центр симплекса помещаем в начало координат, а расстояние между симплексами принимаем равным единице. Для выбранной ориентации симплексов в факторном пространстве координаты вершин определим из следующей матрицы.

$$\begin{array}{cccc}
 -r_1 & -r_2 & -r_3 & -r_4 \\
 R_1 & -r_2 & -r_3 & -r_4 \\
 0 & R_2 & -r_3 & -r_4 \\
 0 & 0 & R_3 & -r_4 \\
 0 & 0 & 0 & -r_4
 \end{array} \quad (4.10)$$

Радиусы вписанной r_k , и описанной R_k сфер для четырехмерного симплекса равны:

$$r_k = \frac{1}{\sqrt{2k \times (k+1)}} \quad (4.11)$$

$$R_k = \sqrt{\frac{k}{2 \times (k+1)}} \quad (4.12)$$

где k – число факторов.

Общий объем испытанных составов составил 18 различных соотношений концентраций. Результаты некоторых испытаний представлены в табл. 4.4 и рис. 4.18.

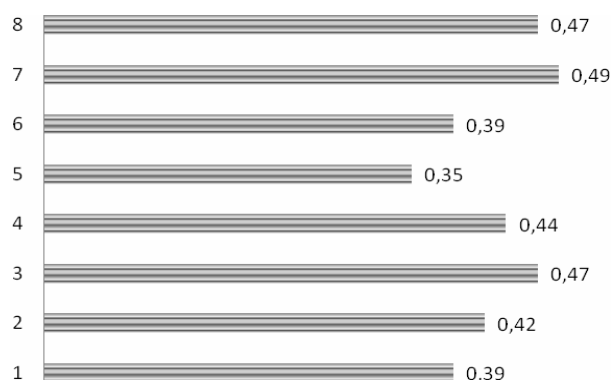


Рисунок 4.18 - Износ рабочих органов в мкм на 10 км для различных составов парафинов, содержащих стеараты меди и никеля

Таблица 4.4 – Результаты испытаний

№ п/п	X1	X2	X3	У _{ср}	D
1	0,15	0,4	0,56	0,39	0,22
2	1,34	0,4	0,56	0,42	0,19
3	0,75	0,75	0,75	0,47	0,19
4	0,75	0,5	1,47	0,44	0,05
5	1,34	0,5	0,56	0,35	0,06
6	0,75	0,5	0,56	0,39	0,07
7	0,75	1,47	0,56	0,49	0,15
8	0,75	0,75	1,5	0,47	0,14

Результаты опытов показывают, что замыкание симплексов произошло вокруг точки соотношения концентраций (X1=1,34; X2=0,5; X3=0,56).

4.9 Выводы по главе

1. Разработанная машина трения позволяет проводить измерения в контакте нить – металл со скоростью относительного перемещения от 20 до 1000 м/мин с нагрузкой на контакт от 0 до 200 сН.

2. Точность измерения по углу наклона маятника машины составляет $0,36^\circ$.

3. Были проведены исследования составов для парафинирования нитей с добавками стеаратов олова, кобальта, никеля, свинца и меди. Выявлены зависимости их концентрации с моментом трения и износом.

4. Выявлена необходимость оптимизации составов, содержащих соли меди, никеля и кобальта.

5. Парафиновые смазочные материалы с присадками стеаратов меди, олова, цинка, свинца не образуют хемосорбционных пленок в зоне трения. На трение контакта нить - металл оказывает влияние маслянистость смазочного материала. Трение происходит в гидродинамическом режиме.

6. При большом давлении или температуре, а также при наличии катализаторов, стеараты металлов вступают в химическое взаимодействие с поверхностью с образованием солей жирных кислот металлов поверхности.

7. Влияние на износ присадок солей металлов переходных групп описывается математической зависимостью первого порядка:

$$\bar{y} = 70,41 - 63,33x_1 - 26x_2 + 25,33x_3$$

где X_1 – стеарат меди, X_2 – стеарат никеля, X_3 – глицерин.

8. При помощи симплекс-планирования получено условно оптимальное соотношение присадок к парафиновому сплаву, которые реализуют металлоплакирование $X_1=1,34$; $X_2=0,5$; $X_3=0,56$ где X_1 – осерненный стеарат меди, X_2 – глицерин, X_3 – стеарат никеля. В результате трибоактивации в месте реального контакта будет протекать реакция замещения атомов никеля атомами железа с образованием стеарата железа. В свою очередь атомы никеля будут

образовывать твердый раствор на поверхности. Образующаяся новая фаза будет являться катализатором процесса выделения меди из стеарата и роста кристаллической решётки, содержащей медь, железо и серу с предполагаемой формулой CuFeS_2 .

5. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ УСТРОЙСТВ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1 Установка измерительной системы на машину ОВ-160

Рассмотрим траектории прохождения нитей основы и полученного полотна в машине ОВ-160 (рис. 5.1).

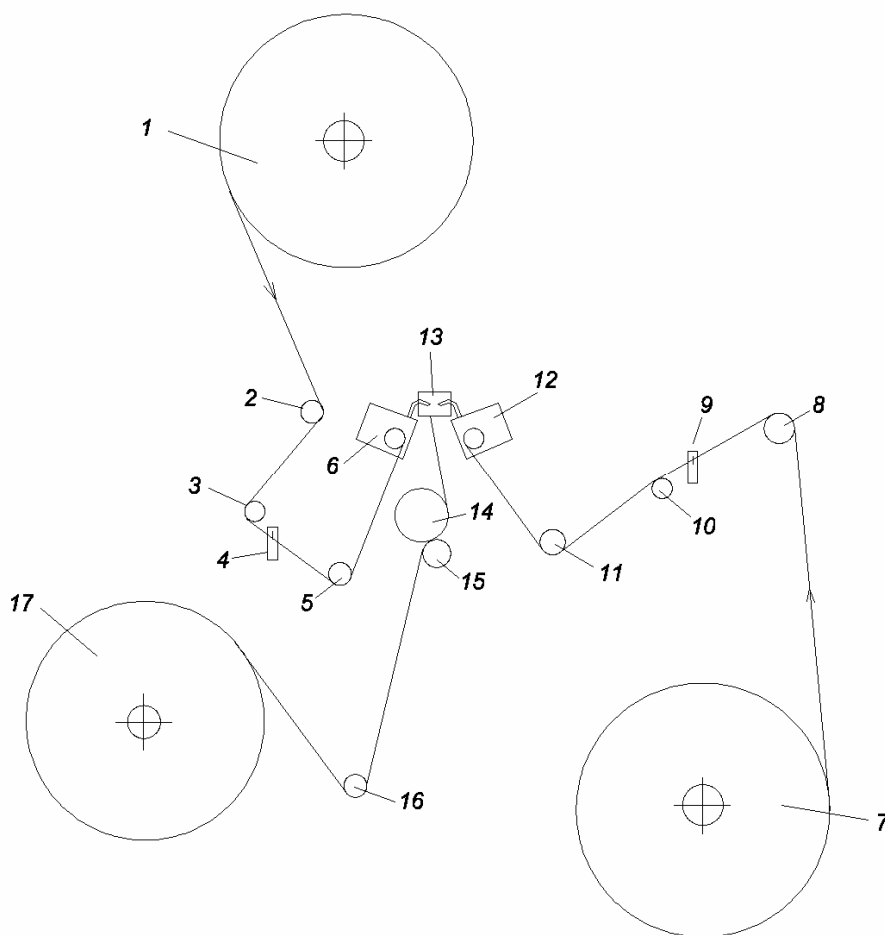


Рисунок 5.1 – Траектории движения в реальной машине

Нить задней основы поступает с верхнего навоя 1 на механизм компенсации подачи основы. Нить огибает скала 2 и 5, закрепленные на кронштейне 3. Чем дальше раздвинуты скала друг от друга, тем больше размах качаний и тем больше выборка нити. На том же кронштейне закреплен основонаблюдатель

электрического действия 4, который предназначен для предотвращения образования пороков полотна, вследствие обрыва основных нитей. С механизма компенсации подачи основы нить поступает через механизм задней игольницы 6 в зону вязания 13.

Нить передней основы поступает с нижнего навоя 7 на механизм компенсации подачи основы. Нить огибает скала 8 и 11, закрепленные на кронштейне 10. На том же кронштейне закреплен основонаблюдатель 9. С механизма компенсации подачи основы нить поступает через механизм передней игольницы 12 в зону вязания 13.

Наработанное полотно проходит между вальцами 14 и прижатыми к ним роликами 15 и отбирается из зоны вязания. Затем, огибая скалку 16 устройства компенсации разности скоростей намотки и отбора, полотно наматывается на вращающийся от электродвигателя товарный вал 17.

Была разработана схема установки измерительных устройств для машины ОВ-160 (рис.5.2).

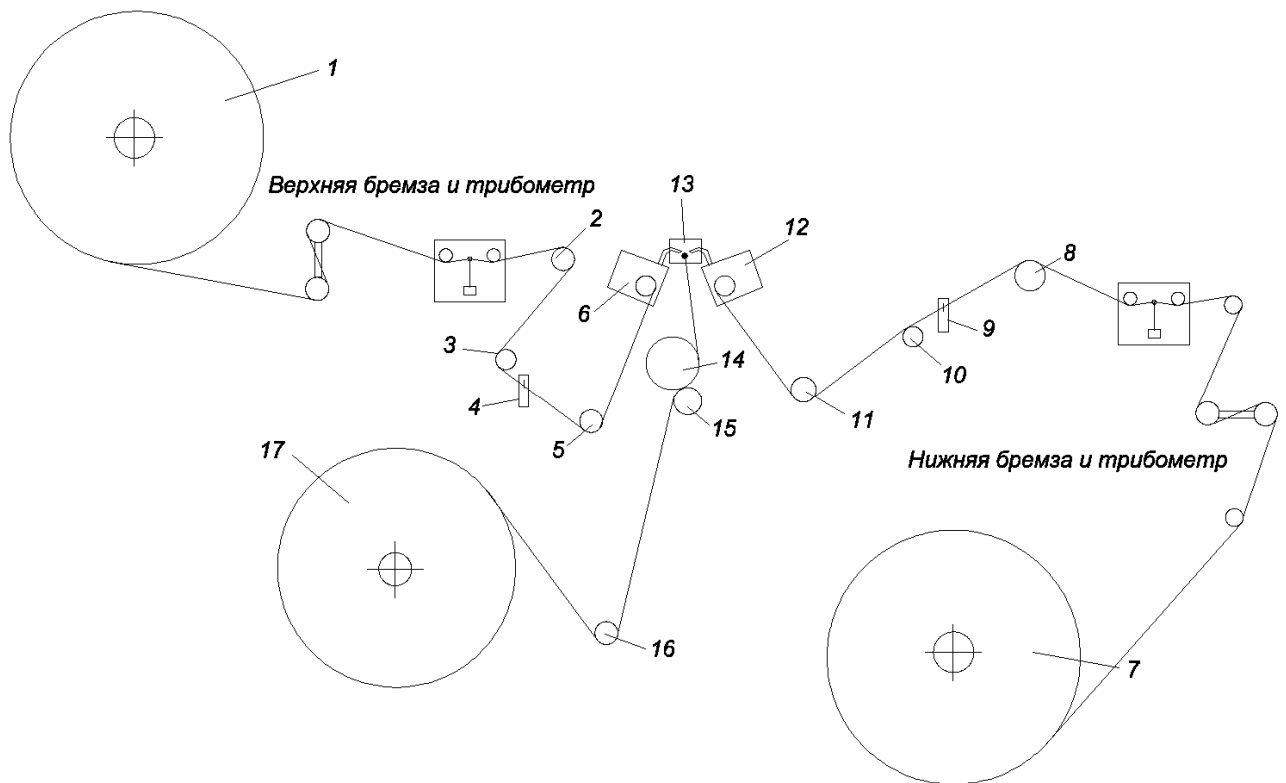


Рисунок 5.2 – Схема установки трибометров и нитенатяжителей на машину ОВ-160

5.2 Исследование влияния смазывающих веществ наносимых в результате процесса парафинирования нитей на процессы трения в основовязальной машине ОВ-160

В ходе проведённых испытаний, были проведены исследования влияния смазывающих веществ (на восковой основе с присадками) на трение текстильных материалов в основовязальной машине ОВ-160. Замеры произведены с помощью разработанной измерительной системы в двух точках машины: на нити передней и задней основы. Были испытаны присадки на основе стеаратов металлов в различных концентрациях. Смазывающие вещества были нанесены в процессе перемотки нитей. Испытания проведены в производственных условиях. Результаты испытаний показаны в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты испытаний на машине ОВ-160

Смазывающее вещество	№ эксп.	$f_{тр.мин}$	$f_{тр.мах}$	$f_{тр.ср}$	Д
Чистый парафин	1	0.110	0.130	0.120	0.010
Чистый парафин	2	0.120	0.135	0.1275	0.0075
Чистый парафин	3	0.106	0.112	0.109	0.003
Чистый парафин	4	0.101	0.109	0.105	0.004
Чистый парафин	5	0.098	0.115	0.1065	0.0085
Чистый парафин	6	0.106	0.133	0.1195	0.0135
Чистый парафин	7	0.097	0.128	0.1125	0.0155
Чистый парафин	8	0.106	0.111	0.1085	0.0025
Чистый парафин	9	0.102	0.130	0.116	0.014
Чистый парафин	10	0.109	0.126	0.1175	0.0085
Чистый парафин		$f_{тр.ср} = 0.1142$ $D_{ср} = 0.0087$			
Парафин + Стеарат кобальта (10%)	1	0.09	0.130	0.110	0.020
Парафин + Стеарат кобальта (10%)	2	0.092	0.135	0.1135	0.0215
Парафин + Стеарат кобальта (10%)	3	0.087	0.131	0.109	0.022
Парафин + Стеарат кобальта (10%)	4	0.092	0.132	0.1156	0.0236

Парафин + Стеарат кобальта (10%)	5	0.095	0.131	0.113	0.018
Парафин + Стеарат кобальта (10%)	6	0.082	0.125	0.1035	0.0215
Парафин + Стеарат кобальта (10%)	7	0.084	0.120	0.102	0.018
Парафин + Стеарат кобальта (10%)	8	0.086	0.124	0.105	0.019
Парафин + Стеарат кобальта (10%)	9	0.092	0.131	0.1115	0.0195
Парафин + Стеарат кобальта (10%)	10	0.095	0.132	0.1135	0.0185
Парафин + Стеарат кобальта (10%)	$f_{\text{тр.ср}} = 0.10966$ $D_{\text{ср}} = 0.02016$				
Парафин + Стеарат никеля (10%)	1	0.091	0.102	0.0965	0.0055
Парафин + Стеарат никеля (10%)	2	0.087	0.100	0.0935	0.0065
Парафин + Стеарат никеля (10%)	3	0.088	0.103	0.0955	0.0075
Парафин + Стеарат никеля (10%)	4	0.090	0.108	0.099	0.009
Парафин + Стеарат никеля (10%)	5	0.092	0.101	0.0965	0.0045
Парафин + Стеарат никеля (10%)	6	0.095	0.109	0.102	0.007
Парафин + Стеарат никеля (10%)	7	0.098	0.112	0.105	0.007
Парафин + Стеарат никеля (10%)	8	0.087	0.102	0.0945	0.0075
Парафин + Стеарат никеля (10%)	9	0.085	0.108	0.0965	0.0115
Парафин + Стеарат никеля (10%)	10	0.095	0.106	0.1005	0.0055
Парафин + Стеарат никеля (10%)	$f_{\text{тр.ср}} = 0.09795$ $D_{\text{ср}} = 0.00715$				
Парафин + Стеарат олова (10%)	1	0.09	0.111	0.1005	0.0105
Парафин + Стеарат олова (10%)	2	0.095	0.115	0.105	0.01
Парафин + Стеарат олова (10%)	3	0.098	0.118	0.108	0.01
Парафин + Стеарат олова (10%)	4	0.098	0.116	0.107	0.009
Парафин + Стеарат олова (10%)	5	0.096	0.117	0.1065	0.0105
Парафин + Стеарат олова (10%)	6	0.094	0.110	0.102	0.008
Парафин + Стеарат олова (10%)	7	0.092	0.109	0.1005	0.0085
Парафин + Стеарат олова (10%)	8	0.09	0.107	0.0985	0.0085
Парафин + Стеарат олова (10%)	9	0.088	0.106	0.097	0.009
Парафин + Стеарат олова (10%)	10	0.086	0.108	0.097	0.011
Парафин + Стеарат олова (10%)	$f_{\text{тр.ср}} = 0.1022$ $D_{\text{ср}} = 0.0095$				

Проектируемый смазочный материал	1	0.080	0.100	0.090	0.010
Проектируемый смазочный материал	2	0.070	0.102	0.086	0.016
Проектируемый смазочный материал	3	0.066	0.100	0.083	0.017
Проектируемый смазочный материал	4	0.085	0.109	0.097	0.012
Проектируемый смазочный материал	5	0.072	0.104	0.088	0.016
Проектируемый смазочный материал	6	0.068	0.098	0.083	0.015
Проектируемый смазочный материал	7	0.069	0.097	0.083	0.014
Проектируемый смазочный материал	8	0.075	0.098	0.0865	0.0115
Проектируемый смазочный материал	9	0.08	0.095	0.0875	0.0075
Проектируемый смазочный материал	10	0.082	0.096	0.089	0.007
Проектируемый смазочный материал	$f_{\text{тр.ср}} = 0.0873$ $D_{\text{ср}} = 0.0126$				

5.3 Расчет экономической эффективности от внедрения новых смазочных материалов для трикотажных игл

Экономическая эффективность от внедрения новой смазочной композиции выразится в уменьшении затрат на замену игл, за счет повышения их срока службы.

Годовая экономия за счет снижения затрат на замену игл определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_o = N \cdot n \cdot \left(\frac{C_1}{\tau_1} - \frac{C_2}{\tau_2} \right), \quad (5.1)$$

где N – число ремонтов оборудования, шт.;

n – число игл в оборудовании, шт.;

C_1 и C_2 – стоимость игл до и после внедрения мероприятия, руб.;

τ_1 и τ_2 – срок службы игл до и после мероприятия, лет.

Данные для расчета экономической эффективности приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2 – Данные для расчета экономической эффективности

Детали	n, шт	τ_1 , лет	t	τ_2 , лет	$C_1=C_2$, руб
Игла трубчатая (Россия)	160	0,2	1	0,32	5,0

$$\mathcal{E}_o^{roc} = \frac{1}{0,2} 2 \cdot 160 \cdot \left(\frac{5}{0,2} - \frac{5}{0,32} \right) = 15000 \text{ руб.}$$

Годовая экономия за счет снижения затрат на ремонт выразится в снижении заработной платы слесаря-ремонтника:

$$\mathcal{E}_3 = (N_{до} - N_{после}) \cdot T_H \cdot n \cdot t \cdot ECH, \quad (5.2)$$

где $N_{до}$ $N_{после}$ – количество ремонтов или замен до и после внедрения мероприятий, T_H – норматив времени, на замену трикотажной иглы и настройку машины, – 30 мин; t – почасовая тарифная ставка слесаря ремонтника, ECH – единый социальный налог – 35 %.

$$\mathcal{E}_3 = \left(\frac{2}{0,2} - \frac{2}{0,32} \right) \cdot 0,5 \cdot 160 \cdot 1000 \cdot 1,35 = 405000 \text{ руб.};$$

Изменение годовых затрат на смазочные материалы определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_{см} = N \cdot n \cdot (q_1 \cdot Ц_1 - q_2 \cdot Ц_2), \quad (5.3)$$

где q_1 и q_2 – расход смазочных материалов на узел до и после внедрения мероприятия, кг/год ($q_1 = q_2 = 0,106$ кг/год);

$Ц_1$ – стоимость используемой смазочной композиции – 63,3 руб./кг;

$Ц_2$ – стоимость разработанной смазочной композиции – 75 руб./кг.

$$\mathcal{E}_{см} = 1 \cdot 1356 \cdot (0,106 \cdot 63,3 - 0,106 \cdot 75) = -1695 \text{ руб.}$$

Снижение расходов на электроэнергию определяется по формуле:

$$N_3 = \frac{N \cdot S \cdot n}{3600} \cdot (F_{mp1} - F_{mp2}) \cdot T, \text{ Вт} \quad (5.4)$$

где N – количество машин, T – время работы оборудования в год – 3500 ч;

S – путь нити, м;

F_{mp1} и F_{mp2} – силы трения об нитепроводник до и после внедрения мероприятия, $F_{mp1} = 0,365$ Н, $F_{mp2} = 0,276$ Н.

Путь нити находится по формуле:

$$S = \frac{P}{Tk}, \quad (5.5)$$

где P – производительность машины, г/час;

Tk – линейная плотность нити, текс.

$$S = \frac{290}{20} = 14,5 \text{ (км)}.$$

$$N_э = \frac{1 \cdot 14,5 \cdot 10^3 \cdot 1356}{3600} \cdot (0,365 - 0,276) \cdot 3500 = 1701309,17 \text{ (Вт)}.$$

$$N_э = 1701,31 \text{ (кВт)}.$$

Годовая экономия за счет снижения расходов на электроэнергию определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_э = C_э \cdot N_э \quad (5.6)$$

где $C_э$ – стоимость промышленной энергии – 3,73 руб/кВт (с НДС).

$$\mathcal{E}_э = 3,73 \cdot 1701,31 = 6348,89 \text{ (руб)}.$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_д + \mathcal{E}_з + \mathcal{E}_{см} + \mathcal{E}_э \quad (5.7)$$

$$\mathcal{E} = 15000 + 405000 - 1695 + 6348,89 = 424653,89 \text{ руб}.$$

Применение предлагаемой смазочной композиции для смазывания игл основывальной машины позволит предприятию получить годовой экономический эффект в размере 424654 руб. на одну машину. Применение новой

смазочной композиции на весь парк оборудования позволит получить значительный экономический эффект.

5.4 Выводы по главе

1. Применение измерительной системы на машине ОВ-160, позволило повысить стабильность коэффициента трения по траектории движения иглы.

2. Применение парафинирующих составов с присадками стеаратов металлов переходных групп, позволило снизить износ трубчатых трикотажных игл на 15%.

3. Экономический эффект от внедрения составил около 424654 руб. на одну машину.

ИТОГИ ВЫПОЛНЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1. На основе анализа современного состояния процесса вязания трикотажа установлено, что для повышения ресурса нитепроводящих деталей основовязальных машин необходимо обеспечить снижение трения в контакте «нить – нитепроводящий элемент».

2. Разработана структурная схема измерительной системы для машины ОВ-160, позволяющая контролировать натяжение в процессе движения нитей и анализировать процесс трения нити о нитепроводники, с целью совершенствования конструктивных и технологических параметров машины.

3. Разработана адекватная математическая имитационная модель узла трения и её программная реализация, позволяющие изучить влияние физических параметров машины и смазочного вещества на выходную физическую величину – угол наклона маятника машины трения.

4. Создан ряд экспериментальных стендов для исследования процесса трения в контакте «нить - нитепроводящий элемент», которые были использованы для оценки работоспособности разрабатываемых измерительных устройств и исследования различных сплавов для парафинирования нитей.

5. Экспериментально исследован ряд парафиновых сплавов с содержанием стеаратов металлов переходных групп для парафинирования нитей в процессе их перемотки, с целью достижения эффекта безызносности. Ресурс рабочих органов повышен в 1,5 раза.

6. Получена линейная модель зависимости износа стальных нитепроводников х/б нитью линейной плотностью 25 текс от химического состава присадок к парафиновому сплаву, позволяющая прогнозировать снижение износа нитепроводников при парафинировании нити сплавами с разработанными присадками стеаратов металлов.

7. Определён симплекс-методом оптимальный состав сплава для обработки нитей перед вязанием на основовязальных машинах и выбран оптимальный состав

на основе парафина с содержанием компонентов осерненный стеарат меди, глицерин, стеарат никеля: 1,34:0,5:0,56.

8. Произведен расчет ожидаемого экономического эффекта от внедрения разработанного парафинового сплава на основовязальной машине ОВ-160. Годовой экономический эффект, выразившийся в уменьшении эксплуатационных расходов и повышения срока службы нитепроводников, составил 424 тыс. руб. на 1 машину.

Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы

Проведённые исследования могут служить основой:

- для разработки новых составов для парафинирования нитей с присадками на основе стеаратов металлов переходных групп;
- для формирования базы данных по коэффициенту трения для широкого ассортимента текстильных нитей;
- для разработки новых экспериментальных стендов для исследования процесса трения в контакте нить-металл, с использованием различных смазочных материалов;
- для постановки новых лабораторных работ по дисциплине «Основы триботехники» и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гусева, А.А. Общая технология трикотажного производства. - М.: Легпромбытиздат, 1987. - 296 с.
2. Тягунов, В.А., Основы проектирования предприятий отрасли: учебное пособие. Тягунов, В.А., Брут-Бруляко, А.Б.- Кострома: КГТУ, 1990. - 124 с.
3. Кутепов, О.С. Строение и проектирование тканей: учебник для вузов. - М.: Легпромбытиздат, 1988. - 218 с.
4. Мотальные машины SAHM. <http://www.sahmwinder.de/home.html>
5. Современные мотальные машины для пряжи и нитей на выставке Techtextil Russia / ЛегПромБизнес.Оборудование.- №3.- 2014 – с.2-5.
6. Мотальные машины Milhan Makina. http://gorteks.org/index.html?page=shop.browse&category_id=3
7. Энциклопедия техники – сновальная машина. <http://enciklopediya-tehniki.ru/promyshlennost-na-s/snovalnaya-mashina.html>
8. Снование пряжи. <http://www.37tt.ru/article/48-snovka.html>
9. Основовязальные машины серии GET. <http://textile-printings.ru/2-1-warp-knitting-machine/>
10. Машины основовязальные моделей ОВ-160 и ОВ-200: Руководство по эксплуатации, 2002.- 115 с.
11. Крагельский, И. В. Трение волокнистых веществ.- М.: Гизлегпром, 1941.- 318 с.
12. Пакшвер, А. Б. Свойства и особенности переработки химических волокон.- М.: Химия, 1975.- 495 с.
13. Моисеенко, Ф.А. Нормализация процесса вязания на основовязальных машинах.- М.: Легпромиздат, 1978.- 199 с.
14. Wegener W. und Schuler B.Z. 3.Ges.Text. Ind., 1964, 66p.
15. Tomlison I.A. Molecular Theory of Friction. Phil. Mag., vol.7, 1929, p. 905-939.

16. Хвальковский, Н.В. Анализ процесса трения текстильных нитей: Дис. канд. техн. наук.- М., 1967. - 153 с.
17. Боуден, Ф.П. Трение и смазка твёрдых тел. Пер.с англ. Под ред. д-ра техн. Наук И.В. Крагельского.- М.:Машиностроение, 1986.- 544 с.
18. Чичинадзе, А. В. Основы трибологии. Учеб. для техн. вузов. - М.: Машиностроение. 2001. - 663 с.
19. Пинхасович, В.Г. Сопротивление нити при скольжении по неподвижным пруткам /Сб. науч.-исслед. тр. МТИ.- М.: Гос. из-во легкой промышленности, 1936. т.4.
20. Хвальковский, Н. В. Трение текстильных нитей.- М.: ЦИНТИ легкой промышленности, 1966. - 73 с.
21. Пехташева, Е.Л. Клейкость хлопкового волокна.- Казань, 2012. - 225 с.
22. Севостьянов, А.Г. Механическая технология текстильных материалов: Учеб. для вузов. – М.: Легпромиздат, 1989. - 512 с.
23. Цитович, И. Г. Технологическое обеспечение качества и эффективности процесса вязания поперечновязаного трикотажа.- М.: Импромбытгиздат, 1992. -239 с.
24. Кузнецов, Б.А. Расчет и проектирование петлеобразующей системы основовязальных машин.- М.: Легпромиздат, 1989.- 152 с.
25. Гарбарук, В.Н. Проектирование трикотажных машин: Учебник. - 2-е изд.,- Л.: Машиностроение, 1980. - 472 с.
26. Фролов, К.В. Машиностроение. Энциклопедия. Том 4-1. Детали машин. Конструкционная прочность. Трение, износ, смазка.- М.: Машиностроение, 1995.- 863 с.
27. Фролов, К.В. Современная трибология. Итоги и перспективы.- М.: Издательство ЛКИ, 2008. - 480 с.
28. Бутенин, Н. В. Курс теоретической механики. Т. I. Статика и кинематика. 3-е изд.- М.: Наука, 1979. - 272 с.
29. Перепёлкин, К.Е. Структура и свойства волокон.- М.: Химия, 1995.- 208 с.

30. Голубков, В.С. Испытательные машины в текстильном материаловедении. - М.: Легпромбытиздат, 1988. - 204 с.
31. Дмитриева, И.А.. Физико-механические испытания химических волокон: учеб. пособие для проф.-техн. учеб. заведений / И.А. Дмитриева, Л.О. Михаловская // М.: Высш. Школа, 1971.- 104 с.
32. Система контроля качества текстильных нитей МТ-180. <http://ukrsk.com.ua/mt-180.html>
33. MXD-01A Прибор для определения коэффициента трения. <http://ru.labthink.com/product/mxd-01a-coefficient-of-friction-tester.html>
34. Кукин, Г.Н. Текстильное материаловедение (волокон и нитей): учебник для ВУЗов / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев, А.И. Кобляков.- М.: Легкая индустрия, 1989.- 352 с.
35. Куликова, И.В. Модификация поверхности текстильных волокон и нитей: Дис... канд. техн. наук.- Иваново, 1997.- 176 с.
36. Пономарева, И. И. Разработка технологии подготовки пряжи и нитей к вязанию с использованием новых составов замасливающих и парафинирующих композиций: Дис... канд. техн. наук.- Санкт-Петербург, 2003.- 255 с.
37. Wax-парафин фирмы ГЁРТЕКС. http://gorteks.org/index.html?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=704&category_id=40
38. Кольцо парафиновое. <http://www.msf.ru/catalog/9/15>
39. Патент SU1756406, 23.08.1992. Состав для парафинирования пряжи // 4865343/12. 1992. Бюл. №31. / Гаджиев Д.А., Саттаров Т.М., Байрамова А.Р.
40. Патент SU1109486, 23.08.84. Состав для парафинирования пряжи и нитей // 3413420/28-05. 1984. Бюл. № 31. / Боброва Л.А., Гумеров М.З. [и др.].
41. Патент RU2016158, 15.07.1994. Состав для парафинирования текстильных волокон / Прокопенко А.К., Каплин М.И., Юдин В.М. [и др.].
42. Кулиев, А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам.- М.: Химия, 1972.- 360 с.
43. Гаркунов, Д.Н. Триботехника. - М.: Машиностроение, 1985.- 424 с.

44. Поляков, А.А. Основные явления избирательного переноса в узлах трения машин. – В кн.: Избирательный перенос в тяжело нагруженных узлах трения. - М.: Машиностроение, 1982. - С. 30 - 88.

45. Прокопенко, А. К. Избирательный перенос в узлах трения машин бытового назначения. - М.: Легпромбытиздат, 1987. - 104 с.

46. Мельников, В.Г. Избирательный перенос при трении металло-стеклянных материалов в растворах щелочей и управление этим процессом. / Эффект безызносности и триботехнологии, 1992. - № 2. - с. 21-26.

47. Киселев, В.В. Разработка металлосодержащих присадок к маслам, реализующих избирательный перенос при трении: Дис... канд. техн. наук. - Иваново: ИГХТУ, 2004.- 144 с.

48. Киселев, Б.Р. Работоспособность металлоплакирующих смазочных материалов в узлах трения / Б.Р. Киселев, С.А. Егоров. - Иваново: Иван. гос. хим. технол. ун-т, 2011.- 143 с.

49. Исследование износостойкости стальной пары трения в смазочной композиции, содержащей стеараты металлов / Б.Р. Киселев, К.Г. Березин, С.А. Егоров / Трение и смазка в машинах и механизмах, 2010. - № 7.- с. 25 - 29.

50. Влияние процессов деструкции на работоспособность смазочной композиции / К.Г. Березин, Н.И. Замятина, Б.Р. Киселев, Т.Г. Комарова / Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология, 2010. - Т. 53. - №9. - с. 116 - 119.

51. Возможные решения проблемы износа деталей механических систем и исполнительных органов оборудования текстильного производства / Е.С. Гуляев, А.К. Прокопенко / Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2012. - №1. - с. 108 - 110.

52. Повышение работоспособности червячных механизмов применением металлоплакирующих смазок. / Б.Р. Киселев, К.Г. Березин, С.А. Егоров, Р.Р. Алешин / Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. №4. - 2010. - с. 93 - 98.

53. Катаманов, А.А. Компьютерное моделирование маятникового трибометра / А.А. Катаманов, С.А. Егоров, С.Ю. Павлычев // Молодые ученые - развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК-2014) Сборник материалов международной научно-технической конференции.- Иваново, 2014.- С.18.

54. Мышкин, Н.К. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 368 с.

55. Катаманов, А.А. Разработка и исследование модели машины трения/ Р.Р. Алешин, А.А. Катаманов, А.В. Иванов, С.А. Егоров, Е.К. Викторов// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности - № 6 (360). - 2015. - С. 153 – 156

56. Патент на полезную модель №152958 Российская федерация. Устройство для измерения коэффициента трения текстильного материала/ Павлычев С.Ю., Катаманов А.А., Егоров С.А.; заявитель и патентообладатель ИВГПУ; опубл. 1.05.2015 Бюл. №32.- 3 с.

57. Катаманов, А.А. Система управления натяжением основы на основовязальных машинах / Е.К. Викторов, С.Ю. Павлычев, А.А. Катаманов, С.А. Егоров // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ - 2015). Сборник материалов международной научно-технической конференции.- Московский государственный университет дизайна и технологии. 2015.- С.250 - 252.

58. Катаманов, А.А. Электромеханическая микроконтроллерная система управления натяжением основы на основовязальных машинах/ Е.К. Викторов, С.Ю. Павлычев, А.А. Катаманов, С.А. Егоров// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности - № 6 (360).- 2015.- С. 161-163

59. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016611559 Российская федерация. Программный комплекс для измерения момента трения/ Катаманов А.А., Егоров С.А., Павлычев С.Ю.; заявитель и правообладатель ИВГПУ; опубл. 4.02.2016.- 3 с.

60. Катаманов, А.А. Смазочные материалы для парафинирования нитей / А.А. Корниенко, А.А. Катаманов, Н.Е. Егорова // НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ, сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции.- 2017.- С. 316 - 319.

61. Катаманов, А.А. Испытание компонентов смазочных материалов для парафинирования трикотажных нитей / А.А. Катаманов, Р.Р. Алешин // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2016) Т. 2. № 1.- Иваново, 2016.- С. 103 - 110.

62. Катаманов, А.А. Разработка смазочных материалов для парафинирования нитей / А.А. Корниенко, А.А. Катаманов, Н.Е. Егорова // Современные материалы, техника и технологии.- 2016, № 5(8).- С. 107 - 111.

63. Катаманов, А.А. Модернизация маятникового трибометра / А.А. Катаманов, С.А. Егоров, А.В. Иванов // Молодые ученые - развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК-2012).- Иваново, 2012.- С. 13 - 14.

64. Катаманов, А.А. Модернизация системы автоматизированного сбора данных машины трения/ А.А. Катаманов, С.А. Егоров, А.В. Иванов// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности - № 3 (351). - 2014. - С. 97 - 100

65. Катаманов, А.А. Конструкция маятникового трибометра с автоматическим измерением момента / И.С. Лебедев, А.А. Катаманов, А.В. Иванов // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Сборник научных трудов XII-ой Международной научно-практической конференции: в 4-х томах, 2015. - С. 353 - 356.

66. Катаманов, А.А. Разработка системы считывания технологических параметров машины трения / А.А. Катаманов, А.В. Иванов, С.А. Егоров, Е.К. Викторов // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ - 2015). Сборник материалов международной научно-технической конференции. - Московский государственный университет дизайна и технологии, 2015.- С. 253 - 256.

67. Катаманов, А.А. Автоматизированный сбор данных для машины трения / А.А. Катаманов, С.А. Егоров // Молодежь и новые информационные технологии. Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых в рамках Программы развития деятельности студенческих объединений Череповецкого государственного университета «РАЙОН IT».- Череповец, 2016.- С. 110-114.

68. Катаманов А.А. Изучение колебательного процесса маятниковой машины трения / А.А. Катаманов, С.А. Егоров // Молодые ученые - развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК-2017) № 2.- Иваново, 2017.- С. 264.

69. Катаманов, А.А. Применение цифрового энкодера для исследования процесса трения текстильных материалов // Прогрессивные технологии и процессы. Сборник научных статей 2-й Международной молодежной научно-практической конференции в 3-х томах.- 2015.- С. 46 - 47.

70. Катаманов, А.А. Применение цифрового датчика угла поворота для измерения коэффициента трения текстильных материалов / А.А. Катаманов, С.А. Егоров // Молодые ученые - развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК-2015).- Иваново. 2015.- С. 46 - 47.

71. Михайлов, А.В. Теория трения и изнашивания: Учебно-методический комплекс. - Санкт Петербургский горный университет, 2016.- 166 с.

72. Попов, В. А. Механика контактного взаимодействия и физика трения : от нанотрибологии до динамики землетрясений. - М.: Физматлит, 2013. - 350 с.

73. Пакшвер, А.Б. Физико-химические основы технологии химических волокон.- М.: Химия, 1972. - 432 с.

74. Кукин, Г. Н. Текстильное материаловедение.- М., 1989.- 349 с.

75. Кларк Эшли Р. Микроскопические методы исследования материалов.- Москва: Техносфера, 2007. - 376 с.

76. Машков, Ю. К. Трибофизика металлов и полимеров: монография. -Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. - 240 с.

77. Перепелкина, С.Ю. Методика исследования трибологических характеристик материалов на машине трения / С.Ю. Перепелкина, П.П. Коваленко // Изв. вузов. Приборостроение. Т. 59, № 8.- Санкт-Петербург, 2016.- С. 636 - 639.

78. Крагельский, И. В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.И. Добычин, В.С. Комбалов// М.: Машиностроение, 1977.- 530 с.

79. Степанова, Т. Ю. Разработка и исследование эмульсирующих составов на основе полиэтиленгликолей как регуляторов трения волокно-волокно и волокно-металл: Дис... канд. техн. наук. - Иваново: ИГХТУ, 2003.- 106 с.

80. Линева, Н. А. Совершенствование технологии выработки пряжи путем изменения фрикционных характеристик волокон замасливанием: Дис... канд. техн. наук. - Ташкент: ТИТиЛП, 1994.- 253 с.

81. Молоснов, К.А. Разработка трикотажных полотен для армирования композиционных материалов: Дис... канд. техн. наук. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна, 2013.- 180 с.

82. Станиичук, А. В. Разработка методов и создание аппаратуры для исследования деформационных свойств и структурных параметров трикотажа: Дис... канд. техн. наук. – Благовещенск: АГУ, 1995.- 142 с.

83. Ситникова, И.Н. Повышение эффективности процессов нитеподачи и петлеобразования на трикотажных машинах: Дис... канд. техн. наук. - Иваново: ИГТА, 2011.- 183 с.

84. Радченко, О.В. Разработка процесса парафинирования хлопчатобумажной пряжи для получения трикотажного полотна: Дис... канд. техн. наук. - Иваново: ИГТА, 2001.- 152 с.

85. Чайкин, В. А. Теоретические основы процессов взаимодействия нитей с рабочими органами текстильных машин: Дис... докт. техн. наук. - Санкт-Петербург: СПГУТиД, 2002.- 355 с.

86. Доценко, В. Г. Исследование и усовершенствование механизмов нитеподачи основовязальных машин: Дис... канд. техн. наук. - Москва: МТИ, 1984.- 260 с.

87. Гаркунов, Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. 4-е изд. - М.: Изд-во МСХА, 2001. - 616 с.
88. Гаркунов, Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин): Учебник. - 5-е изд. - М.: Изд-во МСХА, 2002. - 632 с.
89. Крагельский, И.В. Узлы трения машин / Под ред. И.В. Крагельского, Н.М. Михина // Справочник. - М.: Машиностроение, 1984. - 280 с.
90. Шведков, Е.Л. Словарь - справочник по трению, износу и смазке деталей машин.- Киев: Наук. думка, 1979.- 188 с.
91. Кудрявин, Л.А. Основы технологии трикотажного производства. - М.: Лёгкая промышленность и бытовое обслуживание, 1991.- 496 с.
92. Компоненты базовой основы трибологически активных присадок / Стребков, С.В., Казаринов, А.В., Титов, С.И. / Вестник ОрёлГАУ, 2011. - №2. - с. 104 - 105.
93. Порохов, В.С. Трибологические методы испытания масел и присадок.- М.: Машиностроение, 1983.- 183 с.
94. Радин, Ю.А. Безызносность деталей машин при трении.- Л.: Машиностроение, 1989.- 229 с.
95. Береснев, В.М. Влияние многокомпонентных и многослойных покрытий на процессы трения и износа / Оpubл. в ФИП PSE т. 2, 2004.- № 4.- с. 214 - 219.
96. Богданович, П.Н. Трение и износ в машинах / П.Н. Богданович, С.П. Богданович, А.А. Кривенков // Практикум. - Гомель: БелГУТ, 2014. - 67 с.
97. Комбалов, В. С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов. Справочник.- М.: Машиностроение, 2008. - 384 с.
98. Куксенова, Л.И. Методы испытаний на трение и износ.- М: Интермет Инжиниринг, 2001. - 152 с.
99. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.- М., 1976.- 280 с.
100. Бездудный, Ф.Ф. Математические методы и модели в планировании текстильной и легкой промышленности.- М.: Легкая индустрия, 1979.- 439 с.

101. Копяс, К. Технология основовязаного трикотажа: Пер. в польского Бруева, В.А.- М.: Легпромбытиздат, 1991.- 192 с.
102. Каценеленбоген, А.М. Устройство, работа и обслуживание основовязальных машин / А.М. Каценеленбоген, Л.Д. Верховинина // М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.- 304 с.
103. Моисеенко, Ф.А. Нормализация процесса вязания на основовязальных машинах.- М.: Легкая индустрия, 1978.- 200 с.
104. Потемкин, Д.М. Развитие и усовершенствование основовязальных машин.- М.: Ростехиздат, 1963.- 243 с.
105. Оке, Б.С. Оптимизация процесса петлеобразования на трикотажных машинах.- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.- 152 с.
106. Морозова, Л.В. Исследование технологии петлеобразования тамбурным способом на основовязальной машине / Л. В. Морозова, О. Ю. Власова // Материалы II межд. научно-технич.конф. «Материаловедение-2002».- М.: МГУС, 2002.- с. 209 - 212.
107. Оценка напряженности процесса вязания на основовязальной машине Comez 609/b8 / Н. В. Банакова, В.Р. Крутикова, Т.В. Плаутина, А.Г. Безденежных // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. №6. - 2016. - с. 144 - 149.
108. Худых, М.И. Эксплуатационная надежность и долговечность оборудования текстильных предприятий. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 334 с.
109. Брут-Бруляко, А.Б. Зависимость коэффициента трения льняной пряжи от скорости движения/ А.Б. Брут-Бруляко, А.Н. Ступников, Х.Ш. Кешинян// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004. - № 5. С. 43 - 45.
110. Букалов, Г.К. Развитие теории взаимодействия текстильного продукта с нитепроводящими рабочими органами и методов повышения их износостойкости: Автореферат дис. д.т.н. – Кострома: КГТУ. – 2001. – 36 с.
111. Букалов, Г.К. Методика построения равноизносного игольного поля дискретизирующих барабанчиков машины ППМ-240Ш/ Г.К. Букалов,

О.Н. Лебедева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998. - №5 – С. 84 - 87.

112. Букалов, Г.К. Разработка модели изнашивания нитепроводников на основе анализа контакта нити с нитепроводящими деталями/ Г.К. Букалов, С.В. Чистяков, М.И. Худых // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1990. - № 5. – С. 95 - 98.

113. Bhushan B. Handbook of Micro / Nano Tribology Second Edition. - CRC, 1999.- 777 p.

114. Neale M. J. Lubrication and Reliability Handbook Butterworth-Heinemann, 2001.- 265 p.

115. Booser E. R. The Handbook of Tribology Data: An excellent Friction, Lubrication and Wear Resource, CRC - Press, 1997.- 1120 p.

116. Booser E. R. Handbook of Lubrication and Tribology. V.3. Monitoring, Materials, Synthetic Lubricants and Applications. CRC Press, 1994.- 587 p.

Приложение А. Программа для микроконтроллера

```

volatile int s1=0;           //Объявление переменных
int N=0;
int i=0;
int t=0;
char txt [7];

void interrupt (void)      //Процедура обработки прерывания
{
    INTCON.GIE=0;
    if (OPTION_REG.INTEDG)
    {
        if (PORTB&0b00000010) s1++; else s1--;
        OPTION_REG.INTEDG=0;
    }
    else {
        if (PORTB&0b00000010) s1--; else s1++;
        OPTION_REG.INTEDG=1;
    }
    INTCON.INTF=0;
    INTCON.GIE=1;
}

void main() {              //Инициализация контроллера
    ANSEL = 0;
    ANSELH = 0;
    TRISB=0xFF;
    TRISD=0x00;
    PORTD=0x00;
    INTCON=0b10010000;
    OPTION_REG.INTEDG=1;
    UART1_Init(9600);
    Delay_ms(100);
    PORTD=0b00000010;

    while (1)
    {
        if (UART1_Data_Ready() == 1) //Проверка связи с компьютером
        {
            i = UART1_Read();
            UART1_Write(i);
            Delay_ms(100);
        }
        if (i==0XAA) {
            PORTD=0b00000110;
            if (UART1_Data_Ready() == 1) N = UART1_Read(); //Получение кол-ва измерений
            if (UART1_Data_Ready() == 1) t = UART1_Read(); //Получение времени паузы
            PORTD=0b00001111; //Включение двигателя
        }

        for (i=0;i<=N;i++) //Цикл передачи данных на компьютер
        {
            if (i>N/2){ PORTD=0b00001110;}; //Выключение двигателя
            IntToStr(s1, txt);
            UART1_Write_Text(txt); //Передаём значения в COM порт
            UART1_Write(13);
            UART1_Write(10);
            Vdelay_ms(t-8);
        }
        PORTD=0b00000010;
    }
}

```

```
s1=0;
t=0;
N=0;
i=0;
OPTION_REG.INTEDG=1;
INTCON=0b10010000;
}
}
```

Приложение Б. Программный код разработанного программного обеспечения для измерения коэффициента трения

```

Imports System.IO
Imports System.IO.Ports
Public Class frmChif
    Private B As Boolean = False
    Private Sub btnClose_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnClose.Click
        SerialPort1.Close()
        btnOpen.Enabled = True
        btnClose.Enabled = False
        btnStart.Enabled = False
        btnGraf.Enabled = False
        btnFile.Enabled = False
    End Sub
    Private Sub txtTimeOutRead_Validating(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.ComponentModel.CancelEventArgs) Handles txtTimeOutRead.Validating
        If Not IsNumeric(sender.text) Then e.Cancel = True Else e.Cancel =
False
    End Sub
    Private Sub btnFile_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnFile.Click
        SaveFileDialog1.DefaultExt = ".txt"
        SaveFileDialog1.Filter = "Текстовый файл|*.txt|Все файлы|*.*"
        If SaveFileDialog1.ShowDialog = Windows.Forms.DialogResult.OK Then
            Dim SR As New StreamWriter(SaveFileDialog1.FileName)
            For i = 1 To ListBox1.Items.Count - 1
                SR.WriteLine(ListBox1.Items(i))
            Next
            SR.Close()
        End If
    End Sub
    Private Sub btnSize_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnSize.Click
        B = Not B
        Timer1.Start()
    End Sub
    Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer1.Tick
        If B Then
            'Выдвинуть панель настроек порта
            If Me.Width < GroupBox1.Right + 25 Then Me.Width += 6 Else
Timer1.Stop() : If Not B Then btnSize.Text = ">" Else btnSize.Text = "<"
        Else
            'Убрать панель настроек порта
            If Me.Width > PictureBox1.Right + 25 Then Me.Width -= 6 Else
Timer1.Stop() : If Not B Then btnSize.Text = ">" Else btnSize.Text = "<"
        End If
        btnSize.Location = New Point(Me.Size.Width - btnSize.Size.Width - 10,
btnSize.Location.Y)
    End Sub
    Private Sub btnOpen_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnOpen.Click
        Dim anser As String
        If SerialPort1.IsOpen Then SerialPort1.Close()
        'Принять настройки и открыть порт
        btnClose.Enabled = True
        btnOpen.Enabled = False
        btnStart.Enabled = True
    Try

```

```

With SerialPort1
.PortName = cmbPortName.Text 'Имя порта
.DataBits = cmbNBit.Text 'Бит в байте
.BaudRate = cmbSpeed.Text ' Скорость обмена
.Parity = cmbParity.SelectedIndex 'Контроль четности
.StopBits = cmbStopBit.SelectedIndex + 1 'Количество стоп - бит
.Handshake = cmbRule.SelectedIndex 'Контроль управления потоком
.DiscardNull = cskDiscardNull.Checked ' Пропускать пустые байты
.ReadTimeout = IIf(IsNumeric(txtTimeOutRead.Text),
txtTimeOutRead.Text, -1)
.Open()
.WriteTimeout = IIf(IsNumeric(txtTimeOutWrite.Text),
txtTimeOutWrite.Text, -1)
anser = "Порт открыт с параметрами:" & vbCrLf & "Имя :" &
.PortName & vbCrLf _
& "Скорость: " & .BaudRate.ToString & vbCrLf & "Стоп-бит: " &
.StopBits.ToString & vbCrLf _
& "Контроль четности: " & .Parity.ToString & vbCrLf & "Количество
значащих бит: " & .DataBits _
& vbCrLf & "Управление потоком данных: " & .Handshake.ToString &
vbCrLf & "Пропуск пустых байт: " & IIf(cskDiscardNull.Checked, "Нет", "Да") &
vbCrLf _
& "Время ожидания приема: " & .ReadTimeout.ToString & " мс" &
vbCrLf _
& "Время ожидания передачи: " & .WriteTimeout.ToString & " мс"
MsgBox(anser, MsgBoxStyle.Information)

End With
Catch ex As Exception
MsgBox("Ошибка настройки и открытия порта: " & ex.ToString,
MsgBoxStyle.Exclamation)
End Try
End Sub

Private Sub frmChif_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
cmbParity.SelectedIndex = 0
cmbStopBit.SelectedIndex = 0
cmbRule.SelectedIndex = 0
End Sub

Private Sub btnGraf_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnGraf.Click
DOCRGR()
End Sub

Private Sub txtTimeOutRead_DoubleClick(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles txtTimeOutRead.DoubleClick,
txtTimeOutWrite.DoubleClick
sender.selectAll()
End Sub

Public Sub CreateGr(ByVal l As ListBox, ByVal tg As Object, ByVal t As
TextBox)
Dim gr As Graphics
Dim m As Double
Try
gr = tg.CreateGraphics
gr.Clear(tg.backcolor)
Dim p() As Point 'Координаты точек графика
ReDim p(l.Items.Count - 1)
m = l.Items(1)
For i = 0 To UBound(p)
p(i) = New Point(i * tg.width / l.Items.Count, l.Items(i))
If Math.Abs(p(i).Y) > m Then m = Math.Abs(p(i).Y)
Next

For i = 0 To UBound(p)

```

```

        If m <> 0 Then
            p(i).Y = -(p(i).Y / m * tg.Height / 3) + tg.Height / 2
        Else
            p(i).Y = p(i).Y * tg.Height / 3 + tg.Height / 2
        End If
    Next
    gr.DrawLine(Pens.Red, tg.width \ 2, 0, tg.width \ 2, tg.Height)
    Dim p1 As New Pen(Color.Brown, 4)
    gr.DrawLine(p1, CSng(0), CSng(tg.height / 2), CSng(tg.width),
CSng(tg.height / 2))
    gr.DrawLines(New Pen(PictureBox2.BackColor, 1), p)
Catch ex As Exception
    MsgBox(ex.ToString)
Exit Sub
End Try

End Sub
Public Sub DOCRGR()
    If CheckBox1.Checked Then
        frmGrafic.Show()
        CreateGr(ListBox1, frmGrafic, txtNIZM)
    Else
        CreateGr(ListBox1, PictureBox1, txtNIZM)
    End If
End Sub

Private Sub PictureBox2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles PictureBox2.Click
    If ColorDialog1.ShowDialog = Windows.Forms.DialogResult.OK Then
        PictureBox2.BackColor = ColorDialog1.Color
    End If
End Sub

Private Sub btnStart_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnStart.Click
    Dim tn As Integer
    Dim d() As Byte = {&HAA} 'формируем управляющий байт
    Dim x As Integer ' принимаемое от контроллера значение
    ListBox1.Items.Clear() ' очистка списка перед приемом
    lblPauza.Text = 0
    ListBox1.BackColor = Color.White
    ProgressBar1.Maximum = txtNIZM.Text
    SerialPort1.Close()
    SerialPort1.Open()

    Do ' повторяем, пока от контроллера не придет байт &HAA
    SerialPort1.Write(d, 0, 1) ' передаем контрольный байт
    Try
        x = SerialPort1.ReadByte() ' Ответ пришел, читаем принятый байт
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.ToString)
    Exit Sub
    End Try
    у.Application.DoEvents()
    Loop Until x = &HAA ' Если принят управляющий код, прекращаем вызов
контроллера и переходим в режим чтения сообщения от контроллера
    Dim craf As Graphics
    craf = PictureBox1.CreateGraphics
    craf.Clear(PictureBox1.BackColor)
    If RadioButton1.Checked Then
        If txtNIZM.Text <= 255 Then d(0) = txtNIZM.Text Else
MsgBox("Недопустимое значение количества измерений", MsgBoxStyle.Exclamation)
        SerialPort1.Write(d, 0, 1)

```

```

        If cmbPausa.Text <= 255 Then d(0) = cmbPausa.Text Else
MsgBox("Недопустимое значение задержки между измерениями",
MsgBoxStyle.Exclamation)
        SerialPort1.Write(d, 0, 1)
        For i As Integer = 0 To txtNIZM.Text - 1
            Try
                x = SerialPort1.ReadByte
            Catch ex As Exception
                ListBox1.BackColor = Color.Red
            Exit For
        End Try
        Filter(x)
        My.Application.DoEvents()
    Next
Else
    ListBox1.Items.Clear()
    If txtNIZM.Text <= 255 Then d(0) = txtNIZM.Text Else
MsgBox("Недопустимое значение количества измерений", MsgBoxStyle.Exclamation)
    SerialPort1.Write(d, 0, 1)
    If cmbPausa.Text <= 255 Then d(0) = cmbPausa.Text Else
MsgBox("Недопустимое значение задержки между измерениями",
MsgBoxStyle.Exclamation)
    SerialPort1.Write(d, 0, 1)
    Dim k As Integer
    Dim s As String

    tn = Microsoft.VisualBasic.DateAndTime.Timer
    Do While k < txtNIZM.Text
        Try
            s = SerialPort1.ReadLine
        Catch ex As Exception
            s = -100
        Exit Do
    End Try

        x = Val(s)
        Filter(x)
        ProgressBar1.Value = k
        k += 1
    Loop
    lblPauza.Text = Format(Microsoft.VisualBasic.DateAndTime.Timer - tn,
"#.####") & " c"
    End If
    btnGraf.Enabled = True
    btnFile.Enabled = True

    DOCRGR()

End Sub
Sub Filter(ByVal x As Integer)
    Static x1 As Integer
    If CheckBox2.Checked Then
        If x < 200 And x > -2 And Math.Abs(x - x1) < 5 Then
ListBox1.Items.Add(x) 'else
        Else
            ListBox1.Items.Add(x)
        End If
        x1 = x
    End Sub
End Class

Public Class frmGrafic
    Private GR As Graphics ' Холст для вывода графика

```

```

Dim PnGrid As New Pen(Color.Black, 1) 'Вспомогательные линии сетки
Dim PnGridBase As New Pen(Color.Black, 2) 'Оси сетки
Dim PnLine As New Pen(Color.Red, 2)
Dim b As Boolean = False

Private Sub frmGrafic_FormClosed(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.FormClosedEventArgs) Handles Me.FormClosed
    b = False
End Sub ' Линия графика
Private Sub frmGrafic_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load
    b = True
End Sub

Private Sub frmGrafic_Paint(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.PaintEventArgs) Handles Me.Paint
    GR = e.Graphics
End Sub

Private Sub frmGrafic_Resize(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Me.Resize

    If b Then frmChif.DOCRGR()
End Sub
End Class

```

Приложение В. Пример полученных данных и результата обработки

Таблица П.1 – Полученные данные от системы измерения трения

Полученные значения	Пересчитанные значения угла
0	0
0	0
5	0,2
22	0,88
66	2,64
104	4,16
141	5,64
171	6,84
187	7,48
188	7,52
178	7,12
159	6,36
137	5,48
112	4,48
90	3,6
73	2,92
65	2,6
66	2,64
73	2,92
88	3,52
104	4,16
122	4,88
136	5,44
145	5,8

148	5,92
144	5,76
137	5,48
127	5,08
118	4,72
108	4,32
102	4,08
99	3,96
100	4
104	4,16
109	4,36
114	4,56
118	4,72
122	4,88
122	4,88
122	4,88
121	4,84
119	4,76
117	4,68
116	4,64
115	4,6
116	4,64
115	4,6
115	4,6
117	4,68
116	4,64
118	4,72
117	4,68
117	4,68
117	4,68
117	4,68
116	4,64
117	4,68
116	4,64
116	4,64
116	4,64
116	4,64
116	4,64
116	4,64
116	4,64
117	4,68
117	4,68
118	4,72
117	4,68
118	4,72
117	4,68
117	4,68
116	4,64
116	4,64
117	4,68
117	4,68
117	4,68
120	4,8
118	4,72
117	4,68

116	4,64
107	4,28
93	3,72
66	2,64
30	1,2
-7	-0,28
-37	-1,48
-56	-2,24
-60	-2,4
-52	-2,08
-36	-1,44
-15	-0,6
6	0,24
22	0,88
34	1,36
37	1,48
33	1,32
25	1
14	0,56
4	0,16
-3	-0,12
-7	-0,28
-7	-0,28
-5	-0,2
-3	-0,12
-2	-0,08
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0

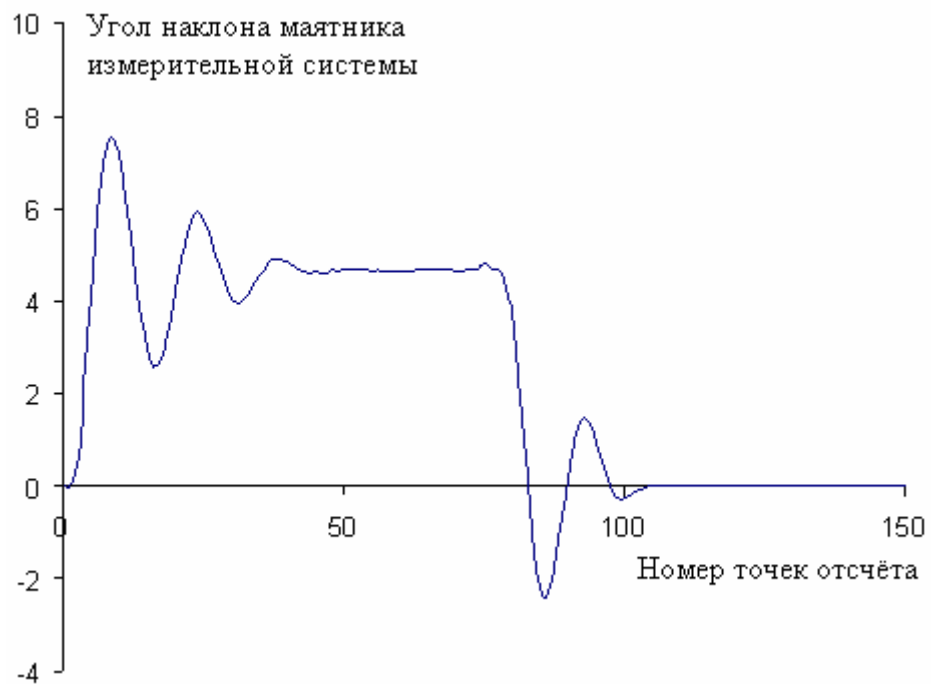


Рисунок П.1 – Результат обработки полученных данных

Приложение Г. Акты производственных испытаний

АКТ

Испытания устройства для стабилизации натяжения нитей основы на основовязальной машине

Комиссия в составе Чернышев А.Б., управляющий директор ООО ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР "НОВЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ", Егоров С.А., доцент, к.т.н., доцент кафедры Технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО ИВГПУ, Катаманов А.А., старший преподаватель кафедры Автоматики и радиоэлектроники ФГБОУ ВО ИВГПУ провела работы по испытанию устройства натяжения нити.

ООО "ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР "НОВЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ", было принято на испытания устройство натяжения нити основовязальной машины (согласно патента на полезную модель RU № 156103 U1 МПК D04B 7/14 (2006.01) Заявл. 03.02.2015. Опубл. 27.10.2015. Бюл. № 30. Авторы: Викторова Е.К., Егорова С.А., Алешин Р.Р., Павлычева С.Ю.).

Испытания проводились на машине ОВ-160 при выработке трикотажа из полиамидных нитей линейной плотностью 7,8 текс. В процессе испытания фиксировали натяжение нити при помощи прибора МТ-310 через каждые 10 сек. Испытание проводилось в течение 60 мин.

В результате применения предлагаемой конструкции устройства для нитей основы, было достигнуто повышение стабильности натяжения в 2,5 раза.

Заключение комиссии.

Устройство натяжения нити основовязальной машины рекомендуется к внедрению на проектируемых машинах.

Члены комиссии:

доцент, к.т.н., доцент кафедры
Технологических машин и
оборудования
ФГБОУ ВО ИВГПУ

20.11.17 С.А. С.А. Егоров
Дата Подпись
старший преподаватель кафедры
Автоматики и радиоэлектроники
ФГБОУ ВО ИВГПУ

20.11.17 А.А. А.А. Катаманов
Дата Подпись

Управляющий директор
ООО ИНЖИНИРИНГОВЫЙ
ЦЕНТР "НОВЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ"

А.Б. А.Б. Чернышев
Дата Подпись


АКТ

**Испытания устройства для измерения коэффициента трения
текстильного материала**

Комиссия в составе Чернышев А.Б., управляющий директор ООО "ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР "НОВЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ", Егоров С.А., доцент, к.т.н., доцент кафедры Технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО ИВГПУ, Катаманов А.А., старший преподаватель кафедры Автоматики и радиоэлектроники ФГБОУ ВО ИВГПУ провела работы по испытанию устройства натяжения нити.

ООО "ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР "НОВЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ", было принято на испытания устройство для измерения коэффициента трения текстильного материала (согласно патента на полезную модель RU № 152958 U1 МПК G01N 33/36 (2006.01) Заявл. 13.10.2014. Оpubл. 27.06.2015. Бюл. № 18. Авторы: Викторова Е.К., Катаманова А.А., Павлычева С.Ю.).

Испытания проводились на машине ОВ-160 при выработке трикотажа из полиамидных нитей линейной плотностью 7,8 текс. В процессе испытания фиксировали натяжение нити при помощи прибора МТ-310 через каждые 10 сек. Испытание проводилось в течение 60 мин.


В результате применения предлагаемой конструкции устройства для нитей основы, было достигнуто повышение стабильности натяжения в 2 раза.

Заключение комиссии.

Устройство для измерения коэффициента трения текстильного материала рекомендуется к внедрению на проектируемых машинах.



Члены комиссии:

доцент, к.т.н., доцент кафедры
Технологических машин и
оборудования
ФГБОУ ВО ИВГПУ

20.11.17  С.А. Егоров
Дата Подпись
старший преподаватель кафедры
Автоматики и радиоэлектроники
ФГБОУ ВО ИВГПУ

20.11.17  А.А. Катаманов
Дата Подпись

Управляющий директор
ООО ИНЖИНИРИНГОВЫЙ
ЦЕНТР "НОВЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ"

 А.Б. Чернышев
Дата Подпись


Приложение Д. Патент на полезную модель

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 152958

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА
ТРЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ивановский государственный политехнический университет (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014141193

Приоритет полезной модели 13 октября 2014 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 01 июня 2015 г.

Срок действия патента истекает 13 октября 2024 г.

Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



Приложение Е. Свидетельство о государственной регистрации
программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2016611559

Программный комплекс для измерения момента трения

Приводитель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Ивановский
государственный политехнический университет» (RU)*

Авторы: *Катаманов Алексей Андреевич (RU), Егоров Сергей
Анатольевич (RU), Павлычев Сергей Юрьевич (RU)*

Заявка № 2015662266
Дата поступления 14 декабря 2015 г.
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ 04 февраля 2016 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности



Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев