

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Электрические машины и электропривод

«Допущен к защите»  
Заведующий кафедрой ЭМЭП  
Калчева К.М., к.т.н. доцент  
(Ф.И.О., ученая степень, звание)  
«    » 20 г.  
(подпись)

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: Модернизация электропривода ткацкого станка для  
производства полчатокленовых мешков

Выполнил Мелешенко В.С. ЭАТК-75-7  
(Фамилия и инициалы студента) группа

специальность 5В071800 - Электроэнергетика

Научный руководитель Цуба Ю.А. к.т.н. профессор  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

[Подпись] «22» 05 2019г.  
(подпись)

Рецензент: \_\_\_\_\_  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
«    » 20 г.  
(подпись)

Консультанты:

по экономической части:

Жакыпов А.А., к.т.н. профессор  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
[Подпись] «03» 06 2019г.  
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Санатова Т.С., к.т.н. доцент  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
[Подпись] «06» 06 2019г.  
(подпись)

Нормоконтролер:

Маркогайдарова М.Б. ст. прел  
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)  
[Подпись] «10» 06 2019г.  
(подпись)

Алматы 2019 г.

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Институт Электроэнергетики и электротехники  
Специальность 5В071800 - Электроэнергетика  
Кафедра Электрические машины и электропривод

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Студент Мелещенко Владислав Сергеевич  
(фамилия, имя, отчество)

Тема работы Модернизация электропривода ткацкого станка для производства колцироциленовых мешков

утверждена приказом ректора № 124 от «26» 10 2018 г.

Срок сдачи законченной работы «   »     20    г.

Исходные данные, требуемые параметры результатов и исходные данные

1. Техническая документация и литература по автоматизированному электроприводу ткацкого станка для производства колцироциленовых мешков
2. Технические характеристики ткацкого станка серия DS-4/220.

Перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломной работе или краткое содержание:

1. Введение
2. Электропривод ткацкого станка и разработка технических требований к нему
3. Расчет электропривода станка и выбор его элементов
4. Разработка система управления электроприводом постоянного тока ткацкого станка в программе Matlab
5. Безопасность жизнедеятельности
6. Технико-экономическое обоснование
7. Заключение

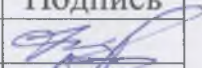

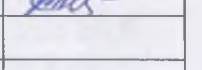
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Технологическая схема ткацкого станка
2. Конструктивно-заправочная линия электропривода ткацкого станка
3. Кривая изменения напряжения на шей основе
4. Внешний вид электродвигателя и его схема в разрезе
5. Нагрузочная диаграмма электродвигателя
6. Внешний вид тиристорного преобразователя
7. Структурная схема управления контроллером
8. Условное изображение двигателя постоянного тока
9. Структурная схема системы управления двигателем станка
10. Программа синтеза параметров системы управления
11. Переходные процессы момента и скорости двигателя

Рекомендуемая основная литература

1. Мивенцеврадзе А.П. Технология и оборудование ткацкого производства. - М.: Легкая промышленность, 1984. - 374 с.
2. Тавернье К. PIC - микроконтроллеры. - К.: ДМК - Пресс, 2006. - 464 с.
3. Хавронская А.М. Оценка технико-экономической эффективности программных средств: Методические указания по выполнению дипломных проектов и работ. - А.: КазНТУ, 2000. - 36 с.
4. Терехин В.М., Осиков О.И. Система управления электроприводов. - М.: Издательский центр "Академия", 2008. - 304 с.
5. Эшарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. Энергоиздат. Ленингр. отделение, 1982. - 392 с.

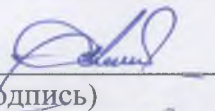
Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов

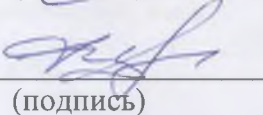
Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Основная часть	Цыба Ю.А.	27.05.2019	
Экономическая часть	Жакунов А.А.	03.06.2019	
Безопасность жизнедеятельности	Санацкова Т.С.	10.02 - 06.06.06	

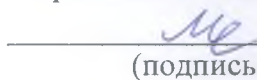
**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Введение	16.01.2019	
2	Электропривод ткацкого станка и разработка технических требований к нему	19.01.2019	
3	Расчет электропривода станка и выбор его элементов	20.02.2019	
4	Разработка системы управления электроприводом кромочного тока ткацкого станка в программе Matlab	12.03.2019	
5	Безопасность жизнедеятельности	06.06.2019	
6	Технико-экономическое обоснование	03.06.2019	
7	Заключение	06.06.2019	

Дата выдачи задания « 16 » 01 2019 г.

Заведующий кафедрой  Калиева К.М.  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель  Сыба Ю.А.  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению  
 Мелешенко В.С.  
(подпись студента) (Фамилия и инициалы)

## Аннотация

Целью дипломной работы является изучение и способы модернизации электродвигателя постоянного тока и электропривода ткацкого станка.

Для изучения способов модернизации станка необходимо провести расчет параметров станка, выбрать соответствующий электродвигатель и его элементы, смоделировать электропривод в программе Matlab.

В первой главе приведены основные характеристики ткацких станков, их механизмы. Объясняется процесс производства тканей и метод сплетения нитей. Во второй главе производится расчет требований станка и выбор электродвигателя, проверка его на соответствие. Рассчитываются динамические параметры электропривода. В третьей главе моделируется электропривод и предоставляются статистические характеристики электродвигателя.

Актуальность работы обуславливается повсеместной необходимостью полипропиленовых мешков для сыпучих материалов.

## **Annotation**

The aim of the thesis is to study and methods of modernization of the DC motor and the electric drive of the loom.

To study the methods of modernization of the machine it is necessary to calculate the parameters of the machine, select the appropriate motor and its elements, simulate the electric drive in the Matlab program.

The first Chapter presents the main characteristics of looms, their mechanisms. The process of production of fabrics and the method of plexus of threads is explained. In the second Chapter, the calculation of the requirements of the machine and the choice of the motor, checking it for compliance. Dynamic parameters of the electric drive are calculated. The third Chapter simulates the electric drive and provides statistical characteristics of the motor.

The relevance of the work is due to the widespread need for polypropylene bags for bulk materials.

## Андатпа

Дипломдық жұмыстың мақсаты тұрақты токтың электр қозғалтқышын және тоқу станогының электржетегін зерттеу және жаңғырту тәсілдері болып табылады.

Станокты жаңғырту тәсілдерін зерттеу үшін станоктың параметрлерін есептеуді жүргізу, тиісті электрқозғалтқышты және оның элементтерін таңдау, Matlab бағдарламасында Электржетекті модельдеу қажет.

Бірінші тарауда тоқу станоктарының негізгі сипаттамалары, олардың механизмдері келтірілген. Маталарды өндіру процесі және жіптерді өру әдісі түсіндіріледі. Екінші тарауда станок талаптарын есептеу және электрқозғалтқышты таңдау, оның сәйкестігін тексеру жүргізіледі. Электржетектің динамикалық параметрлері есептеледі. Үшінші тарауда электр жетегі модельделеді және электр қозғалтқышының статистикалық сипаттамалары беріледі.

Жұмыстың өзектілігі сусымалы материалдар үшін полипропиленді қаптардың барлық жерде қажеттілігіне байланысты.

## Содержание

Введение	9
1 Электропривод ткацкого станка и разработка технических требований к нему	10
1.1 Общая характеристика автоматического ткацкого станка	10
1.2 Конструктивно – заправочная линия электропривода станка	15
1.3 Общая характеристика эксплуатации электропривода станка	20
1.4 Механизм натяжения и подачи основы с навоя	24
1.5 Автоматический ленточный тормоз навоя станка	26
1.6 Требования к электроприводу станка главного движения	28
2 Расчет электропривода станка и выбор его элементов	29
2.1 Расчет параметров по выбору электродвигателя и его проверка по нагреву	29
2.2 Выбор и расчет системы электропитания станка	34
2.3 Расчет динамических параметров системы электропривода	35
2.4 Система управления приводом электродвигателя	38
3 Разработка системы управления электроприводом постоянного тока ткацкого станка в программе Matlab	41
3.1 Модель двигателя постоянного тока в среде Simulink	41
3.2 Структурная схема и математическое описание системы управления	43
3.3 Устойчивость системы управления электропривода ткацкого станка	45
3.4 Алгоритм и программа синтеза параметров системы управления электропривода ткацкого станка	49
3.5 Виртуальная модель электропривода ткацкого станка	53
4 Безопасность жизнедеятельности	57
4.1 Общие требования безопасности	57
4.2 Расчет защитного заземления	61
4.3 Пожарная безопасность	62
5 Техничко – экономическая часть	64
5.1 Расчет эксплуатационных расходов станка DS - 4 / 720	64
5.2 Расчет заработной платы	64
5.3 Расчет отчислений на социальные нужды	65
5.4 Расчет амортизационных отчислений	66
5.5 Расчет расходов на материалы	67
5.6 Расчет прочих расходов	67
5.7 Расчет накладных расходов	67
5.8 Расчет эффективности станка DS - 4 / 720	68
Заключение	70
Список литературы	71



## Введение

Станок DS – 4/720 является перспективным средством комплексной автоматизации производственных процессов по производству полипропиленовых мешков. Применение таких станков позволяет существенно повысить производительность труда, эффективность действующего и вновь проектируемого оборудования, а также избавить человека от монотонных, физически тяжелых работ. Станок можно перенастраивать и перепрограммировать. Благодаря этим свойствам станок успешно используют для производства полипропиленовых мешков с полиэтиленовым вкладышем.

Однако совершенствование и внедрение таких станков в производство в значительной мере сдерживается отсутствием научно – методических основ проектирования самих станков, являющихся сложными по конструкции, и очень шумными в работе. Разработка станка DS – 4/720 - сложная задача, требующая обоснованного выбора разработок и всестороннего учета технических, экономических и социальных аспектов. Сложность задачи также усугубляется несовершенными системами управления станками. Зачастую они слишком громоздки и требуют определенных навыков в написании и отладки программ, переналадки оборудования и т.д. Станки, работающие под управлением этих систем, действовали строго в соответствии с заданной программой. Это, в свою очередь, приводило к тому, что при малейшем отклонении от графика технологических операций, станок просто останавливался и ждет указаний оператора.

В настоящее время, когда компьютерная техника проникает во все сферы действия человека, значительно облегчая работу, на которую раньше уходило много затрат, перед разработчиками открылись ранее не виданные просторы в создании компактных, простых и более функциональных систем управления станками таких типов. Появилась возможность создания адаптивных и даже интеллектуальных систем управления, т.е. при возникновении отклонений от графика технологических операций, система управления станка сможет сама оценить ситуацию и принять соответствующее решение.

В завершении можно сказать, что данная дипломная работа «Модернизация электропривода ткацкого станка для производства полипропиленовых мешков», создавалась именно в этом направлении - чтобы улучшать производительность и эффективно работать в нынешних условиях конкурентности рынка.

# **1 Электропривод ткацкого станка и разработка технических требований к нему**

## **1.1 Общая характеристика автоматического ткацкого станка**

1.1.1 Классификация ткацких станков. Чтобы достигнуть увеличения производства тканей, необходимо всемерно использовать новейшие достижения науки и техники, существенно улучшить технику и технологию производства, в частности ткацкого. Одним из основных путей совершенствования ткацкого производства является оснащение фабрик ткацкими станками новейших конструкций.

Задача усовершенствования процесса ткачества, связанная с внесением изменений в конструкцию ткацкого станка, может быть решена путем модернизации существующего челночного (классического) станка и путем создания ткацких станков принципиально новых систем.

В настоящее время существует три основные системы ткацких станков (машин):

- челночные станки — челнок несет в себе уточную паковку с уточной пряжей и, перемещаясь в зеве, прокладывает уточную нить; осуществляется периодическое чередование основных технологических операций (прокладывание уточной нити, приборя ее и зевобразования);

- бесчелночные станки — прокладчик утка не несет уточной паковки, прокладка уточной нити в зеве осуществляется посредством микрочелнока или струей сжатого воздуха, капельно-жидкой струей воды, специальной рапирой; сохраняется периодичность основных технологических операций;

- ткацкие машины — челночные и бесчелночные, на которых происходит непрерывный процесс формирования ткани. Характерной особенностью этой группы является совмещение во времени трех основных операций: прокладки уточной нити, приборя ее и зевобразования, с использованием принципа бегущей точки (одной или нескольких) приборя и принципа волнообразно или ступенчато бегущего зева.

Челночные ткацкие станки подразделяются на группы в зависимости от следующих особенностей:

- области применения (станки для выработки хлопчатобумажных, шерстяных, льняных, специальных и других тканей);

- способа смены утка (станки автоматические, у которых при доработке или обрыве уточной нити уточная паковка заменяется полной автоматически на ходу станка, автоматические ткацкие станки подразделяются на станки со сменой уточной паковки и сменой челнока; механические, когда смена уточной паковки производится вручную при остановленном станке):

- ширины станка (станки с рабочей шириной 100, 120, 175 см и др.);
- вида зевобразовательного механизма (станки эксцентриковые, кареточные и жаккардовые);

- конструкции боевого механизма (станки со средним, нижним, кулачковым, кривошипным боем);
- числа челноков в работе (станки одночелночные и многочелночные);
- системы предохранительного механизма, предупреждающего отрыв нитей основы при недолете или замене челнока в зеве (станки замочные и беззамочные — с откидным бердом);
- длины поводков батанного механизма (станки с нормальным, коротким или длинным поводками) [1].

1.1.2 Понятие об образовании ткани на челночном ткацком станке. Процесс выработки ткани на ткацком станке называется ткачеством. Ткань состоит из двух систем нитей, одна из которых расположена в продольном направлении и называется основой, другая — в поперечном направлении и называется утком. На ткацком станке основа и уток переплетаются в определенном порядке, называемом переплетением.

Изменяя виды (волоконный состав и конструкцию) применяемых нитей, их количество, последовательность переплетения, вырабатывают ткани различного строения.

Принцип образования ткани показан на рисунке 1.1. В простейшем виде он состоит в том, что вся основа делится на две части (четные и нечетные нити), которые раздвигаются в противоположные стороны; в образовавшееся между ними пространство, называемое зевом, вводится уточная нить, после чего часть нитей основы меняется местами. Основа и уток в результате этого взаимно огибают друг друга, возникает их переплетение, обеспечивающее связь между нитями.

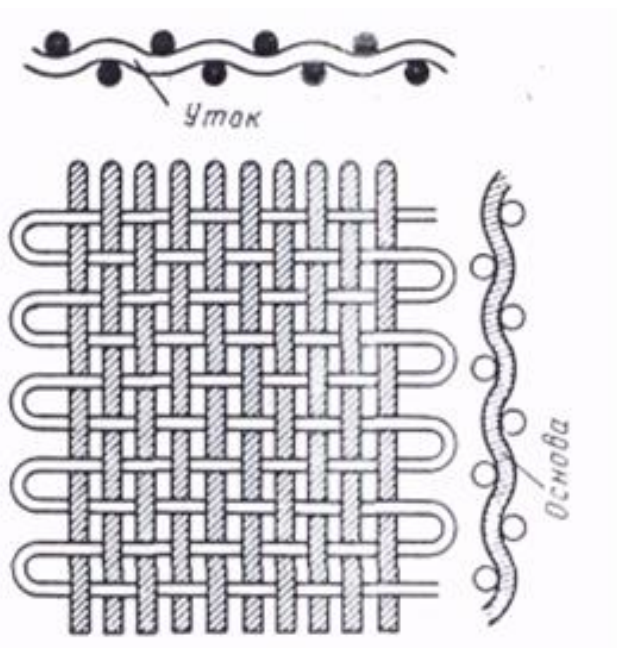


Рисунок 1.1 – Схематическое изображение ткани полотняного переплетения

На рисунке 1.2 представлена технологическая схема ткацкого станка. Нити основы, сматываемые с ткацкого навоя 1, огибают круглый стержень — скало 2, проходят через ламели 3, отверстия галев 4, ремизок 5, зубья берда 6 и подходят к опушке ткани 9. Ремизки 5 представляют собой рамки, служащие для образования зева между частями основы. Наименьшее число ремизок — две, наибольшее — обычно не более 12 — 16.

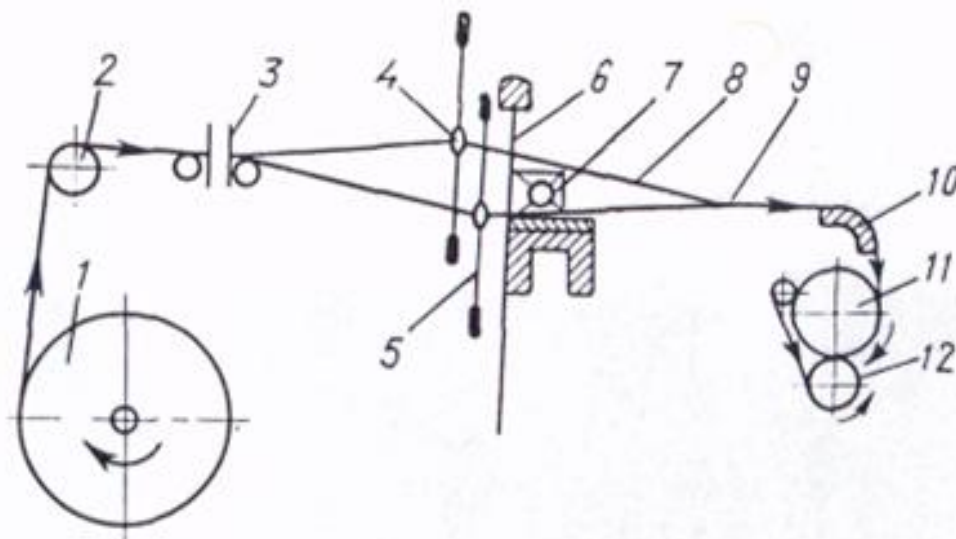


Рисунок 1.2 – Технологическая схема ткацкого станка

При большем числе ремизок можно вырабатывать ткани более сложных разнообразных переплетений. Для выработки тканей с наиболее сложными по рисунку переплетениями применяют жаккардовые машины, имеющие специальные программные устройства, позволяющие в соответствии с заданным рисунком образовать зев в любой комбинации нитей основы.

Бердо 6 представляет собой рамку с вертикально укрепленными зубьями, между которыми проходят нити основы. Бердо укреплено на батане, при качательном движении которого происходит прибавление проложенного в зев 8 утка 7 к опушке ткани 9.

Ткань формируется в результате прибавления утка и смены положения ремизок, удерживается двумя шпартутками-стержнями с иглами, на которые накладываются края ткани. По выходе из шпартуток ткань огибает грудницу 10, вальш 11 и наматывается на товарный валик 12. Нарботанная ткань из ткацкого цеха поступает в отдел технического контроля [2].

1.1.3 Общее устройство станка DS – 4/720. Автоматический шести челночный ткацкий станок DS – 4/720 предназначен для выработки хлопчатобумажных тканей из пряжи средних линейных плотностей. Станок имеет жесткий остов с низкими рамами.

Привод станка осуществляется от индивидуального электродвигателя. Движение главному валу передается посредством зубчатой передачи и

массивной фрикционной муфты включения. Для останова станка служит быстродействующий колодочный тормоз. Батан — с замочным устройством. Металлический брус батана изготовлен из легкого сплава. Конструкция станка позволяет работать с частотой вращения главного вала  $240 \text{ мин}^{-1}$ . При этом обеспечивается пуск станка из любого положения коленчатого вала и останов станка в положении заступа. В местах интенсивного трения деталей введена консистентная смазка.

На станке автоматизированы смена шпуль в челноке, наблюдение за обрывами нитей основы и утка, за сходом нити "утка с початка, поддержание постоянства натяжения и подачи основы, учет количества проложенных уточин.

Станок имеет автомат смены шпуль барабанного типа, уточное щупло механического действия под резервную намотку шпуль, боковую уточную вилочку, ламельный основонаблюдатель механического действия, планетарный или червячный регулятор натяжения и подачи основы (по условиям заказа), механизм набора полотна позитивного действия с прижимным валиком, трехсменный счетчик числа уточных прибоев, боевой механизм среднего боя.

На станке устанавливают либо эксцентриковый ремизоподъемный механизм ЭР-2 для выработки тканей полотняного переплетения, либо двухподъемную ремизную каретку РК-12-1 для выработки мелкоузорчатых тканей. Станок DS – 4/720 является базовой конструкцией автоматических челночных и многочелночных ткацких станков тайванского производства.

Технологическая схема станка представляет собой изображение его продольного разреза, на котором указывается путь перемещения обрабатываемого продукта (основы) и расположение деталей станка, с которыми соприкасается движущийся продукт.

Ткань образуется следующим образом. Как только ремизки переместятся и образуют зев, в этот зев пролетает ткацкий челнок, выбиваемый из челночной коробки боевым механизмом. При своем полете челнок скользит по полированной планке — склизу, закрепленному на брус батана, непосредственно над которым находятся нити нижней части зева. Конец нити, выходящей из челнока, задерживается кромкой ткани, поэтому нить сматывается с початка во время полета челнока. Челнок, пролетев через зев, попадает в челночную коробку с другой стороны станка и затормаживается в ней [3].

Уточная нить, оставшаяся в зеве, прибивается к опушке ткани с помощью берда, укрепленного в брус батана. Батан через поводок соединяется с коленчатым валом, который непрерывно вращается через передачу от электродвигателя и качает батан, имеющий шарнирное соединение в нижней части. Как только челнок пролетит через зев, ремизки меняются своими местами: верхние основные нити становятся нижними, а нижние — верхними, образуя новый зев, и уточная нить оказывается переплетенной между основными.

1.1.4 Основные механизмы станка, их назначение. Основные рабочие механизмы обеспечивают выполнение основных технологических операций в процессе образования ткани. К ним относятся механизмы: зевообразовательный, прокладки утка, батанный, отвода и наматывания ткани, натяжения и отпуска основы.

Зевообразовательный механизм предназначен для перемещения групп нитей основы в определенной последовательности с целью образования пространства между ними — зева. Это перемещение определяется характером заданного переплетения вырабатываемой ткани и точно увязано с циклограммой работы механизмов ткацкого станка. В зев, образованный зевообразовательным механизмом, вводится уточная нить. В качестве зевообразовательного механизма на автоматических станках применяют эксцентриковые механизмы, ремизоподъемные каретки и жаккардовые машины.

Боевой механизм предназначен для сообщения челноку, находящемуся в одной из челночных коробок, начальной скорости, достаточной для полета челнока через зев. Во время полета челнока уточная нить, сматываясь со шпули или трубчатого початка, прокладывается в зеве.

Батанный механизм предназначен для перемещения вдоль нитей основы проложенной в зев уточной нити и прибоа ее к опушке ткани, т. е. к зоне формирования элемента ткани. Батан также служит в качестве направляющей движущегося через зев челнока, гасит энергию челнока после полета через зев и удерживает его вне зева в спокойном состоянии, а благодаря берду определяет ширину заправки ткани и плотность ее по основе.

Товарный регулятор служит для отвода одного или нескольких элементов ткани из зоны формирования ее от опушки и для наматывания ткани на товарный валик.

Помимо отвода ткани товарные регуляторы в совместном действии с другими механизмами станка определяют строение ткани, создавая требуемое заполнение ткани по утку и определенное взаимное расположение уточных нитей в ткани.

Механизм отпуска и натяжения основы служит для создания необходимого заправочного натяжения, отпуска основы с навоя соразмерно с ее расходами и создания определенного режима натяжения основы в процессе ткачества [4].

Ткацкие станки получают движение от индивидуального электропривода. Электропривод сообщает движение главному валу станка, от которого получают движение все механизмы. Механизмы торможения станка затормаживают его движение при выключении из работы.

Кроме перечисленных механизмов, без которых выработка ткани невозможна, ткацкие станки оснащены рядом вспомогательных механизмов, которые не принимают непосредственного участия в технологическом процессе образования ткани, их устанавливают на станке главным образом для повышения его производительности и улучшения качества ткани.

Вспомогательные механизмы и устройства можно подразделить на функциональные, включающие механизмы смены шпуль, смены челнока, смены цвета, шпаруточный, намотки шпули на станке; контролирующие (основонаблюдатель и уточный контролер) и предохранительные (замочный механизм, механизм откидного берда, ограждения).

## 1.2 Конструктивно – заправочная линия электропривода станка

1.2.1 Нормализация процесса. Нормализация процесса ткачества — это установка на ткацком станке единых для данной ткани данного станка заправочных параметров, определенных опытным путем или в результате экспериментальных исследований с учетом общих закономерностей определения оптимальных заправочных параметров. Нормализация заправки ткацких станков дает возможность снизить обрывность основы и утка и повысить производительность станков с одновременным улучшением качества ткани.

Процесс формирования ткани на станке характеризуется следующими параметрами: натяжением нитей основы в ветвях зева у опушки ткани к моменту начала прибоа; натяжением уточной нити в момент перекрытия ее нитями основы или длиной уточной нити, проложенной в зеве без натяжения.

Необходимые параметры процесса формирования ткани обуславливаются параметрами заправки станка. К параметрам заправки станка относятся: длина основы и ткани в заправке станка (длина упругой системы заправки станка), размеры зева, положение скала по вертикали относительно уровня грудницы, величина заступа, величина заправочного натяжения.

Параметры заправки ткацкого станка можно разделить на постоянные и переменные. К постоянным параметрам относятся высота грудницы, ход батана, угол между бердом и склизом батана; к переменным — положение скала, величина заступа, угол прибоа уточной нити к опушке ткани и др.

1.2.2 Конструктивно-заправочная линия. Конструктивно-заправочной линией называется проекция на вертикальную плоскость нитей основы и ткани на участке ткацкий навой — вальян в фазе заступа. На рисунке 1.3 представлена КЗЛ станка.

КЗЛ характеризуется следующими размерами:

по горизонтали  $L$  — длина ткани от грудницы станка до опушки,  $l_1$  — глубина зева (длина основы от опушки ткани до ремизки),  $l_2$  — вынос зева (длина основы от ремизки до оси ламельного прутка),  $l_3$  — длина основы от ламельного прутка до оси скала;

По вертикали от уровня грудницы —  $a$  — до опушки ткани,  $b$  — до нитей основы в глазках галев в заступе,  $c$  — до верхней точки поверхности ламельного прутка,  $d$  — до верхней точки поверхности скала.

КЗЛ характеризуется также углами отклонения ее от горизонтали:  $\alpha$  — угол отклонения КЗЛ на участке глубины зева,  $\beta$  — на участке выноса зева.

При полностью раскрытом зеве характеристика КЗЛ дополняется следующими величинами:

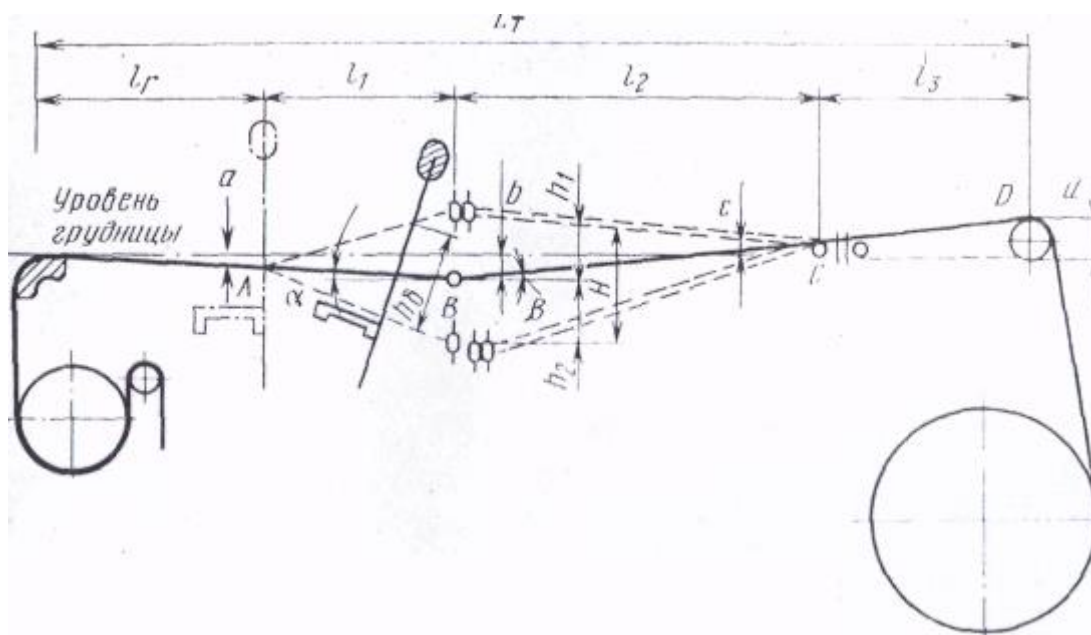


Рисунок 1.3 - Конструктивно-заправочная линия электропривода ткацкого станка

$H_6$  — высота зева по берду,  $h_1$  — отклонение нитей основы от линии заступа вверх,  $h_2$  — отклонение нитей основы от линии заступа вниз,  $H$  — полная высота зева.

Элементы конструктивно-заправочной линий определяют расчетным путем или принимают по технологическим режимам.

Элемент  $l_T$  определяется конструкцией станка,  $l_1$  — величиной маха батана по вершнику и расстоянием от вершника до передней ремизки, которое составляет 10 — 15 мм;  $l_2$  — опытным путем,  $l_2 = (1,5 \dots 2) \cdot l_1$ ;

$$l_3 = l_T + l_1 + l_2.$$

С увеличением выноса уменьшается деформация нитей основы во время зевобразования, при значительной величине выноса возможно залипание зева. Вынос зева принимают, возможно, большим, обеспечивающим в то же время чистоту задней части зева.

Величина,  $a$  характеризует положение опушки ткани относительно уровня грудницы. Она определяется конструкцией станка при наличии на нем прутка или планки, поддерживающих опушку ткани, или положением нитей основы в глазках галев при заступе, т. е. положением точки В. Величина  $b$  определяет положение нитей основы и глазках галев при заступе, и угол  $\alpha$  определяется конструкцией зевобразовательного механизма: в кулачковых зевобразовательных механизмах — в кулачковых зевобразовательных механизмах — величиной хода ножей и наладкой каретки. При равенстве отклонений нитей основы вверх и вниз от линии заступа, т. е. при  $h_1 = h_2$ , точка



$b$  занимает среднее положение по высоте раскрытого зева в ремизках,  $c$  — величина, определяющая положение ламельных прутков по вертикали. Во избежание перегиба нитей основы в ламелях — ламельные прутки следует располагать на прямой, соединяющей точки В и Д. Если наблюдается самопроизвольный останов станка от ламельного прибора, последний следует немного опустить. Величина  $d$  определяет положение скала по вертикали, а также и величину угла  $\beta$ . Перемещение скала по вертикали влияет на степень разнонатянутости ветвей зева, поэтому величина  $d$  является важным параметром конструктивно-заправочной линии. Положение скала определяет величину угла  $\beta$ , который вместе с углом,  $a$  характеризует угол перегиба конструктивно-заправочной линии в глазках галев ремизок. Высота зева по берду  $h_6$  на челночных станках определяется размером челнока, а на станках с новыми способами ведения уточной нити в зев размерами органа, прокладывающего уточную нить в зев. Величины отклонения нитей основы от линии заступа вверх  $h_1$  и вниз  $h_2$  определяются конструкцией зевобразовательного механизма [5].

1.2.3 Параметры заправки станка. Момент встречи ремизок, меняющих свое положение согласно рисунку переплетения, после чего образуется новый зев, называется моментом заступа.

Заступ является одним из главных технологических параметров, от которого зависит процесс формирования ткани. Величину заступа определяют в градусах поворота кривошипа главного вала станка (угол заступа может устанавливаться от 0 до 90°) или в миллиметрах — расстоянием от опушки ткани до берда в момент заступа. Если момент скрещивания нитей основы совпадает с прибором уточной нити к опушке ткани, работу станка называют работой без заступа. Для лучшего формирования ткани и снижения обрывности нитей все ткани, за исключением тканей небольшой плотности, вырабатывают с заступом. Величину заступа устанавливают в зависимости от переплетения, плотности ткани, вида и номера пряжи и конструкции зевобразовательного механизма. При работе с заступом во время прибора уточной нити к опушке ткани увеличивается общее натяжение нитей основы, выравнивается натяжение отдельных основных нитей благодаря силам трения между уточной и основными нитями.

Наибольшую силу давления берда на опушку ткани во время прибора называют силой прибора. Сила прибора достигает максимума при переднем положении батана, натяжение основы при этом максимальное. Силу прибора определяют так же, как силы сопротивления движению уточины вдоль нитей основы, т. е. как разность натяжения между нитями основы и нитями в ткани. Количественно сила прибора может быть определена как разность между натяжением основы и ткани в момент крайнего переднего положения берда.

Величина перемещения опушки ткани во время прибора называется приборной полоской. Приборная полоска определяется типом вырабатываемой ткани и параметрами заправки ткацкого станка. Величина приборной полоски уменьшается в результате дополнительной деформации

основы в момент прибоа. Отпуск основы с навоя в момент прибоа уточной нити способствует уменьшению деформации основы и, следовательно, увеличивает прибойную полосу. Если ткань отводится в момент прибоа уточной нити, прибойная полоска увеличивается. Величина прибойной полосы с увеличением плотности ткани по утку увеличивается; при значительной ее величине повышается обрывность основных нитей, особенно в кромках. Следовательно, при выработке тканей с повышенной плотностью прибойную полосу уменьшают за счет увеличения натяжения нитей основы.

Углом прибоа называют угол между бердом и плоскостью ткани в момент окончания прибоа. Угол прибоа оказывает влияние на силу прибоа. При равнатяннутом зеве сопротивление передвижению нити утка относительно нитей основы в обеих ветвях зева будет одинаковым, поэтому сила прибоа должна быть направлена в сторону середины зева, т. е. по диагонали действия натяжения основы. При различно натяннутом зеве сопротивление движению уточной нити будет различным, т. е. по отношению одной ветви будет больше, а по отношению другой меньше. В таком случае сила прибоа должна быть направлена в сторону большего сопротивления. Необходимо, чтобы угол прибоа при равнатяннутом зеве был равен  $90^\circ$ , а при различно натяннутом находился в пределах  $90^\circ > \gamma > 90^\circ - \alpha/2$ , где  $\gamma$  — угол прибоа, а  $\alpha$  — угол зева при прибое.

Различная установка скала влияет на натяжение нитей основы, их обрывность и процесс формирования ткани. Существует три положения скала по отношению к уровню грудницы: на уровне грудницы, выше грудницы, ниже грудницы.

От взаимного расположения скала и грудницы по вертикали зависят натяжение верхней и нижней частей зева, рельефность переплетения и внешний вид ткани, обрывность нитей основы, форма задней части зева.

Скало и грудница на одном уровне. Основа располагается горизонтально. При раскрытии зона длина нитей основы и его верхней и нижней частях одинакова. Зев получается симметричным. Удлинение нитей, а следовательно, и их натяжение в момент зевобразования и прибоа одинаковы как для верхней, так и для нижней частей зева. Выработанная ткань получается незастиистой. При описанном положении скала получается минимальная обрывность основы.

Скало выше грудницы. Основа располагается наклонно. Длина нитей при раскрытии зева в верхней части меньше, чем в нижней. Зев получается несимметричным. Удлинение, а следовательно, и натяжение нитей в момент зевобразования в верхней части зева меньше, чем в нижней, что способствует лучшему пролету челнока [6].

В момент заступа натяжение выравнивается. Такое положение скала рекомендуется при выработке на станках с эксцентриковым зевобразовательным механизмом тканей полотняного переплетения в случае работы с заступом.

Скало ниже грудницы. Основа также расположена наклонно, и части зева получают разное натяжение. Так рекомендуется устанавливать скало на карточных станках в случае работы с полуоткрытым зевом.

На всех современных станках, оборудованных основонаблюдателями ламельного типа, геометрия зева создается положением основонаблюдателя. Скало выполняет вспомогательную роль и должно быть установлено так, чтобы обеспечить игру ламелеи, способствующую разделению сцепившихся и перекрещенных нитей.

При определении положения ламельных прутков по вертикали во избежание перегиба нитей основы в ламелях ламельные прутки следует располагать на прямой, соединяющей точки *B* и *D*. Если наблюдается самопроизвольный останов станка от ламельного прибора, его следует не много опустить.

Для уменьшения высоты подъема ремизок и обеспечения нужной высоты зева у передней стенки челнока ремизки можно располагать как можно ближе к батану, но так, чтобы вершник батана не бил по передней ремизке. Обычно переднюю ремизку устанавливают на расстоянии 12—15 мм от вершника при заднем положении батана.

Высота зева в берде зависит от размеров челнока и должна быть минимальной. Для уменьшения удлинения нитей при зевобразовании целесообразно располагать ремизки на одинаковом расстоянии от опушки ткани от основонаблюдателя.

Если на станках, возможно, регулировать положение скала по глубине станка, при выработке тканей с малым заполнением по утку необходимо увеличивать длину основы в рабочей зоне станка, при выработке тканей с большим заполнением целесообразно уменьшать длину основы в рабочей зоне для достижения большей жесткости прибора.

Тип скала выбирают, исходя из следующих условий: при выработке тканей с небольшим заполнением по утку скало должно вращаться, при выработке тканей с повышенным заполнением по утку скало должно быть закрепленным, для выработки особо тяжелых тканей необходимо многоскальное устройство. К основным технологическим параметрам относится также натяжение нитей основы и утка.

Чтобы исключить возможность соскальзывания многослойной оболочки со скала в случае некоторой неперпендикулярности оси вращения скала нитям движущейся основы, на наружной поверхности скала выполнены кольцевые выемки, а на внутреннем слое оболочки - кольцевые выступы, расположенные с зазором в кольцевых выемках скала. Вид выступов-впадин зацепления внутреннего слоя оболочки со скалом может быть различным. При работе ткацкого станка в момент зевобразования происходит увеличение натяжения нитей основы в зоне опушка ткани.

В результате увеличения разности моментов сил натяжения нитей, огибающих скало по многослойной оболочке, имеет место перемещение оболочки вместе с нитями в направлении движения этих нитей.

На рисунке 1.4 показана кривая изменения натяжения нитей основы за два цикла работы станка, т. е. за период изготовления одного элемента ткани полотняного переплетения.

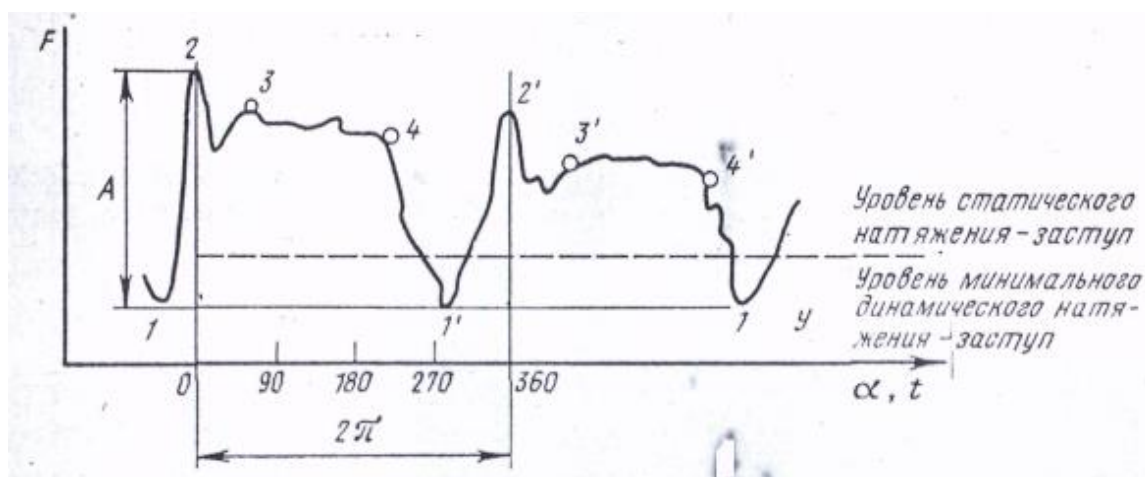


Рисунок 1.4 - Кривая изменения натяжения нитей основы

Горизонтальная ось соответствует углу поворота главного вала станка, а вертикальная — натяжению нитей основы. Точка 1 соответствует минимальному натяжению, обычно натяжению в фазе заступа; затем натяжение возрастает и в точке 2 достигает максимальной величины, которая соответствует при выработке большинства тканей прибою уточной нити, т. е. переднему крайнему положению берда. Участок кривой между точками 3 и 4, близко к горизонтали, что соответствует натяжению нитей в период выстоя ремизок при раскрытом зеве, а затем натяжение нити снижается в соответствии с фазой закрытия зева и вновь достигает минимальной величины — точка 1' и максимальной — в точке 2'. За второй оборот главного вала характер кривой не изменяется, но натяжение иное, прежде всего в фазе выстоя ремизок (участок 3' — 4').

Характер кривой и изменение натяжения определяются многими факторами, главными из которых являются строение вырабатываемой ткани, параметры заправки станка, тип и конструктивные особенности основных рабочих механизмов станка. Изучение натяжения уточной нити показало, что оно значительно изменяется как за цикл прокладывания уточной нити в зеве, так и по мере сматывания уточной нити со шпули. Практически натяжение уточной нити на всех станках не регулируется и зависит от конструкции станка [7].

### 1.3 Общая характеристика эксплуатации электропривода станка

1.3.1 Основы эксплуатации электропривода станка. В настоящее время разработаны и утверждены правила технической эксплуатации станков.

Правила состоят из восьми разделов, основная часть которых изложена в инструкциях на станки.

Уход за станками. Обмахивание (обдувка) и чистка станка производится бригадой обмахивальщик (чистильщик) или ткачами по принятому на фабрике графику в зависимости от вырабатываемого артикула ткани и вида перерабатываемого сырья и при доработке основы. При обмахивании и чистке станок должен быть остановлен, а ткань и основа закрыты чистой тканью.

Для удаления пуха и пыли рекомендуется применять специальные механизмы или волосяные щетки, а для чистки — щетки, ветошь, ерши, крючки, иглы. При наличии на станке механизма пылепухоудаления необходимо регулярно чистить пухосборник.

После обмахивания (обдувки) и чистки следует тщательно прочистить смазочные отверстия, подмести пол и сдать станки помощнику мастера.

На станке СТБ обязательна чистка следующих механизмов: уточно-боевой коробки (особенно направляющих пазов прокладчиков и возвратчиков утка); приемной; коробки (особенно направляющего паза прокладчиков утка); центрирующих отверстий ножниц и зажимов уточной нити; нитепроводников; тормозных пластин уточных нитей.

Смазку станка производят смазчик и помощник мастера или только помощник мастера по графику, утвержденному на фабрике, и по карте смазки. Для смазки используют жидкие или консистентные смазочные материалы в точном соответствии с требованиями заводской инструкции. Замена масел не допускается. Все смазочные материалы перед использованием должны проходить санитарный контроль, а жидкую смазку перед употреблением необходимо фильтровать. Смазочные материалы необходимо хранить в специально отведенном месте и содержать в чистом состоянии. Во избежание несчастных случаев смазку производят при остановленном станке и выключенном электродвигателе с применением специальных инструментов.

На бесчелночных станках замену масла в масляных ваннах производит помощник мастера: первый раз — через полгода работы на станках СТБ и АТПР и через 200 ч — на пневматических станках, в дальнейшем — через год работы на станках СТБ и АТПР и через 1200 ч работы — на пневматических станках. Уровень масла в коробках должен соответствовать указателю (допуск  $\pm 3$  мм).

Для станков АТПР рекомендуются следующие дозы заливки масла в коробки, см<sup>3</sup>: батанная—1600, ремизная — 2500, кромкообразующего механизма — 250, привода рапир левая и правая — соответственно 750 и 250, корпус компрессора — 800.

Ремонт станков. Текущий ремонт и профилактический осмотр, и ремонт станков (техническое обслуживание) производит помощник мастера, средний и капитальный ремонт — бригада ремонтников РМО главного механика фабрики по графику, утвержденному главным инженером.

Капитальный ремонт станков проводят через три года, средний — через 4-6 месяцев в зависимости от сменности работы.

Станки в ремонт сдают по ведомости дефектов, составляемой для среднего ремонта мастером, а для капитального — начальником цеха. Из среднего ремонта станин принимает мастер, из капитального — начальник цеха. Прием производится на ходу заправленного станка.

В целях повышения качества ремонта и сокращения простоя станков рекомендуется, особенно для бесчелночных станков, применять стендовый или узловый ремонт. При узловом ремонте рекомендуется стендовая обкатка узлов [8].

1.3.2 Производительность ткацкого оборудования. Производительность ткацкого станка определяется количеством ткани, выработанной в единицу времени — час, смену, день.

Необходимо различать теоретическую и фактическую производительность станка.

Теоретическая производительность, пог. м/ч ткацкого станка зависит от частоты вращения главного вала станка, ее определяют по формуле

$$P_T = n \cdot t / (P_y \cdot 100), \quad (1.1)$$

где  $n$  — частота вращения главного вала станка,  $\text{мин}^{-1}$ , или число прокидок утка в минуту;

$t$  — время, за которое определяют производительность станка, мин;

$P_y$  — плотность вырабатываемой ткани по утку, число нитей утка на 1 см ткани.

Фактической производительностью ткацкого станка является действительная выработка станка в расчетное время с учетом простоев. Фактическую производительность, пог. м/ч, станка, определяют по формуле

$$P_{\text{факт}} = n \cdot t \cdot K_{\text{п.в}} / (P_y \cdot 100), \quad (1.2)$$

где  $K_{\text{п.в}}$  — коэффициент полезного времени работы ткацкого станка.

Для сравнения производительности ткацких станков, вырабатывающих ткани различной плотности по утку, удобнее выражать производительность в тысячах уточин.

В этом случае формула фактической производительности станка, тыс. уточин в час, будет иметь следующий вид:

$$P_{\text{ф}} = n \cdot t \cdot K_{\text{п.в}} / 1000. \quad (1.3)$$

Производительность ткацких станков с различной шириной заправки, но вырабатывающих однотипные ткани, удобнее выражать в квадратных метрах  $\text{м}^2/\text{ч}$ :

$$P_{\text{ф}} = n \cdot t \cdot B \cdot K_{\text{п.в}} / (P_y \cdot 100), \quad (1.4)$$

где  $B$  — ширина ткани, м.

Для сравнения ткацких станков различных конструкций производительность станков выражают количеством метров утка, введенного в ткань в единицу времени — метров утка в минуту или тысяч метров утка в час. В этом случае формула производительности станка, метроуточин в минуту, примет следующий вид:

$$П_{\phi} = n * B_3 * K_{п.в}, \quad (1.5)$$

где  $B_3$  — ширина основы по берду, м.

Из приведенных формул видно, что производительность ткацкого станка пропорциональна частоте вращения главного вала, коэффициенту полезного времени и ширине заправки основы по берду. Повышение этих показателей приводит к увеличению производительности станка [9].

1.3.3 Коэффициент полезного действия станка. Степень использования машины во времени характеризуется коэффициентом полезного времени ( $K_{п.в}$ ). Этот коэффициент представляет собой отношение машинного времени к общему времени смены и показывает, какую долю времени машина работает, давая продукцию.

Коэффициент полезного времени:

$$K_{п.в} = t_m * H_m / T_{см}, \quad (1.6)$$

где  $t_m$  — основное технологическое машинное время, затрачиваемое на единицу продукции, мин;  $H_m$  - норма производительности машины, выраженная в количестве единиц продукции, м/ч;  $T_{см}$  — время рабочей смены, ч.

Машинное время:

$$t_m = P_y * 100 / n ;$$

$$H_m = П_{т} * K_{п.в}, \quad (1.7)$$

где  $П_{т}$  — теоретическая производительность станка.

Коэффициент полезного времени всегда меньше единицы. Его величина зависит от длительности простоев станка во время работы. Все простои в ткачестве, можно разделить на три группы: технологические, технические и организационные.

К технологическим простоям, станка относятся простои из-за обрывов пряжи, смены челноков (на механических станках), перезаправки основы при доработке и т.д. Для уменьшения этих простоев и повышения производительности станков необходимо улучшать качество пряжи, техническое состояние станков, устанавливать оптимальные параметры их заправки, способствующие снижению обрывности пряжи, повышать квалификацию ткачей, помощников мастеров и заправщиков.

К техническим простоям ткацкого станка относятся простои из-за разладок станка и текущего его ремонта, а также простои при уходе за оборудованием (обмахивание, чистка и смазка). Высокое качество вспомогательных материалов, хорошая и правильная организация ремонта и ухода за оборудованием способствуют снижению технических простоев.

К организационным простоям относятся простои, возникающие из-за несвоевременного снабжения сырьем, полуфабрикатами, подсобными материалами, запасными деталями и т.д. При правильной организации работы этих простоев нет.

На увеличение производительности труда и оборудования большое влияние оказывает массовое распространение передового опыта. Правильное планирование работы, бережное отношение к сырью, соблюдение правил технической эксплуатации, сокращение простоев оборудования, освоение передовых приемов работы— все это приводит к максимальному использованию пряжи в ткачестве и способствует выявлению резервов производства для увеличения выпуска тканей и повышения производительности труда и оборудования [10].

#### **1.4 Механизм натяжения и подачи основы с навоя**

По мере выработки ткани основу необходимо регулярно продвигать по направлению от навоя к опушке ткани и в то же время образованную в каждом цикле ткань надо отводить от опушки ткани и наматывать на товарный валик. Эти операции требуют соблюдения ряда кинематических и силовых условий и выполняются с помощью специальных регуляторов отпуска и натяжения основы и товаронавивающих механизмов.

Процесс отпуска основы с навоя и обеспечение необходимого ритма натяжения основы осуществляются на ткацких станках механизмами отпуска и натяжения основы. Эти механизмы должны равномерно отпускать основу с навоя соразмерно с расходом ее в ткачестве, создавать необходимый режим натяжения основы и сохранять его постоянным в течение всего процесса ткачества.

Кроме того, при работе станка основные нити подвергаются многократным деформациям растяжения вследствие зевобразования и прибоей уточной нити к опушке ткани. Деформации циклически повторяются при каждом обороте главного вала с ганка.

Для изготовления на ткацком станке ткани заданного строения и обеспечения нормального протекания технологического процесса формирования ткани основные нити должны иметь определенное заправочное (начальное) натяжение. Заправочное натяжение является одним из основных параметров заправки станка и должно обеспечивать образование зева без залипания нитей; силовое воздействие нитей основы на уточную нить, необходимое для изгиба уточной нити в ткани; определенное сопротивление продольному перемещению основы при прибое, обеспечивающее необходимое



взаимодействие нитей основы и утка и получение заданной плотности ткани по утку. Отклонение заправочного натяжения от некоторой оптимальной его величины вызывает изменение строения ткани, повышенную обрывность нитей основы и снижение производительности станка. Изменение заправочного натяжения влияет на обработку основной и уточной пряжи, разрывное удлинение и толщину ткани.

Поддержание постоянного натяжения основы и отпуск основы с ткацкого навоя осуществляется механизмом отпуска и натяжения основы.

По принципу действия механизмы натяжения и отпуска основы разделяются на две группы: основные тормоза и основные регуляторы.

На рисунке 1.5 представлена классификация основных тормозов и основных регуляторов по некоторым характерным признакам.

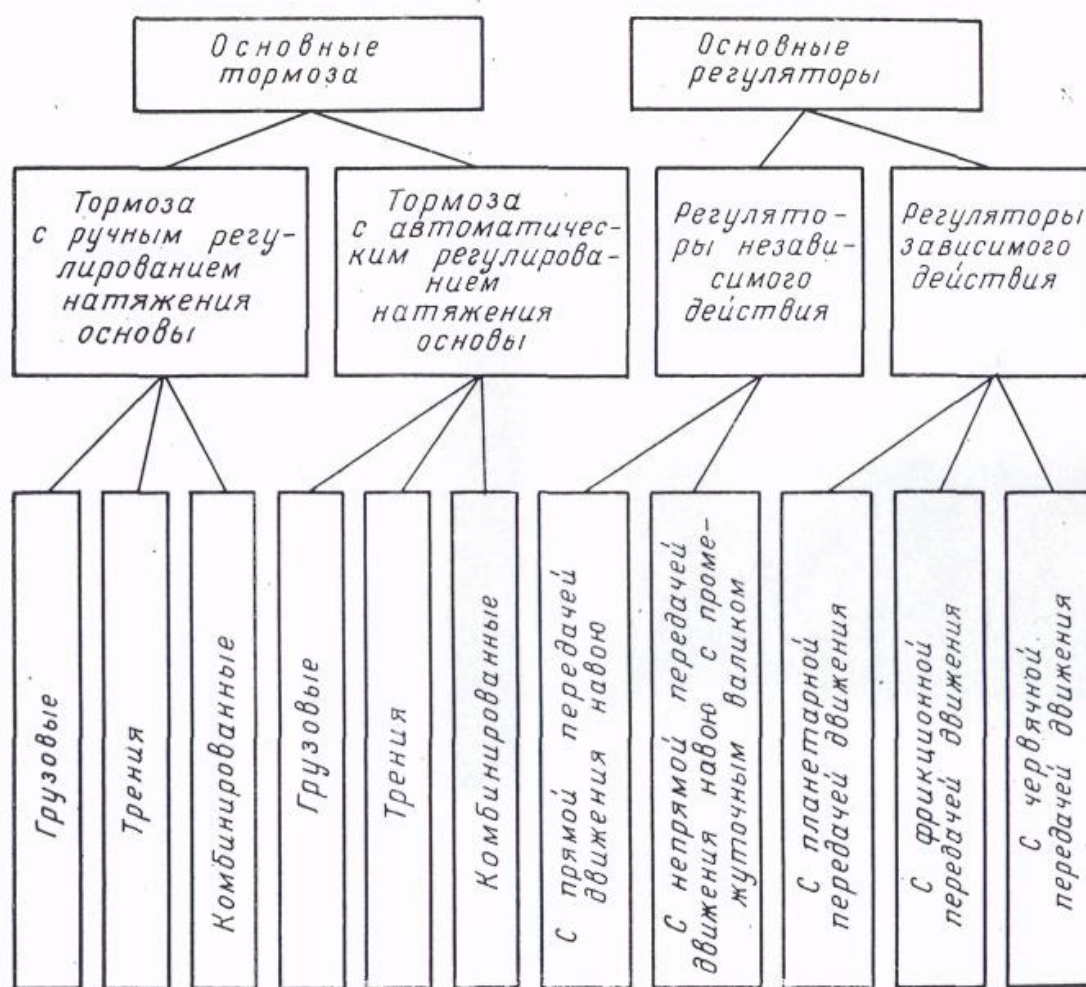


Рисунок 1.5 - Схема деления механизмов натяжения и отпуска основы на группы

В основных тормозах заправочное натяжение основы создается благодаря некоторой тормозящей силе, действующей на навой. Обычно этой силой является сила тяжести какого-либо груза (грузовые тормоза). В

основных тормозах трения необходимая величина заправочного натяжения нитей создается силой трения тормозной шайбы навоя о тормозную колодку (тормоз трения), гибкую ленту (ленточный тормоз трения) или трением о ленту и опору (комбинированные тормоза с опорным трением).

Различная величина заправочного натяжения, создаваемая тормозами трения, достигается или изменением силы трения (обычно путем изменения величины нормального давления, например натяжением гибкой ленты), или применением для трущихся поверхностей материалов с большим коэффициентом трения.

На автоматических ткацких станках при выработке тяжелых тканей установлены дифференциальные ленточные тормоза. Регулирование/натяжения основы осуществляется изменением величины груза и длины плеча рычага, па котором находится груз.

В основных регуляторах зависимого действия заправочное натяжение создается подвижной системой скала за счет упругой силы пружины или силы тяжести специальных грузов. Различная величина заправочного натяжения достигается изменением затяжки пружины или изменением массы груза.

Основные регуляторы независимого действия должны обеспечивать постоянство длины основы, подаваемой в рабочую зону станка за цикл его работы. В регуляторах применяют также датчик, контролирующий диаметр основы и вносящий изменение в зависимость между положением скала и величиной подачи основы.

На автоматических челночных станках, вырабатывающих легкие ткани, используют основные регуляторы планетарного типа, а при выработке тканей средней поверхностной плотности — регуляторы червячного типа [11].

### **1.5 Автоматический ленточный тормоз навоя станка**

При выработке тяжелых тканей на автоматических ткацких станках и ряде других устанавливают тормоз с опорным трением с автоматическим регулированием натяжения основы по мере срабатывания основы.

Навой с жестко укрепленным на его трубе храповиком (рисунок 1.6) с надетой на храповик тормозной муфтой установлен с каждой стороны в тормозные колодки. Тормозную муфту охватывает тормозная лента. Лента одним концом крепится к колодке, а концом к горизонтальному плечу дифференциального рычага.

Груз действует на горизонтальное плечо рычага грузового рычага и с помощью короткого плеча, тяги и каточка действует на вертикальное плечо дифференциального рычага. За счет этого создается натяжение тормозной ленты и торможение навоя. Для лучшего торможения лента с внутренней стороны покрывается кожей или тормозной тканой лентой. Необходимая сила торможения достигается путем соответствующей установки груза на рычаг.

Торможение навоя изменяется по мере уменьшения диаметра намотки основы следующим образом. К поверхности намотки навоя прижимается

ролик, шарнирно закрепленный на рычаге. Рычаг закреплен на валике. На валике закреплен также рычаг, который с помощью тяги шарнирно соединен с тягой. По мере уменьшения диаметра намотки основы рычаги отклоняются по направлению часовой стрелки, и тяга опускает тягу. Вследствие этого уменьшаются плечо дифференциального рычага, натяжение тормозной ленты и сила торможения навоя.

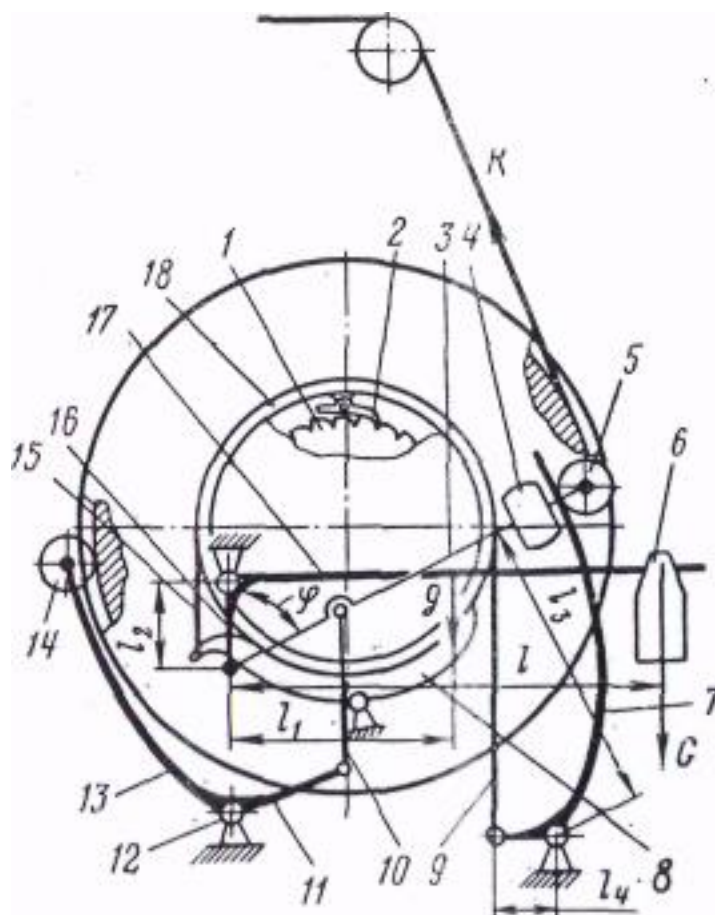


Рисунок 1.6 – Схематичное изображение автоматического основного тормоза станка DS-4/720

Постоянное прижатие ролика к поверхности намотки навоя и опускание тяги при уменьшении радиуса намотки основы происходит за счет силы тяжести вспомогательного груза, закрепленного на тяге. В этой конструкции тормоза имеется возможность поворота навоя вручную в сторону, обратную его рабочему движению. Для этого тормозная муфта посажена на напой свободно, а жестко закрепленный на навое храповик связан с муфтой посредством двух собачек.

Однако автоматический основной тормоз обеспечивает постоянство натяжения при уменьшении диаметра намотки с 550 до 300 мм. А затем до конца сматывания натяжение возрастает и ткачу приходится вручную уменьшать его, передвигая груз по рычагу [12].

## 1.6 Требования к электроприводу станка главного движения

Требования к электроприводам и системам управления станками определяются технологией обработки, конструктивными возможностями станка.

Основными технологическими требованиями являются обеспечение:

- самого широкого круга технологических режимов работы;
- максимальной производительности;
- наибольшей точности вышивания;
- высокой чистоты выходного полотна.

Удовлетворение всем этим и другим требованиям зависит от характеристик станка, мощности главного привода, и электромеханических свойств приводов подач и системы управления.

В современных станках с числовым программным управлением (ЧПУ) функции, выполняемые электроприводом главного движения, значительно усложнены.

Требуемый технологический диапазон регулирования скорости шпинделя с постоянной мощностью, равный 20 — 50 при двухступенчатой коробке скоростей, можно вполне обеспечить при электрическом регулировании скорости двигателя с постоянной мощностью в диапазоне 5:1 — 10:1, что вполне осуществимо при современных двигателях постоянного тока.

Стабильность работы привода характеризуется перепадом частоты вращения при изменении нагрузки, напряжении питающей сети, температуры окружающего воздуха и тому подобных.

Погрешность частоты вращения для главного привода станка DS – 4/720 должна составлять не более:

- суммарная погрешность — 5%;
- погрешность при изменении нагрузки — 2%;
- погрешность при изменении направления вращения — 2%.

Коэффициент неравномерности, рассчитываемый как отношение разности максимальной и минимальной мгновенных частот к средней частоте вращения при холостом ходе привода, должен быть не более 0,1.

В современных станках динамические характеристики приводов главного движения по управлению прямым образом определяют производительность. При этом время пуска и торможения не должно превышать 2,0 — 4,0 с. При наличии зазоров в кинематической цепи главного привода перерегулирование приводит к дополнительным затратам времени на позиционирование, поэтому появляется необходимость обеспечения монотонного апериодического характера изменения скорости.

Динамические характеристики электропривода по нагрузке практически определяют точность и качество полотна. Устойчивый процесс производства полотна при необходимой точности и чистоте поверхности возможен, если параметры настройки привода обеспечивают при набросе номинального

момента нагрузки максимальный провал скорости не более 40% при времени восстановления, не превышающем 0,25с.

Отличительной особенностью главного привода станков с ЧПУ является необходимость применения реверсивного привода даже в тех случаях, когда по технологии обработки не требуется реверс. Требование обеспечения эффективного торможения и подтормаживания при снижении частоты вращения и режимов поддержания постоянной скорости швея приводит к необходимости применения реверсивного привода с целью получения нужного качества переходных процессов.

## 2 Расчет электропривода станка и выбор его элементов

### 2.1 Расчет параметров по выбору электродвигателя и его проверка по нагреву

В электроприводах главного движения круглоткацких станков мощность электродвигателя определяется требуемой мощностью швея. Для определения мощности швея определим скорость швея  $V$  и тангенциальную составляющую силы швея  $F_z$ :

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (2.1)$$

где  $C_v = 340$  — эмпирический коэффициент;  
 $T = 60$  мин — стойкость;  
 $t = 12$  мм — глубина;  
 $S = 34$  мм/об — продольная подача;  
 $m = 0.2$ ;  $x = 0.15$ ;  $y = 0.45$  — эмпирические коэффициенты;  
 $K_v$  — поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия швея.

$$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{iv}, \quad (2.2)$$

где  $K_{nv} = 1$  — коэффициент, отражающий состояние полотна;  
 $K_{iv} = 0.8$  — коэффициент, учитывающий качество материала швея;  
 $K_{mv}$  — коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (физико-механические свойства).

$$K_{mv} = K_d \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_B} = 1 * \left( \frac{750}{1100} \right)^{1.75} = 0.52, \quad (2.3)$$

где  $K_d = 1$  — коэффициент, зависящий от обрабатываемого полотна;  
 $\sigma_B = 1100$  МПа — предел прочности обрабатываемого материала;

$n_B = 1.78$  — показатель степени, зависящий от обрабатываемого полотна.

Тогда, подставив (2.3) в (2.2), получим:

$$K_v = 0.52 * 1 * 0.8 = 0.41. \quad (2.4)$$

Тогда, с учетом (2.1) - (2.4), получим:

$$V = \frac{340}{60^{0.2} * 12^{0.15} * 34^{0.45}} * 0.41 = 8.66 \text{ м/мин}, \quad (2.5)$$

Тогда, зная скорость швея  $V$ , определим тангенциальную составляющую силы швея  $F_z$ :

$$F_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p, \quad (2.6)$$

где  $C_p = 200$  — эмпирический коэффициент;

$x = 1$ ;  $y = 0.75$ ;  $n = 0$  — эмпирические коэффициенты.

$K_p$  — поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия швея.

$$K_p = K_{mp} * K_{np} * K_{ep} * K_{gp} * K_{sp}, \quad (2.7)$$

где  $K_{np}$ ,  $K_{ep}$ ,  $K_{gp}$ ,  $K_{sp}$  — поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров вышивающей части инструмента на составляющие силы швея;

$K_{np} = 1.15$  — передний угол в плане  $n = 12-15$ ;

$K_{ep} = 1$  — угол наклона  $e = 15$ ;

$K_{gp} = 0.93$  — радиус при вершине  $r = 1$  мм;

$K_{sp} = 1$  — главный угол в плане  $s = 45$ ;

$K_{mp}$  — поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости.

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{1100}{750} \right)^{0.75} = 1.33, \quad (2.8)$$

где  $\sigma_B = 1100$  МПа — предел прочности обрабатываемого материала;

$n = 0.75$  — показатель степени, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости.

Тогда, подставив (2.8) в (2.7), получим:

$$K_p = 1.33 * 1.15 * 1 * 0.93 * 1 = 1.425 \quad (2.9)$$

Подставив (2.1) — (2.5), (2.7) — (2.9) в (2.6), получим:

$$F_z = 10 * 200 * 12^1 * 34^{0.75} * 8.66^0 * 1.425 = 481670 \text{ кН.} \quad (2.10)$$

Тогда, зная скорость швея  $V$  и тангенциальную составляющую силы швея  $F_z$ , определим требуемую мощность швея (с учетом коэффициента полезного действия системы равного 0.9):

$$P = \frac{F_z * V}{1020 * 60} = \frac{481670 * 8.66}{1020 * 60} = 68.157 \text{ кВт.} \quad (2.11)$$

Поскольку расчет выбирать двигатель, который проходит по мощности для этого варианта [13,14].

Выбираем двигатель серии 4ПН 400 - 22 МУЗ со следующими параметрами:

- номинальная мощность двигателя  $P_n = 70 \text{ кВт}$ ;
- номинальный ток двигателя  $I_n = 350 \text{ А}$ ;
- номинальное напряжение питания  $U_n = 220 \text{ В}$ ;
- момент инерции двигателя  $J_{дв} = 8.25 \text{ кг*м}^2$ ;
- минимальная скорость вращения  $n_{min} = 250 \text{ об/мин}$ ;
- номинальная скорость вращения  $n_n = 750 \text{ об/мин}$ ;
- максимальная скорость вращения  $n_{max} = 1500 \text{ об/мин}$ ;
- пусковая перегрузочная способность  $\theta_n = 2$ ;
- номинальный коэффициент полезного действия  $\eta_n = 93\%$ .

Произведем проверку выбранного двигателя, где:

- $t_1 = 1 \text{ с}$  — время разгона электродвигателя;
- $t_2 = t_4 = 2 \text{ с}$  — время работы электродвигателя на холостом ходу;
- $t_3 = 3000 \text{ с}$  — время работы электродвигателя с номинальной нагрузкой;
- $t_5 = 1 \text{ с}$  — время торможения электродвигателя;
- $I_1 = 2I_n = 700 \text{ А}$  — пусковой ток двигателя
- $I_2 = 0.1I_n = 35 \text{ А}$  — ток холостого хода электродвигателя;
- $I_3 = 0.95I_n = 332 \text{ А}$  — номинальный рабочий ток двигателя;
- $I_4 = 0.1I_n = 35 \text{ А}$  — ток холостого хода электродвигателя;
- $I_5 = 1.9I_n = 665 \text{ А}$  — тормозной ток электродвигателя.

Тогда:

$$I_s = \sqrt{\frac{t_1 (2I_n)^2 + (t_2 + t_4) (0.1I_n)^2 + t_3 (0.95I_n)^2 + t_5 (1.9I_n)^2}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1 * 700^2 + (2+2) * 35^2 + 3000 * 332^2 + 1 * 665^2}{1+2+3000+2+1}} = 333 \text{ А} \quad (2.12)$$

Поскольку полученный эквивалентный ток меньше номинального тока

двигателя, следовательно по нагреву данный двигатель подходит и выбран верно. Нагрузочная диаграмма приведена на рисунке 2.1.

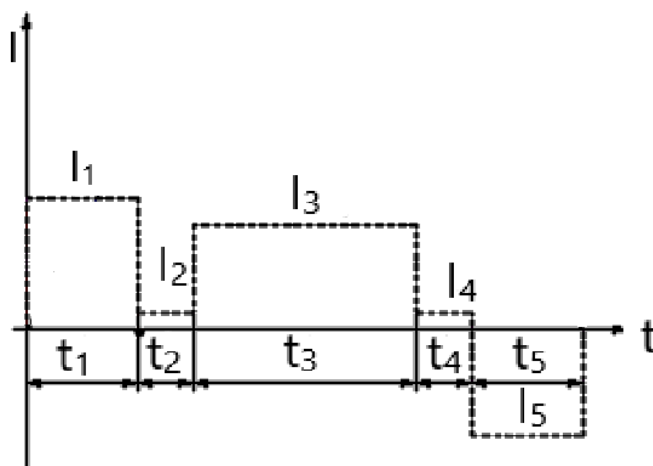


Рисунок 2.1 – Нагрузочная диаграмма двигателя

Внешний вид электродвигателя представлен на рисунке 2.2, а его схема в разрезе на рисунке 2.3.



Рисунок 2.2 – Внешний вид электродвигателя постоянного тока

Для питания двигателя выбираем комплектный тиристорный преобразователь серии ЭПУ1-2-4347 ДУХЛ4 со следующими параметрами:

- $P_n = 92$  кВт — номинальная мощность преобразователя;
- $U_n = 230$  В — номинальное выходное напряжение ТП;
- $I_n = 400$  А — номинальный выходной ток преобразователя.

Для питания тиристорного преобразователя выбираем вводной трансформатор ТСЗП - 160 / 0.743 со следующими параметрами:

- $P_n = 143$  кВА — номинальная потребляемая мощность трансформатора;
- $U_1 = 380$  В — напряжение первичной обмотки трансформатора;
- $U_{2\phi} = 230$  В — напряжение вторичной обмотки трансформатора;



- $I_{2\phi} = 500 \text{ A}$  — ток вторичной обмотки трансформатора;
- $P_{xx} = 795 \text{ Вт}$  — потери холостого хода в трансформаторе;
- $P_{кз} = 2400 \text{ Вт}$  — потери при коротком замыкании в трансформаторе;
- $U_{кз} = 4.5\%$  — напряжение короткого замыкания трансформатора;
- $I_{xx} = 5.2\%$  — ток холостого хода трансформатора.

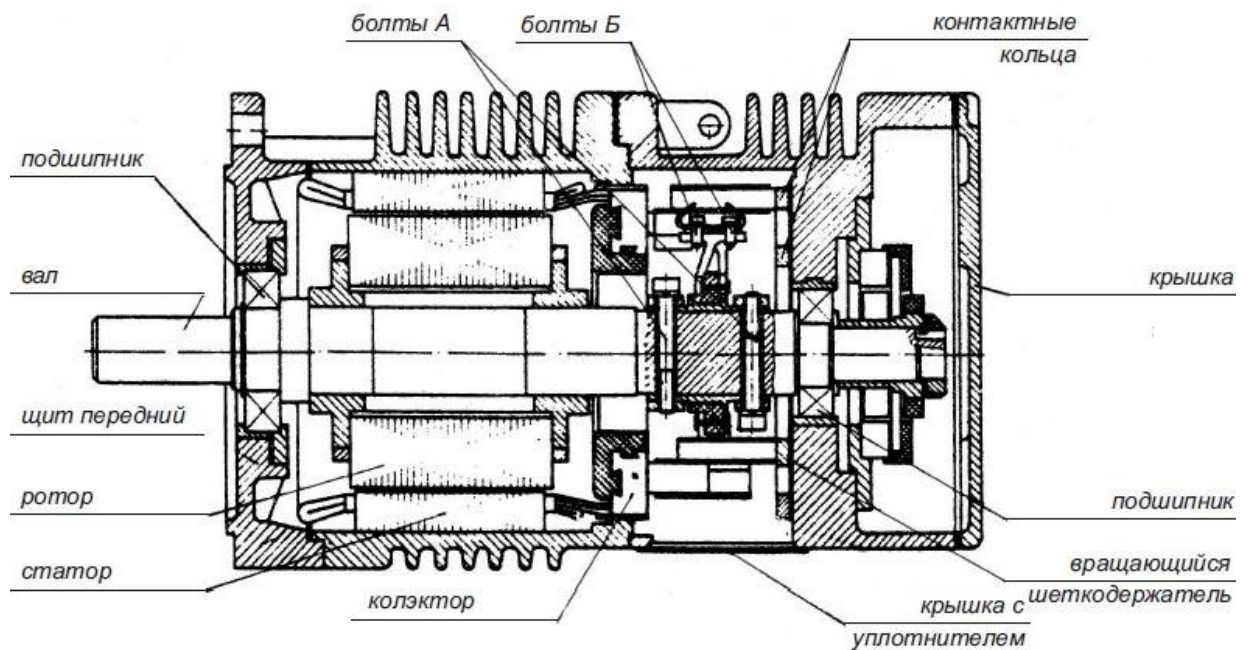


Рисунок 2.3 – Схема электродвигателя в разрезе

На рисунке 2.3 приведен внешний вид тиристорного преобразователя.



Рисунок 2.3 - Внешний вид тиристорного преобразователя

Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения выбираем сглаживающий реактор ФРОС - 125 / 0.5 УЗ со следующими параметрами:

- $I_n = 500$  — номинальный ток сглаживающего реактора;
- $L_n = 0.75$  мГн - номинальная индуктивность сглаживающего реактора;
- $R_n = 3$  мОм — номинальное сопротивление реактора.

## 2.2 Выбор и расчет системы электропитания станка

Характеристика системы электропитания круглоткацкого станка приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 — Характеристика системы электропитания круглоткацкого станка модели DS-4/720.

Назначение цепей	Источник питания	U, f
Питание электрооборудования станка	Сеть	380В, 50Гц
Питание УЦИ	Трансформатор Т22	220В, 50Гц
Питание ЦУ постоянного тока напряжением 110В (станция НКУ 2090)	Трансформатор Т10 с выпрямительным мостом V20 — V25	110В
Питание ЦУ постоянного тока стабилизированным напряжением 110В (станция НКУ 2090)	Трансформатор Т7 с выпрямительным мостом V8—V11	110В
Питание ЦУ постоянного тока напряжением 24В (станция НКУ 2090)	Трансформатор Т8 с выпрямительным мостом V12 — V17	24В
Питание ЦУ постоянного тока напряжением 24В (станция НКУ 2090)	Трансформатор Т11 с выпрямительным мостом V26 — V31	24В
Питание ЦУ постоянного тока напряжением 110В (станция НКУ 3090)	Трансформатор Т20 с выпрямительным мостом V89	110В
Питание ЦУ постоянного тока напряжением 24В (станция НКУ 3090)	Трансформатор Т23 с выпрямительным мостом V90	24В
Питание двигателей вентиляторов комплектных устройств НКУ	Трансформатор Т12	220В, 50Гц
Питание цепей освещения	Трансформатор Т4	24В, 16А, 50Гц
Питание местного освещения (станция НКУ 2090)	Трансформатор Т6	24В, 50Гц
Питание ЦУ напряжением 110В (станция НКУ 2090)	Трансформатор Т6	110В, 50Гц
Для нужд потребления (станция НКУ 2090)	Трансформатор Т5	220В, 2А, 50Гц

## 2.3 Расчет динамических параметров системы электропривода

Определим по эмпирическим формулам согласно недостающие данные.  
Номинальная угловая скорость вращения двигателя:

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} = \frac{\pi \cdot 750}{30} = 78.54 \text{ 1/с.} \quad (2.13)$$

Суммарное активное сопротивление якорной цепи электродвигателя определим из условия распределения потерь, считая, что половина потерь в двигателе идет на нагрев обмоток. Тогда:

$$R_{\Sigma} = \frac{P \cdot (1 - \eta_n)}{2 \eta_n \cdot I_n^2} = \frac{70000 \cdot (1 - 0.93)}{2 \cdot 0.93 \cdot 350^2} = 0.0215 \text{ Ом.} \quad (2.14)$$

Определим значение номинального магнитного потока:

$$C\Phi_n = \frac{U_n - I_n R_{\Sigma}}{\omega_n} = \frac{220 - 350 \cdot 0.0215}{78.54} = 2.705 \text{ В} \cdot \text{с.} \quad (2.15)$$

Время регулирования, то есть время, за которое завершиться переходный процесс, составит:

$$t_p = \frac{J_j \cdot J_{дв} \cdot \omega_n}{C\Phi_n \cdot I_{пус}} = \frac{2.5 \cdot 8.25 \cdot 78.54}{2.705 \cdot 2 \cdot 305} = 0.821 \text{ с.} \quad (2.16)$$

Определим коэффициент усиления тиристорного преобразователя как отношение среднего значения выпрямленного напряжения  $U_{d0}$  к максимальному напряжению управления  $U_{ум}$  (поскольку планируется использование стандартной блочной системы регуляторов, то максимально допустимое напряжение  $U_{ум}$  составляет 8 В):

$$K_{\text{ТП}} = \frac{U_{d0}}{U_{ум}} = \frac{537.4}{8} = 67.17, \quad (2.17)$$

$$U_{d0} = \frac{U_{2\phi}}{K_u} = \frac{230}{0.428} = 537.4 \text{ В,} \quad (2.18)$$

где  $K_u = 0.428$  — коэффициент схемы выпрямления.

Постоянную времени тиристорного преобразователя принимаем равной 0.007 с — время, достаточное для восстановления запирающих свойств тиристоров после прохождения полуволны напряжения через 0.

Определим активное сопротивление фазы трансформатора:

$$r_{mp} = \frac{\Delta P_{кз} * U_{2л}^2}{P_{н mp}^2} = \frac{2400 * 398.4^2}{143\ 000^2} = 18.6 * 10^{-3} \text{ Ом}; \quad (2.19)$$

$$U_{2л} = U_{2ф} * \sqrt{3} = 230 * \sqrt{3} = 398.4 \quad (2.20)$$

Тогда полное сопротивление фазы трансформатора составит:

$$z_{mp} = \frac{U_{к\%} * U_{2ф}}{100 * I_2} = \frac{4.5 * 230}{100 * 500} = 20.7 * 10^{-3} \text{ Ом}, \quad (2.21)$$

а индуктивное сопротивление фазы трансформатора составит:

$$x_{mp} = \sqrt{z_{mp}^2 - r_{mp}^2} = \sqrt{(20.7 * 10^{-3})^2 - (18.6 * 10^{-3})^2} = 9.1 * 10^{-3} \text{ Ом}; \quad (2.22)$$

Тогда индуктивность фазы трансформатора составит:

$$L_{mp} = \frac{x_{mp}}{\omega_c} = \frac{x_{mp}}{2\pi * f_{сети}} = \frac{9.1 * 10^{-3}}{2 * \pi * 50} = 28.92 * 10^{-6} \text{ Гн}. \quad (2.23)$$

Определим индуктивность якоря двигателя по эмпирической формуле:

$$L_{яд} = K \frac{30 * U_n}{\pi n_p I_n} = 0.5 * \frac{30 * 220}{\pi * 750 * 2 * 350} = 2 * 10^{-3} \text{ Гн}, \quad (2.24)$$

где  $p = 2$  — число пар полюсов двигателя.

Определим суммарную индуктивность якорной цепи двигателя:

$$L_{сум} = L_{ср} + 2L_{тр} + L_{яд} = 0.75 + 2 * 0.02892 + 2 = 2.808 \text{ мГн}. \quad (2.25)$$

Определим суммарное активное сопротивление якорной цепи двигателя:

$$R_{сум} = R_{яд} + r_{ср} + a * r_d + b * r_{тр} + c * r_{ур} + r_k, \quad (2.26)$$

где  $r_{ср}$  — активное сопротивление сглаживающего реактора;

$r_d$  — динамическое сопротивление тиристоров;

$r_{yp}$  — активное сопротивление уравнительного реактора;  
 $r_k$  — коммутационное сопротивление;  
 $a = 2$ ,  $b = 2$ ,  $c = 1$  — коэффициенты, зависящие от схемы выпрямления напряжения.  
 $r_d = 0.45 * 10^{-3}$  Ом — по паспортным данным.

$$r_{cp} = \frac{r_{mp}}{m_{mp}} \approx r_{yp} = \frac{0.186 * 10^{-3}}{3} = 0.062 * 10^{-3} \text{ Ом}; \quad (2.27)$$

$$r_k = \frac{m * x_{mp}}{2\pi} = \frac{6 * 9.1 * 10^{-3}}{2 * \pi} = 8.68 * 10^{-3} \text{ Ом}. \quad (2.28)$$

Подставив (2.27) — (2.28) в (2.26), получим:

$$R_{\text{сум}} = (21.5 + 0.062 + 2 * 0.45 + 2 * 0.186 + 1 * 0.62 + 8.68) * 10^{-3} = 31.576 * 10^{-3} \text{ Ом}. \quad (2.29)$$

Определим граничный угол отпирания тиристорov:

$$\alpha_{\text{max}} = \arccos\left(\frac{C_e' * n_{\text{min}} + I_n * R_{яд}}{U_{d0}}\right), \quad (2.30)$$

где  $C_e'$  — коэффициент пропорциональности между скоростью и ЭДС двигателя.

$$C_e' = \frac{U_n - I_n R_{я}}{n_n} = \frac{220 - 350 * 0.0215}{750} = 0.283 \frac{B * об}{мин}. \quad (2.31)$$

Тогда, подставив (2.31) в (2.30), получим граничный угол отпирания тиристорov равным:

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{max}} &= \arccos\left(\frac{0.283 * 250 + 350 * 0.0215}{537.4}\right) = \\ &= \arccos(0.1457) = 81.62^\circ = 81^\circ 37'. \end{aligned} \quad (2.32)$$

Определим постоянные времени полученной системы.  
 Электромагнитная постоянная якорной цепи двигателя:

$$T_\sigma = \frac{L_\Sigma}{R_\Sigma} = \frac{2.808 * 10^{-3}}{31.576 * 10^{-3}} = 0.0889 \text{ с}. \quad (2.33)$$

Электромагнитная постоянная якоря двигателя:

$$T_{я} = \frac{L_{я\delta}}{R_{я\delta}} = \frac{2 * 10^{-3}}{21.5 * 10^{-3}} = 0.093 \text{ с.} \quad (2.34)$$

Электромеханическая постоянная системы:

$$T_{м} = \frac{J_{\Sigma} * R_{\Sigma}}{(C\Phi_n)^2} = \frac{20.625 * 21.5 * 10^{-3}}{(2.705)^2} = 0.0606 \text{ с,} \quad (2.35)$$

$$J_{\Sigma} = K_j * J_{\text{дв}} = 2.5 * 8.25 = 20.625 \text{ кг*м}^2, \quad (2.36)$$

где  $K_j$  — коэффициент динамичности системы электропривода, показывающий во сколько раз система электропривода инерционней, чем двигатель [15].

Результаты вычислений сведем в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 — Динамические параметры системы

Наименование	Обозначение	Величина
Электромагнитная постоянная времени системы	$T_{\delta}$	0.0899 с
Электромагнитная постоянная времени якорной цепи двигателя	$T_{я}$	0.093 с
Электромеханическая постоянная времени системы	$T_{м}$	0.0606 с
Постоянная времени тиристорного преобразователя	$T_1$	0.007 с
Суммарное сопротивление якорной цепи электродвигателя	$R_{\Sigma}$	0.031576 Ом
Суммарный момент инерции системы электропривода	$J_{\Sigma}$	20.625 кг*м <sup>2</sup>
Коэффициент усиления тиристорного преобразователя	$K_{тп}$	67.17

## 2.4 Система управления приводом электродвигателя

2.4.1 РС как основной элемент системы автоматического управления. Общеизвестно, что микропроцессоры — это принципиальный шаг в развитии средств электронной автоматики и обработки данных.

Микропроцессоры очень дешевы, компактны, обладают программным управлением и отличаются высоким быстродействием. Такое сочетание свойств позволяет на единой технологической и схемотехнической базе, т. е.

только за счет программирования, получить специализированные вычислительные устройства, пригодные для использования в науке, на производстве, на транспорте, в медицине, в быту и многих других сферах.

Применение микропроцессоров в различных системах, где требуется сбор, передача, обработка и отображение информации, позволяет подняться на принципиально новый уровень по таким показателям, как надежность и простота обслуживания систем, с одной стороны, а также полнота и сложность выполняемых ими функций, с другой.

На микропроцессорной базе созданы и выпускаются «миллионными тиражами» так называемые персональные (в частности, «кухонные») компьютеры, причем, как отмечают многие авторы, социальные последствия этого явления, видимо, окажутся соизмеримыми с появлением книгопечатания, конвейерного производства или автомобиля.

2.4.2 Функциональная схема управления. Функционально систему управления станком можно разбить на три составляющих: схему задания, схему управления приводом и двигатель. Однако схему задания можно разбить на две составляющие: схему задания и схему пуска. Данная структурная схема приведена на рисунке 2.2.

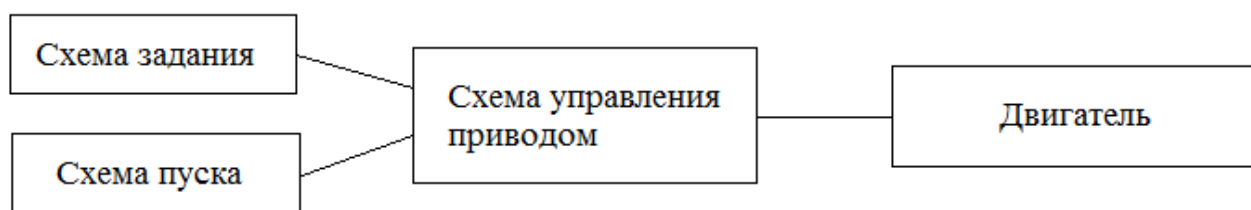


Рисунок 2.2 – Структурная схема системы управления станком

Задача схемы задания – указать начало и конец управления станком. Очень схожую задачу имеет схема пуска, однако они различаются по функциональному назначению. Если схема задания задаёт скорость и другие параметры, то схема пуска задаёт станок в пусковое состояние. Назначением схемы управления приводом является запуск двигателя, его остановка и реверс. Задачей же двигателя является обеспечение движения технологического процесса. Данная структура может быть реализована, как релейно-контактная схема.

В данной дипломной работе требуется разработать систему управления станком на базе микроконтроллера. В связи с этим выше приведенная функциональная схема изменится – перед схемой управления приводом появится блок процессора привода. Преимущество данного блока состоит в том, что он при помощи логических операций, реализованных программно, позволяет заменить функции запуска, реверса и остановки двигателя схемы управления приводом. А задачей схемы управления приводом является сопряжение «команд» процессора привода со схемой двигателя.

Соответствующая функциональная схема системы управления станком приведена на рисунке 2.3.

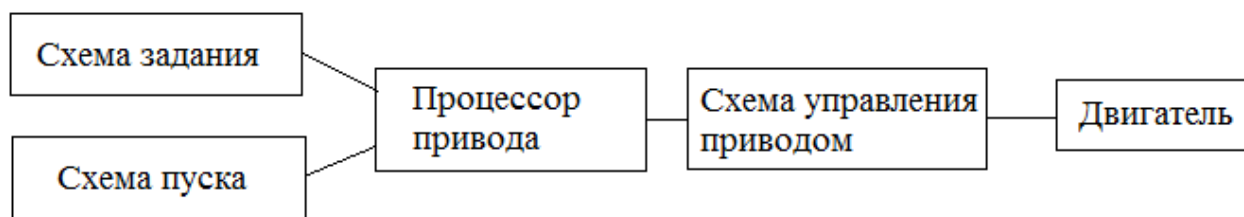


Рисунок 2.3 – Структурная схема системы управления с контроллером

2.4.3 Разработка алгоритма управления. Анализируя работу станка, можно определить, что работа станка состоит из «бесконечно» повторяемых во времени операций. Примером последовательности таких операций может служить цепочка таких операций как: пуск станка, движения катушек, само движение барабана и т.д. Однако некоторые операции могут пропускаться. На основе выше изложенного можно сделать вывод, что алгоритм работы станка является циклическим. Единственной ситуацией выхода из цикла является отключение системы управления [16].

Рассматривая дальнейшую работу станка, можно сделать вывод, что при движении двигателя, не может быть набрана скорость движения. Эта часть алгоритма реализуется разветвленной схемой. Если же станок не движется, то может быть выбрана либо цепь набора скорости, либо цепь остановки. Эта часть реализуется также по разветвленной схеме. После выбора цепи остановка или цепи набора скорости происходит подключение двигателя, станок работает по заданным параметрам. Описанный выше алгоритм представлен в виде блок-схемы на рисунке 2.4.

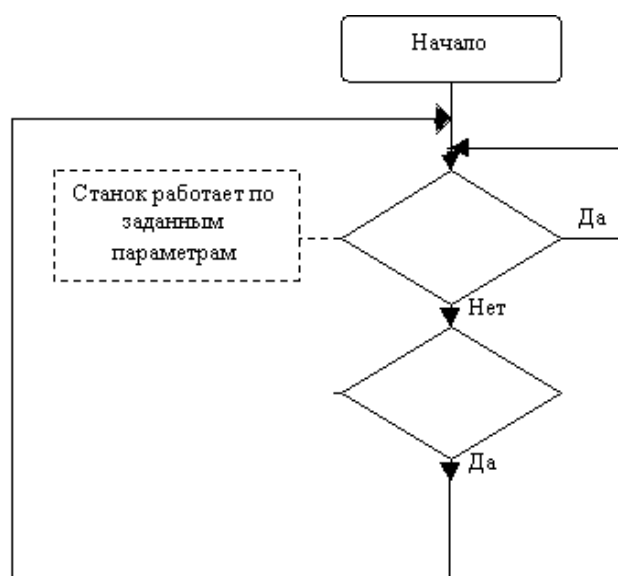


Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритма управления



### 3 Разработка системы управления электроприводом постоянного тока ткацкого станка в программе Matlab

#### 3.1 Модель двигателя постоянного тока в среде Simulink

Модель машины постоянного тока (двигателя) находится в библиотеке SimPowerSystems в разделе Machines. Изображение двигателя постоянного тока представлено на рисунке 3.1.

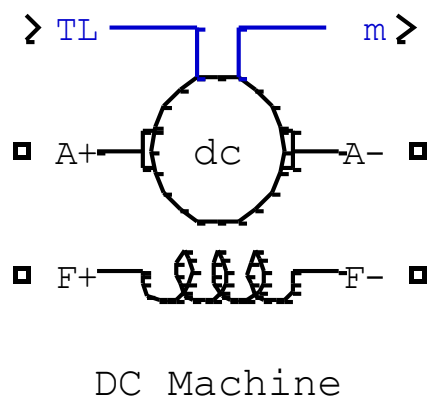


Рисунок 3.1 – Условное изображение двигателя постоянного тока в SimPowerSystems

Выходы F+ и F- служат для подключения напряжения возбуждения для создания магнитного потока в машине. Выводы A+ и A- используются для подключения обмотки якоря на силовой источник питания. Активная нагрузка на двигатель вводится через виртуальный вход TL. Выходные параметры двигателя: частота вращения  $\omega$ , ток обмотки якоря  $I_a$ , ток возбуждения  $I_f$  и электромагнитный момент  $T_e$  формируются на мультиплексорной шине m.

Чтобы получить доступ к выходным параметрам, необходимо использовать демультимплексор на четыре выхода и соединить его вход с точкой m. Тогда на первом (верхнем) выходе действует частота вращения, на втором – ток обмотки якоря, на третьем – ток возбуждения и на четвертом – электромагнитный момент двигателя.

–  $R_a$  – активное сопротивление цепи якоря, включающее сопротивление обмотки якоря, сопротивление щёточно-коллекторного узла и активное сопротивление обмотки дополнительных полюсов. Величина суммарного сопротивления якорной цепи, если нет данных, приближенно определяется по формуле

$$R_a = 0,5(1 - \eta_n) \frac{U_n}{I_n} ; \quad (3.1)$$

–  $L_a$  – индуктивность рассеяния цепи обмотки якоря, включающее индуктивность рассеяния обмотки якоря и индуктивное сопротивление

обмотки дополнительных полюсов. Если нет данных, индуктивность рассеяния якорной цепи двигателя может быть вычислена по приближенной формуле

$$L_a = \gamma \frac{U_n}{p \omega_n I_n}, \quad (3.2)$$

где  $U_n$  – номинальное напряжение обмотки якоря двигателя,  
 $I_n$  – номинальный ток обмотки якоря,  
 $\omega_n$  – номинальная частота вращения якоря,  
 $p$  – число пар полюсов двигателя,  
 $\gamma$  – коэффициент,  $\gamma = 0,6$  – для некомпенсированных машин,  $\gamma = 0,25$  – для компенсированных машин;  
 –  $R_f$  – активное сопротивление обмотки возбуждения двигателя;  
 –  $L_f$  – индуктивность обмотки возбуждения двигателя. Можно определить по кривой намагничивания цепи возбуждения при известном значении числа витков катушки полюса  $W_{\hat{a}}$  как

$$L_f = 2pW_{\hat{a}}^2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta(IW)_B}; \quad (3.3)$$

–  $L_{af}$  – взаимная индуктивность обмоток возбуждения и обмотки якоря двигателя. Определяется взаимная индуктивность по номинальным параметрам двигателя, как

$$L_{af} = \frac{K_E}{I_f} = \frac{U_n - R_a I_{ан}}{\omega_n I_f} = \frac{U_n - R_a I_{ан}}{\omega_n \frac{U_{fn}}{R_f}}, \quad (3.4)$$

где  $K_E$  – постоянная ЭДС двигателя, так как

$$\dot{A} = \hat{E}_{\hat{A}} \cdot \omega, \quad (3.5)$$

$E$  – противоЭДС двигателя;  
 $U_{fn}$  – номинальное напряжение возбуждения;  
 $J$  – приведенный к валу двигателя момент инерции, включающий момент инерции двигателя и момент инерции производственного механизма;  
 $B_m$  – коэффициент, с помощью которого вводится на вал двигателя реактивный момент сопротивления, определяемый как

$$T_m = B_m \cdot \omega; \quad (3.6)$$

$T_f$  – реактивный момент сопротивления.

### 3.2 Структурная схема и математическое описание системы управления

Повышение качества переходных процессов скорости и электромагнитного момента двигателя постоянного тока ткацкого станка возможно только с помощью системы автоматического управления электроприводом станка. Совершенствование системы управления электроприводом ткацкого станка это одна из основных задач проектирования ткацкого станка. Структурная схема системы автоматического управления электроприводом ткацкого станка в среде MATLAB –Simulink показана на рисунке 2.1.

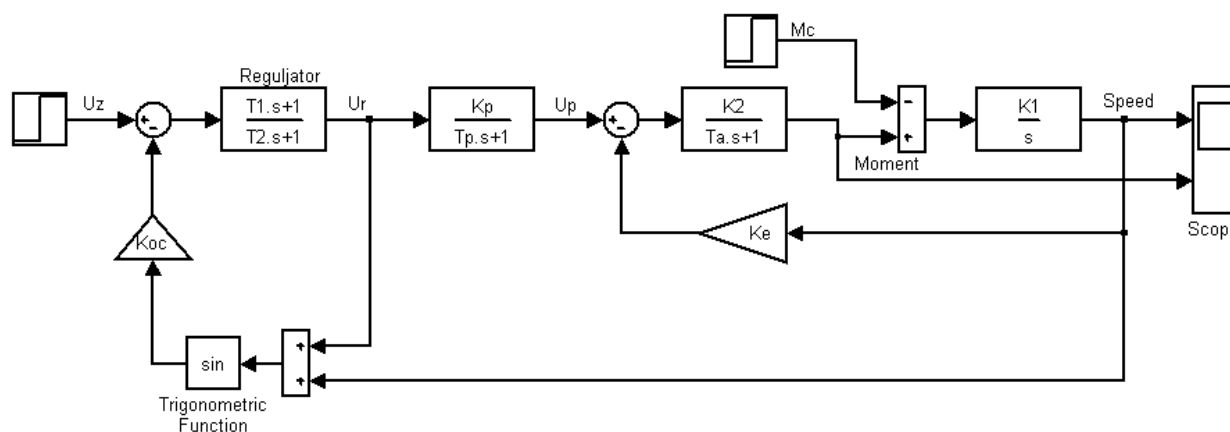


Рисунок 3.2 - Структурная схема системы управления двигателем станка

На рисунке 3.2 двигатель постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ НВ) представлен двумя динамическими звеньями, охваченные отрицательной обратной связью по противоЭДС. Передаточные функции звеньев двигателя постоянного тока имеют следующий вид:

$$W_1(s) = \frac{x_1}{x_2} = \frac{K_1}{s}, \quad (3.7)$$

$$W_2(s) = \frac{x_2}{x_3} = \frac{K_2}{T_a s + 1}, \quad (3.8)$$

где  $W_1(s)$  – передаточная функция интегрирующего звена ДПТ НВ;

$W_2(s)$  – передаточная функция инерционного звена ДПТ НВ;

$x_1 = \omega$  – угловая скорость двигателя;

$x_2 = M$  – электромагнитный момент двигателя;

$x_3 = U_p$  – напряжение на выходе мостового ШИП;

$K_1 = 1/j$  – обратная величина момента инерции ротора двигателя;  
 $K_2 = 1/R_{\text{я}}$  – обратная величина сопротивления якорной цепи двигателя;

$T_a = T_{\text{я}}$  – электромагнитная постоянная времени якоря.

Передаточная функция ШИП, представленная на рисунке 3.2 имеет вид:

$$W_3(s) = \frac{x_3}{x_4} = \frac{K_p}{T_p s + 1}, \quad (3.9)$$

где  $x_3 = U_p$  – напряжение на выходе ШИП

$x_4 = U_r$  – напряжение на выходе регулятора скорости двигателя,

$K_p$  – коэффициент передачи ШИП,

$T_p$  – постоянная времени ШИП.

Передаточная функция регулятора скорости двигателя запишется в следующем виде

$$W_4(s) = \frac{x_4}{\delta} = \frac{T_1 s + 1}{T_2 s + 1}, \quad (3.10)$$

где  $T_1, T_2$  – постоянные времени регулятора скорости двигателя,

$\delta$  – ошибка системы управления равная

$$\delta = Uz - k_{oc} \sin(x_1 + x_4) \quad (3.11)$$

На основе выше указанных передаточных функций, математическое описание системы автоматического управления, после несложных преобразований, можно записать в следующем виде:

$$\frac{dx_1}{dt} = k_1 x_2 - k_1 M_c,$$

$$\frac{dx_2}{dt} = \frac{k_2}{T_a} x_3 - \frac{k_{oc} k_2}{T_a} x_1 - \frac{1}{T_a} x_2,$$

$$\frac{dx_3}{dt} = \frac{k_p}{T_p} x_4 - \frac{1}{T_p} x_3, \quad (3.12)$$

$$\frac{dx_4}{dt} = \frac{1}{T_2} u - \frac{k_{oc} T_1}{T_2} \left( \frac{d}{dt} \sin(x_1 + x_4) \right) - \frac{k_{oc}}{T_2} \sin(x_1 + x_4),$$

Или

$$\begin{aligned} \frac{dx_4}{dt} = & \frac{1}{T_2} u - \frac{k_{OC} T_1}{T_2} \cos(x_1 + x_4) - \\ & - \frac{k_{OC}}{T_2} \sin(x_1 + x_4), \end{aligned} \quad (3.13)$$

где  $u$  – задающее воздействие.

### 3.3 Уст-ойчивость системы управления электропривода ткацкого станка

В процессе проектирования, для любой вновь созданной системы автоматического управления промышленной установки, первичной и необходимой задачей проектирования является задача определения устойчивости системы управления установки, в особенности, когда система управления является нелинейной [22,23].

В нашем случае система управления скоростью двигателя постоянного тока ткацкого станка является нелинейной, так как в ней присутствует нелинейность в виде  $y = \sin(x)$ . Данная нелинейность введена в систему управления электропривода ткацкого станка для повышения качества переходных процессов скорости и момента двигателя и малой чувствительности системы к возмущающим воздействиям. Для определения устойчивости нелинейных систем управления существуют несколько общеизвестных методов: таких как метод гармонической линеаризации, метод Ляпунова. Однако использование этих методов вызывают определенные трудности в решении задачи определения устойчивости системы управления. В связи с этим рассмотрим задачу определения устойчивости системы управления электропривода ткацкого станка с помощью математической системы MATLAB. Для этого необходимо математическую модель (3.12), динамики переходных процессов двигателя постоянного тока, преобразовать в систему уравнений в символьном виде и с помощью программы написанную на алгоритмическом языке MATLAB, образовать передаточную функцию и по характеристическому уравнению, полученной передаточной функции системы, определить устойчивость движения ткацкого станка.

На основе передаточных функций (3.7), (3.8), (3.9) и (3.10) и обратных связей системы управления образуем систему уравнений в символьном виде в следующем образом:

$$(1/W_1)x_1 - x_2 = 0,$$

$$k_{Ex} x_1 + (1/W_2)x_2 - x_3 = 0,$$

$$x_3 - W_3 x_4 = 0, \quad (3.14)$$

$$k_{oc} \sin(x_1 + x_4) + (1/W_4)x_4 - u = 0 .$$

Однако, чтобы решить систему уравнений (3.14) в символьном виде в среде MATLAB, необходимо осуществить замену функции  $y = \sin(x)$  на два члена степенного ряда  $\text{sign}((x_1 + x_4) - ((x_1 + x_4)^3/6))$ . Программа определения устойчивости системы управления ДТП НВ ткацкого станка, с учетом уравнений (3.14) и предложенной заменой нелинейного звена (четвертое уравнение (3.14)) системы управления, приведена на рисунке 3.3 [25].

```

1 - syms w1 w2 w3 w4
2 - syms x1 x2 x3 x4
3 - clc
4 - f1=sym(' (1/w1) *x1-x2 ');
5 - f2=sym(' a*x1+ (1/w2) *x2-x3 ');
6 - f3=sym(' x3-w3*x4 ');
7 - fa=sym(' (1/w4) *x4-u ');
8 - f4=sym(' b*sign((x1+x4)-c*(x1+x4)^3)'+fa );
9 - [x1,x2,x3,x4]=solve(f1,f2,f3,f4);
10 - K1=0.3; K2=31.67; Ta=0.088;
11 - Kp=5; Tp=0.001; T1=0.1; T2=0.15;
12 - w1=tf([K1],[1 0]);
13 - w2=tf([K2],[Ta 1]);
14 - w3=tf([Kp],[Tp 1]);
15 - w4=tf([T1 1],[T2 1]);
16 - a=2.9; b=1;
17 - c=0.1666; u=1;
18 - R1=eval(x1);
19 - Wc1=minreal(R1)
20 - p=pole(Wc1)
21

```

Рисунок 3.3 - Программа определения устойчивости системы управления

В программе рисунка 3.3 система уравнений в символьном виде, описывающая систему управления, дается в строках программы 4, 5, ..., 8.

Решение нелинейной системы символьных уравнений осуществляется функцией MATLAB solve (строка 9). Исходные данные числителя и знаменателя передаточных функций звеньев системы управления введены в 10 и 11 строки программы. С 12-ой по 15 – ой строки программы записаны передаточные функции звеньев системы. Образование передаточной функции системы управления осуществляется функцией MATLAB eval - 18 строка программы. Корни характеристического уравнения передаточной функции системы управления рассчитываются функцией MATLAB pole - строка 20. Передаточная функция и корни характеристического уравнения, в результате счета программы, показаны на рисунке 3.4.

```

MATLAB
File Edit Debug Desktop Window Help
C:\Program Files\MATLAB71\work
Shortcuts
Transfer function:
          7.198e005 s + 7.198e006
-----
s^4 + 1018 s^3 + 1.842e004 s^2 + 3.909e005 s + 2.087e006

p =

1.0e+002 *

-10.0000
-0.0568 + 0.1676i
-0.0568 - 0.1676i
-0.0667
>>
Start OVR

```

Рисунок 3.4 - Передаточная функция САУ и корни характеристического уравнения

Из рисунка 3.4 видно, что все корни характеристического уравнения получились с отрицательной вещественной частью – согласно системе управления двигателя постоянного тока устойчива.

Следует отметить, что при определении устойчивости системы управления двигателя постоянного тока с независимым возбуждением, в представленной программе (рисунок 3.3), статический момент нагрузки не учитывался, то есть статический момент равен  $M_c = 0$ . Однако, в процессе проектирования системы управления ДПТ НВ, может возникнуть необходимость образовать передаточную функцию системы и определить устойчивость движения ткацкого станка с учетом статического момента нагрузки двигателя. В этом случае программа устойчивости (рисунок 3.3) приобретает следующий вид (рисунок 3.5).

```

1 - syms w1 w2 w3 w4
2 - syms x1 x2 x3 x4
3 - clc
4 - f1=sym(' (1/w1)*x1-x2=Mc ');
5 - f2=sym(' a*x1+(1/w2)*x2-x3 ');
6 - f3=sym(' x3-w3*x4 ');
7 - fa=sym(' (1/w4)*x4-u ');
8 - f4=sym(' b*sign((x1+x4)-c*(x1+x4)^3)'+fa );
9 - [x1,x2,x3,x4]=solve(f1,f2,f3,f4);
10 - K1=0.3; K2=31.67; Ta=0.088;
11 - Kp=5; Tp=0.001; T1=0.1; T2=0.15;
12 - w1=tf([K1],[1 0]);
13 - w2=tf([K2],[Ta 1]);
14 - w3=tf([Kp],[Tp 1]);
15 - w4=tf([T1 1],[T2 1]);
16 - a=2.9; b=1; Mc=200;
17 - c=0.1666; u=1;
18 - R1=eval(x1);
19 - Wc1=minreal(R1)
20 - p=pole(Wc1)
21

```

Рисунок 3.5 - Программа определения устойчивости системы с учетом  $M_c$

В результате счета программы (рисунок 3.3) корни характеристического уравнения передаточной функции системы с учетом  $M_c$  не равным нулю показаны на рисунке 3.6.



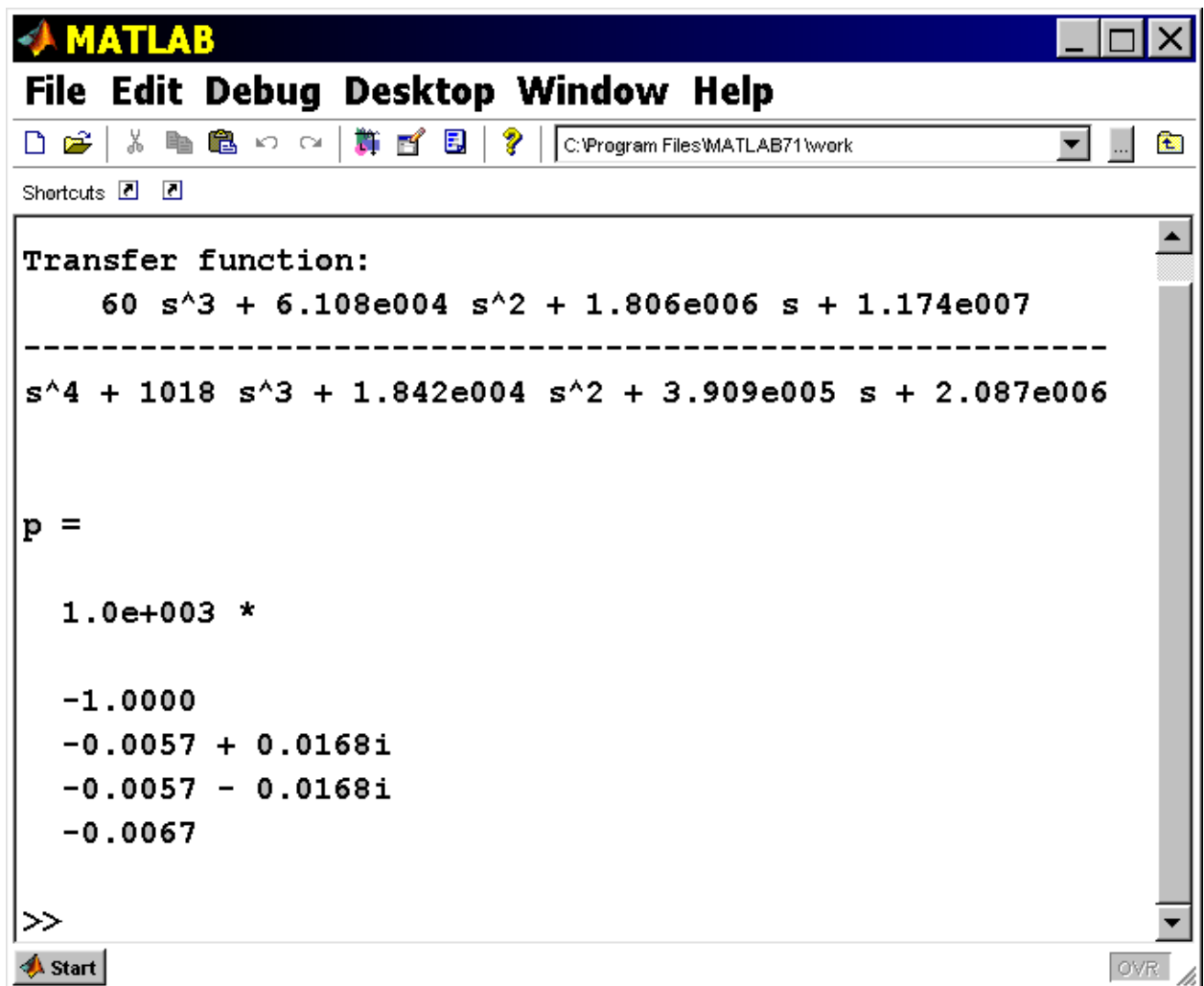


Рисунок 3.6 - Передаточная функция и корни характеристического уравнения

На рисунке 3.6 видно, что корни характеристического уравнения получились с отрицательной вещественной частью – система управления устойчива. Сравнивая рисунки 3.4 и рисунок 3.6 можно отметить, что числители передаточных функций получились разными. Отсюда можно сделать вывод, что введение численного значения статического момента двигателя в программу определения устойчивости системы управления образует другую передаточную функцию, не нарушая устойчивость системы.

### 3.4 Алгоритм и программа синтеза параметров системы управления электропривода ткацкого станка

Синтез параметров системы автоматического управления (САУ) двигателя постоянного тока является одной из основных задач проектирования системы управления. В настоящее время, в связи с развитием вычислительной техники, разработка алгоритмов синтеза параметров систем управления – можно отнести к наиболее важным задачам проектирования.

Особенно это важно при проектировании замкнутой нелинейной САУ электропривода постоянного тока. Синтез параметров системы управления электроприводом постоянного тока можно осуществлять только на ЭВМ, ввиду разнообразия статических нелинейных звеньев систем управления. Система управления с нелинейными звеньями позволяет создавать условие работы системы с малой чувствительностью к возмущающим воздействиям.

Наиболее эффективен синтез параметров системы управления электроприводов постоянного тока в диалоговом режиме оператора-специалиста с ЭВМ, по кривым переходного процесса с заданным алгоритмом расчета параметров системы. Если кривые переходного процесса электропривода отвечают требованиям перерегулирования и времени переходного процесса, то расчет параметров системы управления заканчивается [27,28].

Программное обеспечение для решения задач синтеза параметров системы управления осуществляется в математической среде MATLAB, которая позволяет исследовать режимы работы с ее синтезированными параметрами с одновременным выводом графиков переходных процессов системы и результатами счета. Начальное приближение параметров системы управления в программе синтеза задаются случайными числами, что успешно позволяет осуществлять синтез параметров для нелинейных систем управления. Алгоритм синтеза основан на условии асимптотической устойчивости системы:

$$f = \sum x_i^2 + \frac{\partial s}{\partial x_i} \frac{dx_i}{dt}, \quad (3.15)$$

где  $x_i$  - переменные системы управления;

$s$  - квадратичная функция.

Программа синтеза параметров системы управления, составленная на алгоритмическом языке MATLAB, приведена на рисунке 3.7.

```
function SINTES
global kp
global koc
global T1
global T2
clc
n=4; r=0;
m=100;
for i=1:m
    h=0.5; q1=1.0e6;
    kp=rand*10;
    koc=rand;
    T1=rand;
```

```

T2=2*T1;
x(4)=0.01;
while x(4)<=1
x(3)=0.01;
while x(3)<=1
x(2)=0.01;
while x(2)<=1
x(1)=0.01;
while x(1)<=1
h1=0.01;
i=1;
while i<=n
u(i)=x(i)+h;
v(i)=x(i)-h;
j=1;
while j<=n
if j~=i u(j)=x(j);v(j)=x(j);end;
j=j+1;
end
z1=u(1);
z2=u(2);
z3=u(3);
z4=u(4);
f2=PODPR1(z1,z2,z3,z4);
z1=v(1);
z2=v(2);
z3=v(3);
z4=v(4);
f3=PODPR1(z1,z2,z3,z4);
a(i)=(f2-f3)/2/h;
i=i+1;
end
Tp=0.001; Mc=0.1; u=1;
d(1)=0.3*x(2)-0.3*Mc;
d(2)=359.88*x(3)-1042.67*x(1)-11.36*x(2);
d(3)=(1000*kp)*x(4)-1000*x(3);
d(4)=(1/T4)*u-((koc*T3)/T4)*cos(x(1)+x(4))-...
(koc/T4)*sin(x(1)+x(4))-(1/T4)*x(4);
q=abs(d(1)*a(1)+d(2)*a(2)+d(3)*a(3)+d(4)*a(4));
if q<=q1 q1=q;end
x(1)=x(1)+h;
end
x(2)=x(2)+h;
end
x(3)=x(3)+h;

```

```

end
    x(4)=x(4)+h;
end
    r=r+1;
    if r>=m break;end;
end
disp('kp');disp(kp);
disp('koc='); disp(koc);
disp('T1=');disp(T1);
disp('T2=');disp(T2);
x0 = [0;0;0;0];
[T,X]=ode45(@SYSDC,[0 3],x0);
plot(T,X(:,1)*5,'b.-',T,X(:,2),'r.-')
hold on
grid on
hold off
function dx=SYSDC(t,x)
    dx=zeros(4,1);
    Mc=0.1;
    dx(1)=0.3*x(2)-0.3*Mc;
    dx(2)=359.88*x(3)-1043.67*x(1)-11.36*x(2);
    dx(3)=(1000*kp)*x(4)-1000*x(3);
    dx(4)=(1/T4)*u-((koc*T3)/T4)*cos(x(1)+x(4))-...
        (koc/T4)*sin(x(1)+x(4))-(1/T4)*x(4);
end
function f=PODPR1(z1,z2,z3,z4)
    n=4; k=1;
while k<=n
    l=k;
while l<=n
    b(k,l)=rand;
    l=l+1;
end
    k=k+1;
end
f=b(1,1)*z1^2+b(1,2)*z1*z2+b(1,3)*z1*z3+b(1,4)*z1*z4
+...
    b(2,2)*z2^2+b(2,3)*z2*z3+b(2,4)*z2*z4+...
    b(3,3)*z3^2+b(3,4)*z3*z4+b(4,4)*z4^2;
end

```

Рисунок 3.7 - Программа синтеза параметров системы управления

Результаты счета программы показаны на рисунке 3.8.

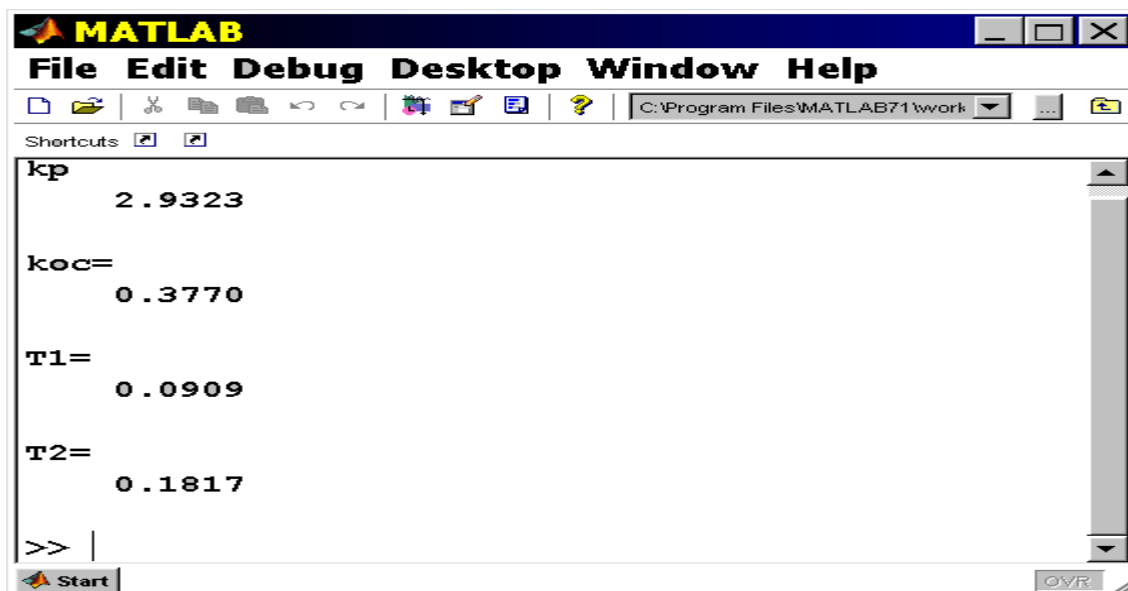


Рисунок 3.8 - Численные значения параметров синтеза САУ

Графики переходных процессов скорости и момента двигателя показаны на рисунке 3.9.

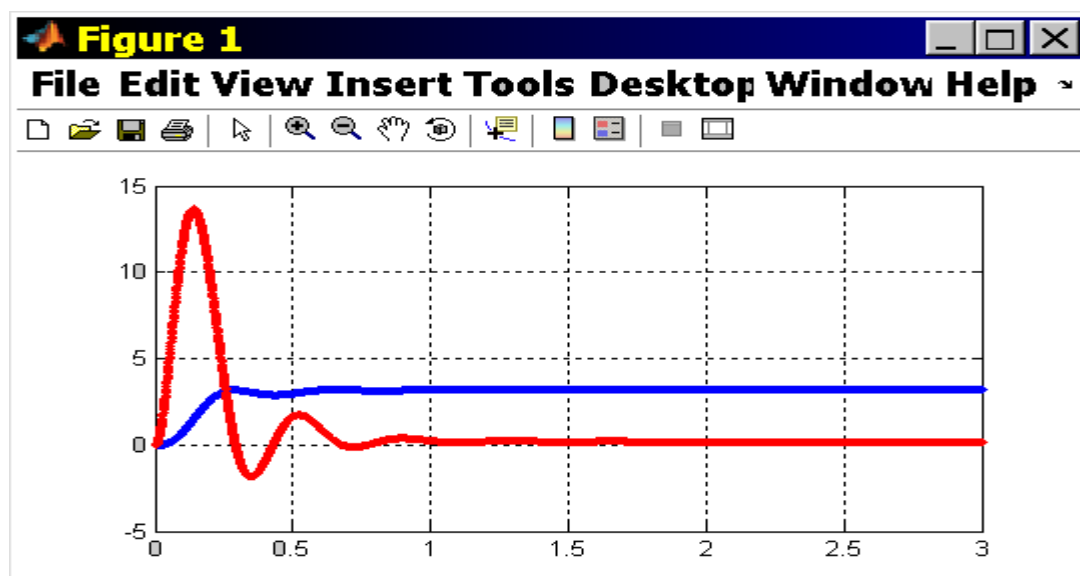


Рисунок 3.9 - Графики переходных процессов скорости и момента ДПТ НВ

### 3.5 Виртуальная модель электропривода ткацкого станка

Для исследования переходных процессов электропривода постоянного тока, с разработанной системой управления, на рисунке 3.10 показана виртуальная модель двигателя постоянного тока в среде MATLAB – Simulink.

Отметим, что исследование виртуальных моделей в процессе проектирования системы автоматического управления открывает широкие возможности определять влияние параметров системы управления на динамику электропривода постоянного тока ткацкого станка [30].

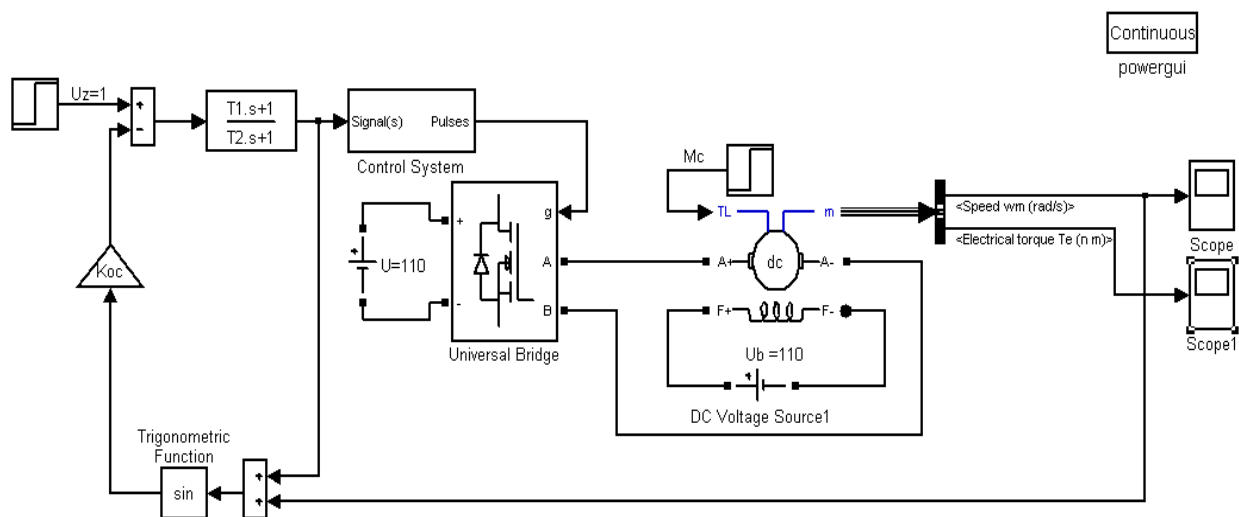


Рисунок 3.10 - Виртуальная модель двигателя постоянного тока с ШИП

Виртуальная модель системы постоянного тока состоит из: двигателя постоянного тока с независимым возбуждением, широтно – импульсного преобразователя (ШИП) и системы автоматического управления скоростью двигателя. В качестве регулятора скорости ДПТ НВ используется динамическое инерционно – форсирующее звено с коэффициентом передачи  $k=1$ . Рассмотрим влияние параметров регулятора ( $T_1$ ,  $T_2$ ) на переходные процессы скорости и момента ДПТ НВ. Переходные процессы скорости и момента двигателя приведены на рисунке 3.11 (график серости двигателя) и рисунок 3.12 (момент двигателя).

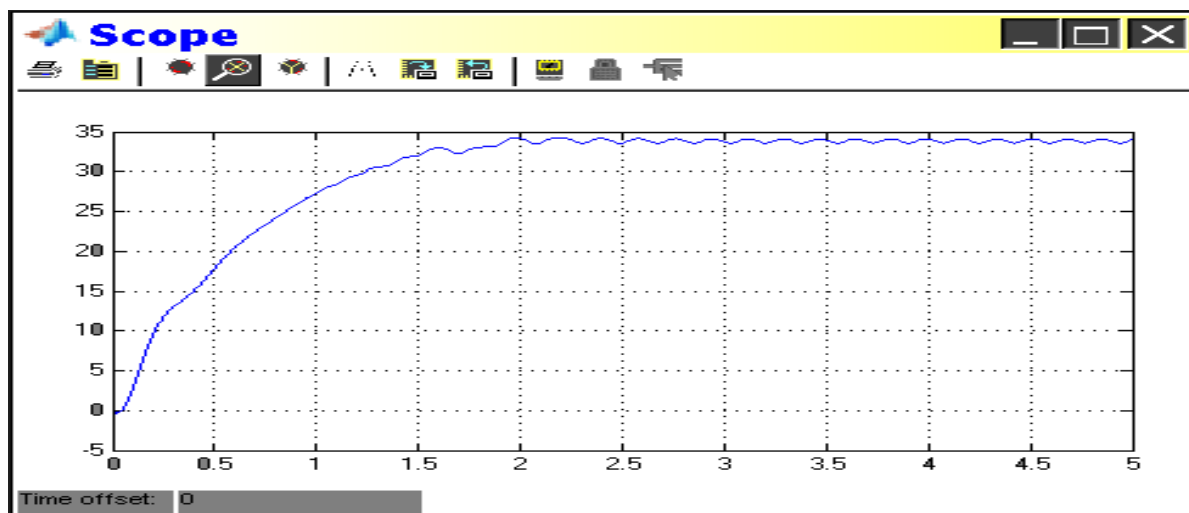


Рисунок 3.11 - Переходной процесс скорости двигателя

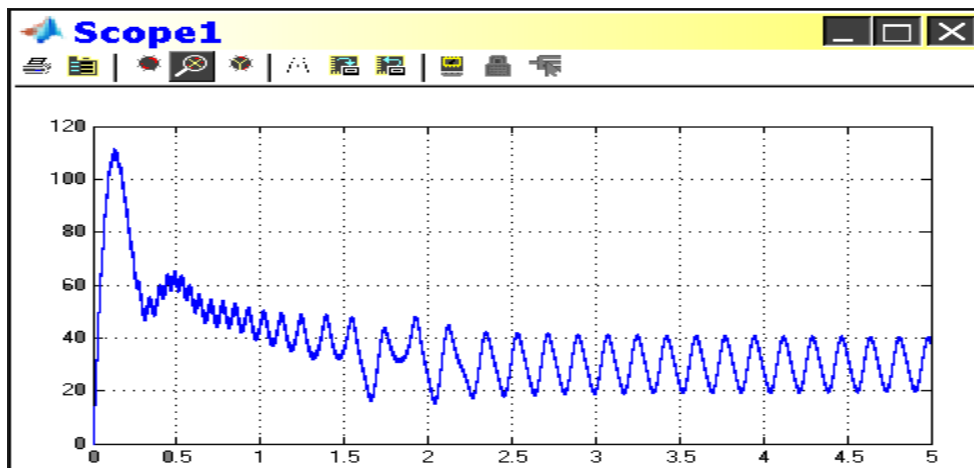


Рисунок 3.12 - Переходной процесс момента двигателя

Графики переходных процессов скорости и момента двигателя с независимым возбуждением получены при следующих параметрах регулятора скорости, показанные на рисунке 2.13.

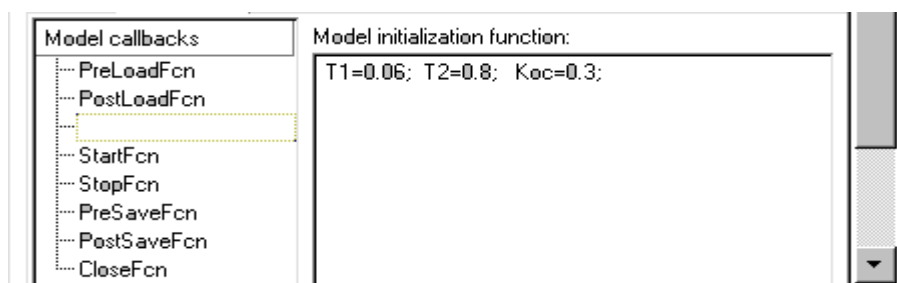


Рисунок 3.13 – Параметры регулятора скорости

Переходные процессы скорости и момента двигателя с другими численными значениями  $T_1$ ,  $T_2$  регулятора скорости, показаны на рисунках 3.14 и 3.15.

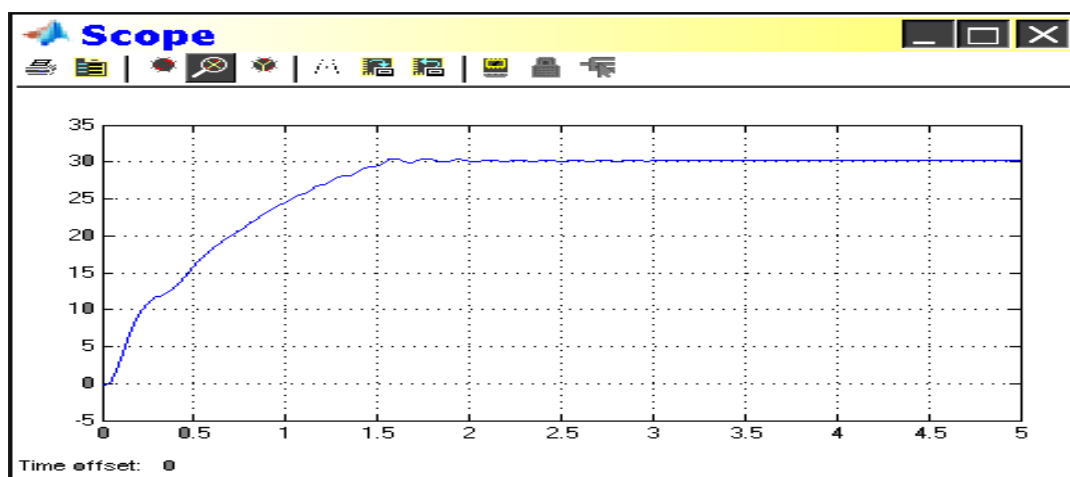


Рисунок 3.14 – Переходной процесс скорости двигателя со вторым значением

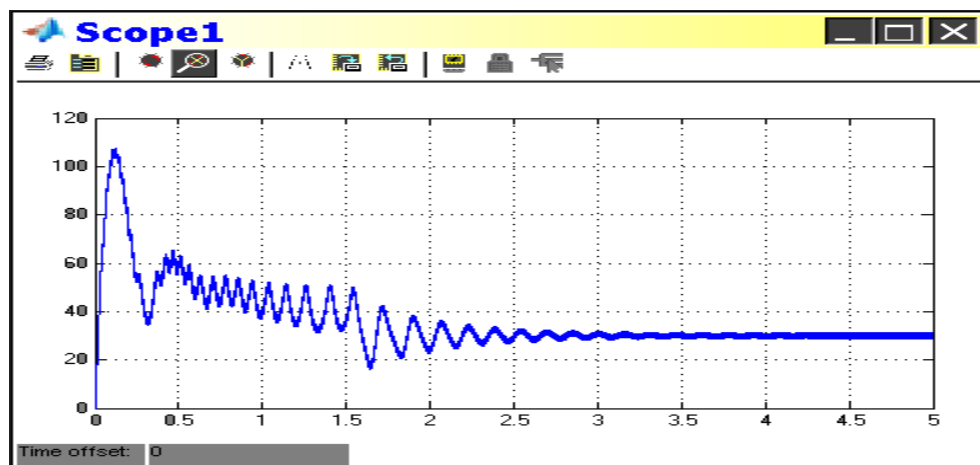


Рисунок 3.15 – Переходной процесс момента двигателя со вторым значением

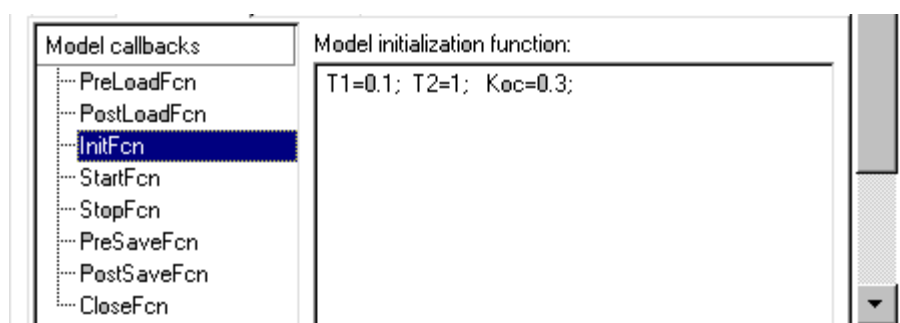


Рисунок 3.16 – Вторые параметры регулятора скорости

Как видно, на рисунках 3.11 и 3.14 (скорости) и на рисунках 3.13 и 3.15 (моменты) переходные процессы скорости и моментов качество переходных процессов существенно зависят от параметров регулятора при  $K_{oc} = 0,1$ . На рисунках 3.17, 3.18 процессы при  $K_{oc} = 0,1$ .

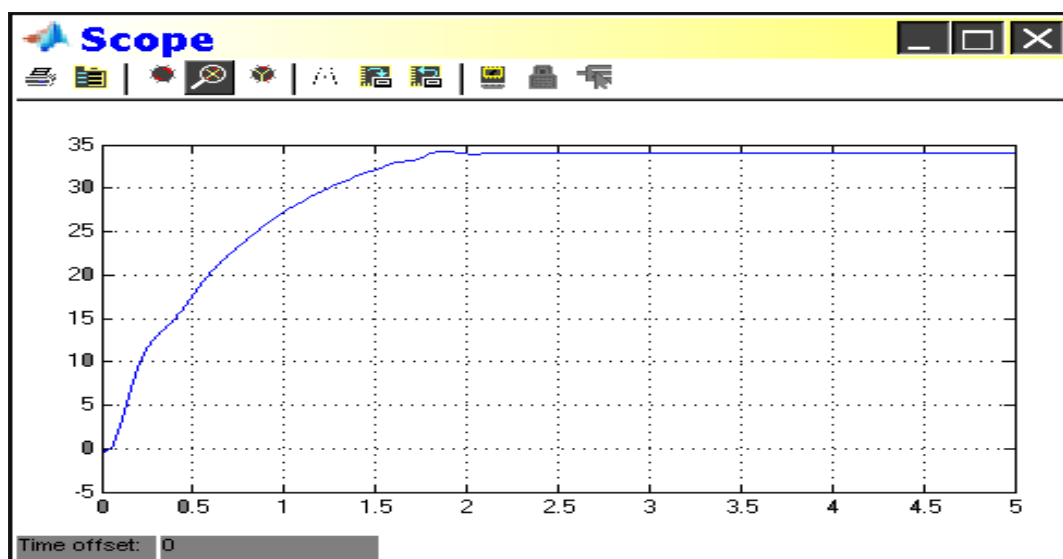


Рисунок 3.17 = Переходной процесс скорости при  $K_{oc} = 0,1$



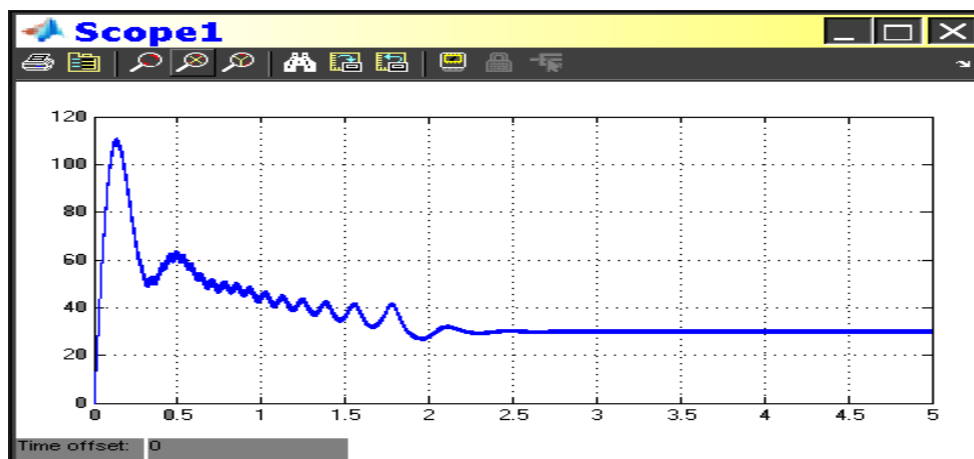


Рисунок 3.18 – Переходной процесс момента при  $K_{oc} = 0,1$

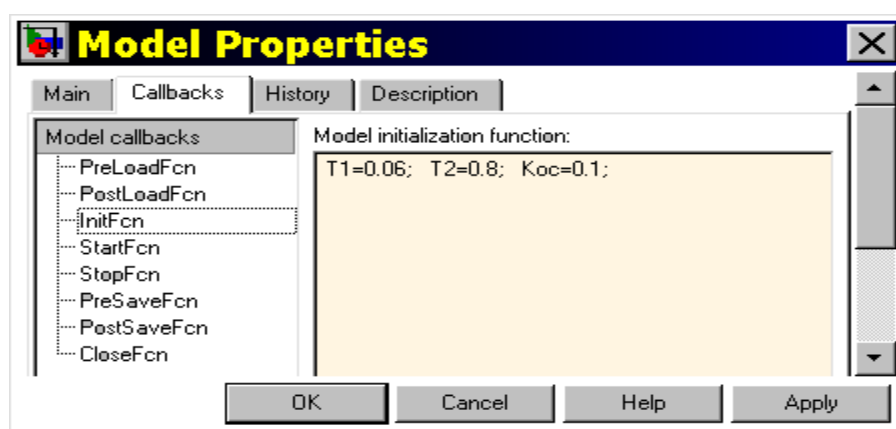


Рисунок 3.19 – Третьи параметры регулятора скорости

Как видно из представленных выше рисунков с графиками скорости и момента двигателя параметры регулятора скорости и коэффициент обратной связи  $K_{oc}$  оказывают существенное влияние на переходные процессы скорости и момента двигателя постоянного тока [32,33].

## 4. Безопасность жизнедеятельности

### 4.1 Общие требования безопасности

1) К обслуживанию и эксплуатации круглотокацкого станка допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие соответствующее медицинское обследование, обучение, инструктаж (вводный, первичный на рабочем месте) стажировку, проверку теоретических и приобретенных навыков безопасных приемов труда и получивших допуск к самостоятельной работе.

2) Повторный инструктаж по охране труда на рабочем месте проводится один раз в три месяца, повторная проверка знаний один раз в год.

3) Оператор круглоткацкого станка проходит инструктаж по этой инструкции, инструкции № 218 по оказанию первой до врачебной помощи пострадавшему при несчастных случаях, инструкции № 20 по пожарной безопасности.

4) При работе на круглоткацком станке опасными и вредными производственными факторами являются следующее:

- поражение электрическим током;
- вращающиеся и движущие части оборудования и механизмов;
- высокая температура (ожоги);
- ненадежное крепление винтов, болтов круглоткацкого станка;
- падение предметов на человека;
- недостаточная освещенность рабочего места;
- отравления;
- скользкий, грязный пол;
- повышенный уровень шума и т.д.

5) Работник обязан:

-выполнять только порученную работу, безопасные способы выполнения которой ему известны;

-не допускать на рабочее место лиц, не имеющих отношения к работе;

-работать только исправным инструментом и на исправном оборудовании;

-содержать свое рабочее место в чистоте, не допускать загромождений;

-следить за достаточной освещенностью рабочего места, исправностью и чистотой электрических светильников. Помните, что установка и очистка светильников, смена перегоревших электрических ламп и ремонт электрической сети должны производиться электротехническим персоналом;

-не курить на рабочем месте, курить только в разрешенных местах курения;

-не поднимать и не перемещать тяжести вручную без соблюдения установленных норм;

-соблюдать требования трудовой и производственной дисциплины, правила внутреннего трудового распорядка;

-при выполнении трудовых обязанностей руководствоваться инструкцией по охране труда и производственной инструкцией, инструкции по пожарной безопасности;

-работать в положенной спецодежде, обуви, пользоваться индивидуальными средствами защиты (очки, рукавицы, респираторы, беруши и т.д.);

-соблюдать требования правил дорожного движения и передвижения по производственной территории и в помещениях;

-соблюдать правила приема пищи (перед приемом пищи вымыть руки мылом, вытереть полотенцем). Пищу следует принимать только в специально отведенном для этого помещении;

-быть внимательным к сигналам движущегося транспорта и оборудования;

-не находиться под поднятым грузом;

-места, где ведутся работы на высоте, огневые, газоопасные работы обходить на безопасном расстоянии, не заходить в зону проведения монтажных работ;

-заметив нарушение требований охраны труда или опасность для окружающих, немедленно сообщить администрации;

-при получении травмы на производстве, за помощью обратиться в здравпункт комбината, поставить в известность начальника цеха, смены. Обеспечить сохранность обстановки на рабочем месте и оборудования до начала расследования таким, какие они были на момент происшествия (если это не создает опасности для окружающих);

-в случае возникновения пожара немедленно сообщить администрации, позвонить в пожарную часть по тел. 01 и принять меры по эвакуации людей и материальных ценностей, одновременно приступить к тушению пожара имеющимися средствами;

-соблюдать статью 29 Закона «Об охране труда», помнить, что виновные в нарушении данной инструкции рассматриваются, как нарушители трудовой дисциплины правил внутреннего трудового распорядка и подвергаются соответствующим дисциплинарным взысканиям, предусмотренным трудовым законодательством.

Требования безопасности перед началом работы:

1) Привести в порядок рабочую одежду: застегнуть обшлага рукавов, заправить одежду так, чтобы не было развевающихся концов, волосы убрать под плотно облегающий головной убор, снять украшения (цепочки, кулоны, браслеты, кольца).

2) Обувь должна быть удобной, на низком каблуке, с закрытым носком. Она должна надежно держаться на ногах.

3) Приготовить к использованию необходимые средства индивидуальной защиты (беруши).

4) Проверить достаточность освещения рабочего места.

5) Перед пуском станка убедиться:

- что станок находится в исправном состоянии;

- рядом стоящий человек не управляет станок;

- убедиться, что у станка нет посторонних лиц.

Требования безопасности во время работы:

1) Не производить запуск машины при обнаружении неисправностей. В случае поломки, появления постороннего шума или вибрации немедленно отключить машину и сообщить наладчику или мастеру смены.

2) При техническом обслуживании машин для резки и пайки пакетов, их ремонте, уборке необходимо их остановить, обесточить (переключатель подачи электроэнергии должен быть в выключенном состоянии), на пусковое устройство вывесить плакат: «Не включать, работают люди!»

3) Работнику не разрешается:

-включать и останавливать (кроме аварийных случаев) машины, механизмы и станки, на которых не поручено работать;

-прикасаться к находящимся в движении механизмам и не огражденным частям машин;

-класть руки и посторонние предметы на движущиеся и вращающиеся механизмы во время работы машин, не трогать нож для резки;

-прикасаться к открытым и не огражденным токоведущим частям электрооборудования, оголенным проводам, наступать на переносные электропровода, лежащие на полу, открывать дверцы электрошкафов;

-оставлять включенным электрооборудование при прекращении подачи электроэнергии или при перерыве в работе;

-убирать знаки предупреждения, маркировку, таблички с наименованиями, которые зафиксированы на машине, плакаты по электробезопасности;

-снимать крышки безопасности или механизмы безопасности во время работы. Их можно снимать только после остановки экструдера при проведении чистки механизмов;

-чистить валы ножами и другими острыми металлическими предметами:

-нарушать режимы технологического процесса;

-оставлять машину без присмотра.

5) Осторожно обращаться с режущими ножами, используемыми при резке бобин на флексографической машине.

6) При мойке валов и логотипов не допускать попадания ацетона и растворителя на электропроводку, это может вызвать нарушение изоляции и короткое замыкание машины, что может привести к электротравме.

Требования безопасности в аварийных ситуациях:

1) В аварийных ситуациях (пожаре, стихийном бедствии) оператор должен действовать четко и уверенно. Обесточить станки.

2) При пожаре немедленно сообщить руководителю работ или администрации, вызвать пожарную машину и приступить к тушению пожара.

3) При нарушении требований безопасности на круглоткацком станке могут возникнуть н/случаи, связанные с травмированием, вызванным поражением эл. током и механическим повреждением работающих.

4) При н/случае принять все необходимые меры по оказанию первой медицинской помощи до прихода врача.

Требования безопасности по окончанию работы:

1) Привести в порядок рабочее место, сложить инструмент, сдать машину сменщику.

2) Обо всех недостатках, замеченных в работе, и о принятых мерах по их устранению сообщить сменщику и начальнику смены.

3) Оформить сдачу смены в журнале с записью о выполненных ремонтных работах и обнаруженных неполадках.

## 4.2 Расчет защитного заземления

Корпус станка и другие металлические, металловедущие части могут оказаться под напряжением вследствие повреждения изоляции проводов, корпуса. При случайном прикосновении человека к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением, но заземленным, потенциал поражения понизится до безопасной величины.

Расчет ведется на примере отдельно расположенного цеха с установленным станком, компьютерами и освещением. Максимальное линейное напряжение - 0,4 кВ, ток замыкания на землю около двух ампер, грунт - суглинок, климатическая зона - третья, естественные заземлители не используются.

Предполагаются сооружения заземлителя с внешней стороны здания с расположением вертикальных электродов по контуру. В качестве вертикальных заземлителей принимаем стальные стержни диаметром 15 мм и длиной 3 м; верхние концы электродов на глубине 0,7 м, к ним привариваются горизонтальные электроды стержневого типа из той же стали. Решение сводится к следующему:

- 1) согласно правилам устройства электроустановок сопротивления заземляющего устройства  $R_3 = 4 \text{ ом}$ , за расчетное  $R_3 = 3 \text{ ом}$  - принимаем;
- 2) предварительное расстояние между вертикальными электродами – 3 м;
- 3) сопротивление искусственного заземления при отсутствии естественного  $R_{И} = R_3 = 3 \text{ ом}$ ;
- 4) расчетное удельное сопротивление грунта с учетом пневматических коэффициентов для горизонтальных и вертикальных электродов соответственно:  $p_{pe} = 273 \text{ ом} \cdot \text{м}$ ;  $p_{pe} = 105 \text{ ом} \cdot \text{м}$ ;
- 5) сопротивление растекания одного вертикального электрода стержневого типа определяется по формуле 4.1:

$$R_{ОВЭ} = \frac{\rho_{PB}}{2 \cdot \pi \cdot l_B} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t_B + l_B}{4 \cdot t_B - l_B} \right), \text{ Ом}; \quad (4.1)$$

где  $l_B = 3 \text{ мм}$  — длина одного электрода (вертикального);  
 $t_B = 0,7 + 1,5 = 2,2 \text{ м}$  - глубина заполнения электрода;  
 $d$  - диаметр стержня, мм;

$$R_{ОВЭ} = \frac{105}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,03} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 0,03}{15 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,2 + 0,03}{4 \cdot 2,2 - 0,03} \right) = 774,5, \text{ Ом}; \quad (4.2)$$

- б) предварительное число вертикальных заземлителей находится по формуле 4.2:

$$N = \frac{R_{ОВЭ}}{K_{ИБ} \cdot R_{И}}, \quad (4.3)$$

где  $K_{ис} = 0,73$  - коэффициент использования заземлителей при отношении  $l_B$  к расстоянию между ними, равным единице;

$$N = \frac{774,5}{0,73 \cdot 3} = 353,6 \approx 354. \quad (4.4)$$

7) расчётное сопротивление растекания горизонтальных электродов определяется по формуле 4.5:

$$R_{РГЭ} = \frac{\rho_{РГ}}{K_{ИГ} \cdot 2 \cdot \pi \cdot l_{Г}} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{Г}^2}{d \cdot t_{Г}}, \text{ Ом}, \quad (4.5)$$

где  $K_{ис} = 0,77$  - коэффициент использования;  
 $l_{Г} = 4 \times 3 = 12 \text{ м}$  - предварительная длина электродов;  
 $t_{Г} = 0,7 \text{ м}$ ; - глубина заполнения;  
 $d = 15 \text{ мм}$  - диаметр электродов.

$$R_{РГЭ} = \frac{273}{0,77 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 12} \cdot \ln \frac{2 \cdot 12^2}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 48, \text{ Ом} \quad (4.6)$$

8) окончательное число вертикальных электродов:

$$N = \frac{R_{ОВЭ} \cdot (R_{РГЭ} - R_{И})}{K_{ИБ} \cdot R_{РГЭ} \cdot R_{И}} = \frac{774,5 \cdot (44,8 - 3)}{0,73 \cdot 44,8 \cdot 3} = 331,55 \text{ принимаем } 332 \text{ штуки.}$$

### 4.3 Пожарная безопасность

Вся служба пожарной охраны сосредоточена в департаменте противопожарной службы. Все мероприятия пожарной профилактики делятся на 4 группы:

1) Технические мероприятия. Осуществляются на стадии проектирования, включает в себя определения степени защищенности.

2) Эксплуатационные мероприятия. Выполняются инженерным составом при эксплуатации оборудования.

3) Организационные мероприятия. Средства тушения пожаров, инструменты по пожарной безопасности и другие.

4) Режимные мероприятия. Мероприятия, запрещающие использование открытого огня в определенных производствах.

Причины пожаров и взрывов могут быть электрического и неэлектрического характера.

Причинами пожаров и взрывов неэлектрического характера могут быть:

- неосторожное обращение с огнем;
- неисправность производственного оборудования;
- курение в пожароопасных помещениях;

К причинам электрического характера относятся:

- искрение в электрических аппаратах, электростатические разряды и удары молнии;

- токи коротких замыканий, нагревающие проводники до высокой температуры, а также значительные электрические перегрузки проводов и обмоток электрических аппаратов;

- плохие контакты в местах соединения проводов;

- электрическая дуга, возникающая в результате ошибочных операций с коммутационной аппаратурой при переключениях в электроустановках или во время дуговой электрической сварки, которая может вызывать воспламенение расположенных вблизи горючих материалов и маслонаполненных аппаратов.

Ответственность за пожарную безопасность несет начальник производственного цеха. Помещения, где расположены средства станки, в соответствии с противопожарными нормами строительного проектирования промышленных предприятий по степени огнестойкости относятся к 3-й группе, по пожароопасности к категории "В" согласно СНиП 2-М2-72.

Для тушения небольших загораний различных веществ и материалов, а также установок, находящихся под напряжением 220 В, применяются переносные углекислотные огнетушители ОУ-5, ОУ-8.

На сто квадратных метров площади, согласно, норм разделения первичных средств пожаротушения необходимо разместить два огнетушителя ОУ-8 и ОП-3.

В противопожарных целях предусмотрена автоматическая пожарная сигнализация. Применена установка типа СТ ППУ-1, реагирующая на дым, тепло и свет от пламени.

Водопроводная сеть, на которой устанавливается пожарное оборудование, должна обеспечить требуемый напор. Пожарный водопровод совмещен с производственным. Потребное количество воды -5л согласно СР и П 3-А-70.

Для наружного пожаротушения установлены пожарные гидранты диаметром 63 мм через восемьдесят - сто метров на расстоянии 5 м от здания.

Внутренний пожарный водопровод питается от сети наружного водопровода. Внутренние пожарные краны устанавливаются в шкафах по одному на лестничной клетке 1,35 м от пола, в корпусах через 60 м друг от друга. Каждый пожарный кран оборудован пожарным стволом диаметром 16 мм.

Источниками водоснабжения установок могут быть хозяйственно-противопожарный, производственно-противопожарный или другой водопровод, искусственный водоем, естественный водный источник. Своевременно очищаются от загрязнений горючей пылью чувствительные элементы привода задвижек.

## 5. Техничко – экономическая часть

### 5.1 Расчет эксплуатационных расходов станка DS - 4 / 720

Расчет эксплуатационных расходов  $C_{ПС}$  рассчитывается по формуле 5.1:

$$C_{ПС} = C_{ЗП} + C_A + C_M + C_{ПРОЧ} + C_H, \quad (5.1)$$

где  $C_{ЗП}$  - статья "Заработная плата и начисления соц. страхования";

$C_A$  - статья "Амортизация оборудования";

$C_M$  - статья "Материалы";

$C_{ПРОЧ}$  - статья "Прочие расходы";

$C_H$  - статья "Накладные расходы".

### 5.2 Расчет заработной платы

Группа работников насчитывает 66 человек: начальник цеха – 1, помощник начальника – 1, главный бухгалтер – 1, инженер – 12, помощник инженера – 10, швеи – 32, охрана – 2, грузчики – 5, специалисты хозяйственной службы - 2. Установлены выплаты:

Таблица 5.1 - Выплаты

Начальник цеха	188000 тг./мес.
Помощник начальника	149000 тг./мес.
Главный бухгалтер	122000 тг./мес.
Инженер	118000 тг./мес.
Помощник инженера	107500 тг./мес.
Швеи	93000 тг./мес.
Охрана	82000 тг./мес.
Грузчики	77000 тг./мес.
Специалисты хозяйственной службы	100000 тг./мес.

Для расчета затрат на эксплуатацию станка рассчитывается средневзвешенная ставка каждого рабочего.

Расчет заработной платы работников цеха  $C_3$ , осуществляется по следующим формулам:

$$C_3 = K_3 \cdot T, \quad (5.2)$$

$$K_3 = \frac{\Phi_{ЗП}}{N \cdot \Phi_{РВ}}, \quad (5.3)$$

$$\Phi_{ЗП} = ЗП \cdot N \cdot M, \quad (5.4)$$



где  $K_3$  - средняя тарифная ставка работника цеха, тенге / чел.дн.;  
 $T$  - трудоемкость эксплуатации, чел.дн.;  
 $\Phi_{ЗП}$  - фонд заработной платы цеха, за предыдущий год, тенге;  
 $\Phi_{РВ}$  - фонд рабочего времени одного работника цеха, за предыдущий год, дней;  
 $ЗП$  - оклад одного работника, тенге / мес.;  
 $N$  - среднесписочная численность цеха, за предыдущий год, чел.;  
 $M$  - число месяцев в году ( $M = 12$ ).

Отсюда:

$$\begin{aligned} \Phi_{ЗП} &= 88000 \cdot 1 \cdot 12 + 62000 \cdot 1 \cdot 12 + 49000 \cdot 1 \cdot 12 + 38000 \cdot 12 \cdot 12 + \\ &27500 \cdot 10 \cdot 12 + 23000 \cdot 32 \cdot 12 + 22000 \cdot 2 \cdot 12 + 17000 \cdot 5 \cdot 12 + 20000 \cdot 2 \cdot 12 \\ &= 21540000, \text{ тенге.} \end{aligned}$$

$$K_3 = 21540000 / (66 \cdot 91) = 3586 \text{ тенге / чел. дн.}$$

Все необходимые для дальнейших вычислений коэффициенты сведены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 - Коэффициенты, необходимые для вычислений

Название коэффициента	Значение коэффициента
Коэффициент новизны, $K_H$	0,90
Коэффициент сложности, $K_{СЛ}$	0,50
Коэффициент использования ВТ, $K_T$	1,00
Коэффициент, учитывающий язык программирования, $K_{ЯЗ}$	0,50

Затраты труда на эксплуатацию станка сведены в таблицу 5.3. Они определяются в зависимости от объема работы (производительность) с учетом сложности работы станка.

Общий объем станка, определенный для функций равен  $V_\phi = 11000$ .

Затраты на заработную плату  $C_3$  в соответствии со значениями тарифной ставки и трудоемкости эксплуатации станка составляют:

$$C_3 = 3586,4 \cdot 616 = 2209222 \text{ тенге.}$$

### 5.3 Расчет отчислений на социальные нужды

Затраты по статье "Отчисления на социальные нужды" составляют 18 % от затрат на заработную плату:

$$(2209222 - 220922) \cdot 0,18 = 357894 \text{ тенге.}$$

Таблица 5.3 - Определение трудоемкости

Наименование трудоемкости	Формула	Значение трудоемкости, чел. дн.
Затраты труда на эксплуатацию станка, $T_P$ (0,2489 – коэффициент автоматизации)	$V_{\Phi} \cdot 0,2489 \cdot K_{ЯВ}$	1 368,95
Общая трудоемкость, $T_0$	$K_{СП} \cdot T_P$	684,5
Трудоемкость стадии "Техническое задание", $T_1$	$0,11 \cdot K_H \cdot T_0$	67,8
Трудоемкость стадии "Эскизный проект", $T_2$	$0,09 \cdot K_H \cdot T_0$	55,4
Трудоемкость стадии "Технический проект", $T_3$	$0,11 \cdot K_H \cdot T_0$	67,8
Трудоемкость стадии "Рабочий проект", $T_4$	$0,55 \cdot K_H \cdot K_T \cdot T_0$	338,8
Трудоемкость стадии "Внедрение", $T_5$	$0,14 \cdot K_H \cdot T_0$	86,2
Трудоемкость эксплуатации станка, $T$	$T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$	616

#### 5.4 Расчет амортизационных отчислений

Перечень типовых технических и программных средств, необходимых для эксплуатации станка, включая расходы на их проектирование, отладку, установку и эксплуатацию приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 - Технические и программные средства

Наименование затрат	Стоимость, тенге
Затраты на приобретение станка DS – 4/720	8976000
Затраты на приобретение и установку вспомогательных компонентов	660000
Итого:	9636000

Норма амортизации на станок составляет  $H_A = 8\%$  в год. Так как станок используется с учетом производительности на 3 года – норма амортизации будет составлять  $H_A = 24\%$ . Расходы на амортизацию  $C_A$  составляют:

$$C_A = 0,24 \cdot 9636000 = 2312640 \text{ тенге.}$$

### 5.5 Расчет расходов на материалы

К данным расходам относят все затраты, связанные с расходами на производство полипропиленовой пленки необходимые для эксплуатации станка. Расходы по статье "Материалы" отражены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 - Потребность в материалах

Наименование материала	Годовая норма расхода, тонн	Цена за кг, тенге	Общая стоимость, тенге
1. Полипропилен	3 000 000	27	81000000
2. Нитки	350	260	91000
Итого:			81091000

### 5.6 Расчет прочих расходов

Расчет затрат на машинное время осуществляется по формуле:

$$C_M = K_M \cdot Z_M, \quad (5.5)$$

где  $K_M$  - тарифная стоимость одного часа машинного времени, принимается по плановой себестоимости часа машинного времени в цехе, занимающейся эксплуатацией станка (320,00 тенге / час, АО «Кант»);

$Z_M$  - используемое машинное время на эксплуатацию станка в год (8650 час).

$$C_M = 320 \cdot 8650 = 2768000 \text{ тенге.} \quad (5.6)$$

### 5.7 Расчет накладных расходов

Накладные расходы составляют 1,5% от расхода на заработную плату.

$$C_H = 1,5\% \cdot C_3 = 1,5\% \cdot 2209222 = 33138 \text{ тенге.} \quad (5.7)$$

Результаты вычислений сведены в таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Сметная стоимость эксплуатации станка

Наименование статей затрат	Сумма, Тенге
Заработная плата	21540000
Отчисления на социальные нужды	357894
Амортизация	2312640
Материалы	81091000
Прочие расходы	2768000
Накладные расходы	3750
Итого	108073284

Стоимость эксплуатации станка, при НДС = 16%, будет равна 125365009 тенге.

$$K = C_c = 8976000 \text{ тенге};$$

$$T = 4 \text{ года};$$

$$E_m = 1/T = 0.25;$$

$$C_1 = C_{ПС} + K \cdot E_m = 109419684 \text{ тенге.}$$

### 5.8 Расчет эффективности станка DS - 4 / 720

$$C = C_1 - C_2 = 109419684 - 103481484 = 5938200 \text{ тенге.}$$

Необходимые для расчета производительности станка данные приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 - Теоретический расчет

Рабочих дней в году	365
Рабочих часов в году	8 400
Рабочих часов в сутки	24
Рабочих смен в сутки	4
Скорость вращения челноков, об/мин	190
Эффективность, %	96
Отходы производства, %	0,5
Количество нитей по утку на дюйм	10
Количество нитей по основе на дюйм	10
Количество челноков	6

Производительность станка:

$$(190 * 6 / 10) * (96 / 100) = 329,5 \text{ дюйм/мин} = 8,39 \text{ м/мин}$$

Производительность 1 станка:

$$8,39 * 60 * 24 = 12 082 \text{ м/сутки}$$

Производительность 1 станка:

$$12 082 / 0,98 = 12 329 \text{ меш/сутки}$$

Производительность 1 станка:

$$12 329 * 365 = 4 500 000 \text{ меш/год}$$

Потребность в сырье для 1 станка в сутки:

$$12 082 * 0,102 = 1232 \text{ кг}$$

Итоговая производительность приведена в таблице 5.8.

Таблица 5.8 - Производительность станка DS – 4/720

Метров в минуту	Метров в сутки	Мешков в сутки	Мешков в год
8,39	12 082	12 329	4 500 000

Принимая стоимость одного мешка за 33 тенге, станок окупит себя за 2 года и на третий начнет приносить чистую прибыль.

## Заключение

Разработка станка DS – 4/720 - сложная задача, требующая обоснованного выбора разработок и всестороннего учета технических, экономических и социальных аспектов. Сложность задачи также усугубляется несовершенными системами управления электроприводом данных станков в том числе и наличием релейно-контакторной схемы. При этом с выходом производителей продукции на внешний рынок станок перестал удовлетворять требованиям существующих ГОСТов и технических условий по качеству изготовления полипропиленовых мешков. Однако в связи развитием микропроцессорной техники перед разработчиками открылись широкие возможности в создании компактных, простых и более функциональных систем управления станками. Поэтому модернизация осуществлялась именно для того чтобы повысить конкурентную способность станка в условиях рыночной экономики путем увеличения производительности за счет уменьшения обрывности нитей и улучшения качества продукции.

В дипломном проекте представлена модернизация электропривода станка DS – 4/720 целью которой является уменьшение обрывности нитей с использованием микропроцессорной техники.

Разработан индивидуальный автоматизированный реверсивный электропривод станка, который позволяет создавать необходимый оптимальный режим натяжения основы нити, установленный при заправке и сохранять его постоянным в течение всего процесса ткачества, так как изменение заправочного натяжения влияет на уработку основной и точной пряжи, разрывное удлинение и толщину ткани.

Исходя из нагрузочной диаграммы станка была рассчитана необходимая мощность и выбран электродвигатель постоянного тока серии 4ПН 400 - 22 МУЗ мощностью 70 кВт, который проверен по нагреву. С целью получения необходимого качества переходных процессов и расширения диапазона регулирования электропривода по скорости использован комплектный реверсивный преобразователь (ТП-Д) серии ЭПУ1-2-4347 ДУХЛ4 мощностью 92 кВт. Система управления регуляторами станка разработана на базе микроконтроллера.

Значительная часть дипломного проекта посвящена разработке системы управления электропривода станка и её исследованию в программе Matlab. Приводятся структурная схема и математическое описание системы управления, разработан алгоритм и программа синтеза параметров регуляторов системы. Исследование виртуальной модели показывает, что обеспечивается должная стабильность частоты вращения главного привода станка, суммарная погрешность которой составляет не более 5%, а при изменении нагрузки 2%. При этом параметры регулятора скорости и его  $K_{oc}$  существенно влияют на переходные процессы скорости и момента.

Решены вопросы охраны труда и обеспечения жизнедеятельности, выполнено технико-экономическое обоснование проекта.

## Список литературы

- 1 Анхимюк В.Л. Теория автоматического управления. – Мн.: Дизайн-про, 2002. – 352 с.
- 2 Брэйбе Б. Микропроцессоры Intel. Современный подход. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1328 с.
- 3 Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. М.: Изд. дом «Додэка - XXI», 2005. – 528 с.
- 4 Врадиков С.А. Информационные устройства робототехнических систем. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 384 с.
- 5 Девятков В. Системы искусственного интеллекта. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 352 с.
- 6 Девятков В. VisSim+MathCAD+MATLAB Визуальное математическое моделирование. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 384 с.
- 7 Интемиров К.Б., и др. Методические указания к выполнению дипломного проекта. – А.: КазПТИ, 1986. – 36 с.
- 8 Казначеев В. Микросхемы для управления электродвигателями. М.: Додэка, 1999. – 228 с.
- 9 Карнеев В. Микропроцессоры. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 448 с.
- 10 Микросхемы АЦП и ЦАП Справочник. М.: Изд. дом «Додэка - XXI», 2005. – 432 с.
- 11 Мшвениерадзе А.П. Технология и оборудование ткацкого производства. – М.: Легкая промышленность, 1984. – 374 с.
- 12 Олссон Г. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Нефтедиалект, 2001. – 540 с.
- 13 Описание круглоткацкого станка DS – 4/720 Справочник. – Тайван.: DONG SHIUAN ENTERPRISE CO., LTD, 2001. – 111 с.
- 14 Подбелский В. Язык СИ++. М.: Финансы и статистика, 2001. – 560 с.
- 15 Предко М. Устройства управления роботами. – М.: ДМК – Пресс, 2004. – 416 с.
- 16 Тавернье К. PIC –микроконтроллеры. – М.: ДМК – Пресс, 2003. – 272 с.
- 17 Траперт В. AVR RISC микроконтроллеры. – К.: МК – Пресс, 2006. – 464 с.
- 18 Угрюмов Е. Цифровая схемотехника. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 526 с.
- 19 Фаронов В. Turbo Pascal 7.0. – М.: Изд-во «Групп», 2002. – 576 с.
- 20 Форсайт Д. Компьютерное зрение. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
- 21 Хавронская А.М. Оценка технико – экономической эффективности программных средств: Методические указания по выполнению дипломных проектов и работ. – А.: КазНТУ, 2000. – 36 с.
- 22 Шишмарёв В.Ю. Автоматика. – М.: Изд-во «Академия», 2005. – 288 с.

23 Шишмарёв В.Ю. Типовые элементы системы автоматического управления. – М.: Изд-во «Академия», 2004. – 304 с.

24 Юревич Е.И. Основы робототехники – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.

25 16 – разрядные Flash микроконтроллеры 16 LX фирмы FUJITSU. Справочник. – М.: КТЦ – МК, 2004. – 620 с.

26 Терехин В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 304 с.

27 Герман – Галкин С.Г. MATLAB & SIMULINK. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА – Век, 2008. 368 с.

28 Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. – Москва, «Наука», Главная редакция физико – математической литературы, 1988, -256 с.

29 Бесекерский В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического управления. – СПб.: Издательство «Профессия», 2004, - 752 с.

30 Цыба Ю. А., Шадхин Ю. И., Тойгожинова Ж. Ж. Определение передаточной функции замкнутой системы ТП – ВД в программируемом комплексе MATLAB. // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций . – Алматы: КазАТК, №6, 2014, С. 170-174.

31 Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7. – М.: НТ Пресс, 2006 г.- 464 с.

31 Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. МАТКАВ 7/ - СПб.: БХВ - Петербург, 2005. 1104 с.

33 Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. Энергоиздат. Ленингр. отд - ние, 1982, - 392 с.