

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

С. Ю. Краснер, Ю. В. Новиков

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ
В МЕХАНИЗМАХ ВЫШИВАЛЬНЫХ
ПОЛУАВТОМАТОВ**

Монография

Витебск
2019

УДК 687.053.68

ББК 37.24

Н 73

Рецензенты:

доктор технических наук, заведующий кафедрой «Теоретическая механика» Белорусско-российского университета Громько П. Н.;

доктор технических наук, профессор кафедры «Машины и аппараты легкой промышленности» Витебского государственного технологического университета Сункуев Б. С.;

кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов» «Белорусского национального технического университета» Гульков Г. И.

Рекомендовано к изданию Советом УО «ВГТУ»,
протокол № 8 от 26.03.2019.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
УО «ВГТУ», протокол № 9 от 22.03.2019.

Новиков, Ю. В.

Н 73

Оценка качества процессов в механизмах вышивальных полуавтоматов : монография / Ю. В. Новиков, С. Ю. Краснер. – Витебск : УО «ВГТУ», 2019. – 191 с.

ISBN 978-985-481-611-1

В монографии рассмотрены современные проблемы автоматизированного проектирования механизмов и устройств вышивальных полуавтоматов. Акцентируется внимание на исследования механизмов: включения иглопроводителей, автоматической обрезки, позиционирования игольниц, освобождения игольных ниток.

Представлены методики проектирования и минимизации параметров основных механизмов вышивальных полуавтоматов.

Монография предназначена для научных работников, аспирантов, студентов, слушателей технических вузов, а также специалистов легкой промышленности, работающих со швейными и вышивальными полуавтоматами.

УДК 687.053.68

ББК 37.24

ISBN 978-985-481-611-1

© УО «ВГТУ», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Систематизация процессов резания и механизмов автоматической обрезки ниток швейных полуавтоматов	8
1.1 Процессы обрезки ниток в швейных полуавтоматах	8
1.2 Классификация механизмов обрезки нитки	10
1.2.1 Классификация механизмов по способу обрезки игольной и челночной ниток	10
1.2.2 Классификация механизмов по времени обрезки относительно цикла шитья	15
1.2.3 Классификация механизмов обрезки по типу системы управления	21
1.2.4 Классификация механизмов обрезки по расположению ножей относительно плоскости игольной пластины	23
1.2.5 Классификация механизмов обрезки по форме ножей	25
1.2.6 Классификация механизмов по фазе обрезки	26
1.2.7 Классификация механизмов обрезки по количеству ножей	27
1.2.8 Классификация механизмов по виду стежка	27
1.2.9 Классификация по типу платформы швейной машины	28
1.3 Разработка структуры механизма автоматической обрезки нитки	30
2 Исследование параметров процесса резания швейных ниток	37
2.1 Постановка задачи	37
2.2 Экспериментальное исследование зависимости P от ε	40
2.3 Определение сил, действующих на лезвие ножа	44
2.4 Алгоритм вычисления реакций N_x , N_y , действующих на подвижный нож, методом численного дифференцирования	48
2.5 Определение величины необходимого натяга ножей для устранения смещения ножа	49
3 Разработка методики проектирования механизма автоматической обрезки ниток вышивального полуавтомата с МПУ	57
3.1 Основные этапы проектирования механизма автоматической обрезки ниток	57
3.1.1 Исходные требования на проектирование механизма	57
3.1.2 Выбор конструкции режущих ножей	59
Экспериментальное определение механических характеристик сжатия исследуемой нитки. Определение сил резания нитки	59
3.1.3 Разработка конструкции механизма ножа с учетом минимизации натягов	59
3.1.4 Выбор механизма привода ножей с шаговым	59

электроприводом	
3.1.5 Расчет технологических параметров механизма автоматической обрезки ниток	59
3.1.6 Разработка тактограммы работы механизма	60
3.1.7 Оптимизация кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки ниток	60
3.2 Проектирование механизма автоматической обрезки ниток многоголовочного вышивального полуавтомата	60
3.2.1 Исходные требования, предъявляемые к механизму	60
3.2.2 Выбор конструкции режущих ножей Экспериментальное определение механических характеристик сжатия исследуемой нитки. Определение сил резания нитки	62
3.2.3 Разработка конструкции механизма ножа с учетом минимизации натягов	65
3.2.4 Выбор механизма привода ножей с шаговым электроприводом	66
3.2.5 Расчет технологических параметров механизма автоматической обрезки ниток	66
3.2.6 Экспериментальное исследование технологических параметров механизма автоматической обрезки	73
3.2.7 Разработка тактограммы работы механизма	75
3.3 Оптимизация кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки ниток	76
4 Систематизация существующих конструкций механизмов и устройств вышивальных полуавтоматов	88
4.1 Анализ и оценка существующих конструкций механизмов и устройств вышивальных полуавтоматов	88
4.2 Исследование и прогнозирование привода механизма позиционирования игольницы	96
4.3 Выбор управляющего устройства	101
5 Исследование механизма включения и отключения игл	105
5.1 Состояние вопроса и постановка задачи	105
5.2 Теоретическое исследование работы механизма включения и отключения игл	108
5.3 Расчет времени срабатывания при отключении игл (t_{cp1})	112
5.4 Расчет времени срабатывания при включении игл (t_{cp2})	121
5.5 Анализ режимов работы механизма включения и отключения игл	128
5.6 Экспериментальное исследование надежности срабатывания механизма включения и отключения игл	130
5.7 Методика проектирования механизма включения и отключения игл по условию надежности срабатывания	131

6 Оценка и прогнозирование точности позиционирования игольницы	133
6.1 Постановка задачи	133
6.2 Теоретический анализ точности позиционирования игольницы	135
6.3 Оптимизация точности позиционирования игольницы	139
7 Исследование шагового электропривода механизма позиционирования игольницы	141
7.1 Уравнение движения шагового электропривода	141
7.2 Постановка задачи минимизации времени позиционирования игольницы	144
7.3 Расчет времени срабатывания механизма фиксации игольницы	146
7.4 Экспериментальное определение времени срабатывания механизма фиксации игольницы	163
7.5 Расчет времени позиционирования игольницы	169
Заключение	172
Библиографический список	175

ВВЕДЕНИЕ

На швейных и обувных предприятиях, работающих в странах СНГ и зарубежных компаниях, широко используются швейные полуавтоматы с микропроцессорным управлением. Системы микропроцессорного управления позволяют значительно расширить возможности швейного оборудования, разнообразить дизайн изделий, выпускать продукцию небольшими партиями, затрачивать незначительное время на настройку оборудования при смене моделей. Швейные полуавтоматы решают основную задачу предприятий легкой промышленности – улучшение качества и уменьшение себестоимости продукции.

Современные швейные полуавтоматы оснащаются механизмами включения иглопроводителей, позиционирования игольниц (вышивальных модулей), механизмами освобождения игольных ниток, механизмами автоматической обрезки, механизмами улавливания и удержания концов игольных ниток, устройствами фиксации подвижных механизмов.

Перспективным направлением совершенствования многоцветной вышивки является автоматизация процесса путем применения многоигольных вышивальных полуавтоматов с микропроцессорным управлением (МПУ). Выполнение цветной вышивки нитями разного цвета на вышивальном полуавтомате, перемещение пялец с заготовкой, смена цвета нитки и выполнение вышивки на ткани выполняются в автоматическом режиме. Это улучшает товарный вид изделий за счет высокой точности перемещения пялец с тканью и качества укладки строчек.

Одноголовочные и многоголовочные полуавтоматы с МПУ выпускаются многоигольного и реже одноигольного исполнения зарубежными компаниями ZSK, «Пфафф», «Таджима», «Бразер», «Барудан» и др.

В рамках государственных научно-технических программ сотрудники учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» взаимодействовали с конструкторским бюро и предприятиями легкой промышленности, разрабатывали и усовершенствовали вышивальные полуавтоматы для выполнения многоцветной вышивки. Внедрение полуавтоматов в производство требует высокой надежности всех механизмов. Решение поставленной задачи невозможно без проведения научных исследований по оптимизации конструктивных, кинематических, динамических и точностных параметров механизмов. Необходимо решать следующие задачи в процессе разработки и усовершенствования вышивальных полуавтоматов: на основе анализа существующего оборудования разработать оптимальную структуру; разработать методику проектного

расчета шагового электропривода механизма позиционирования игольницы; провести оптимизацию кинематических параметров механизмов с целью минимизации времени срабатывания; исследовать взаимодействие механизма освобождения натяжения игольных ниток с механизмами автоматической обрезки игольной и челночной ниток; исследовать механизм включения и отключения игл, оптимизировать его параметры; оптимизировать процесс автоматической обрезки нитки; разработать методику проектирования механизмов автоматической обрезки ниток вышивального полуавтомата; классификацию механизмов автоматической обрезки. Практически отсутствуют работы, посвященные исследованию процессов в швейных полуавтоматах, что затрудняет создание оптимальных механизмов.

В работе представлены теоретические и экспериментальные методы исследования, основные теоретические результаты подтверждены экспериментально. Проведенные исследования базируются на работах отечественных и зарубежных ученых, являясь их продолжением и развитием.

При выполнении теоретических исследований использовались положения теоретической механики, электротехники, теории вероятностей, методы оптимизации, численные методы решения системы дифференциальных уравнений. Все необходимые расчеты проведены на ЭВМ с использованием современных программ.

Экспериментальные исследования проведены в научно-исследовательских лабораториях учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» на специально разработанных установках. Обработка результатов экспериментов проводилась с использованием математической статистики.

1 СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РЕЗАНИЯ И МЕХАНИЗМОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРЕЗКИ НИТОК ШВЕЙНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ

1.1 Процессы обрезки ниток в швейных полуавтоматах

Процессы резания материала и ниток в швейных полуавтоматах и швейном производстве используются при прокалывании материала иглой, при обрезке края ткани, на всех автоматизированных машинах применяются механизмы обрезки игольной и челночной нитки. Отсутствуют исчерпывающие работы по теории резания швейной нитки.

Опытному и аналитическому изучению процессов резания посвящено значительное число научных и технических работ. Изучением процессов резания кожи, ткани, пряжи занимались В.Н. Цветков, К.М. Платунов, И.И. Капустин [3, 4, 5], М.А. Дешевой, А.П. Крамаренко, В.П. Горячкин, Г.П. Базюк [6, 7, 8], Д.Р. Амирханов [9, 10], В.А. Козлов [11, 12, 13, 14] и др.

Изучением механизмов обрезки ниток в швейных машинах занимались А.З. Козлов [16], Л.К. Милосердный и В.П. Полухин [17, 18], Орловский Б.В [19].

Приведенные вышеуказанными авторами работы имеют большое теоретическое и практическое значение, однако исчерпывающе процесс резания швейной нитки еще не раскрыт.

Разрушение материала резанием осуществляется в результате движения ножа на материал или материала на нож или одновременного движения материала и ножа. При этом разрезаемый материал перемещается в направлении резания, а режущие ножи могут передвигаться в направлении резания или вдоль линии разреза.

Все процессы резания можно условно разбить на три основные группы: способ клина (рис. 1.1 а), когда режущий клин движется в направлении разрезания материала; способ ножа (рис. 1.1 б), когда режущий инструмент совершает движение, сходное с движением пилы, т. е. вдоль линии реза при одновременном надвигании материала на лезвие ножа в направлении разрезания; способ ножниц (рис. 1.1 в), когда для разрезания применяются два режущих инструмента, движущихся навстречу один другому в расположенный между ними материал [3].

Приведенная в работе классификация механизмов обрезки базируется на ряде работ обзорного характера [20–30], на нормативных актах [31, 32, 33, 34, 35] и основана на способе ножниц, так как анализ литературных источников показал, что большая часть используемых механизмов обрезки построена на данном способе, что и по нашему

мнению является обоснованным.

Качество строчки, полученное в процессе обрезки, определяется остатками нитки на лицевой и изнаночной части изделия как в начале строчки, так и в конце.

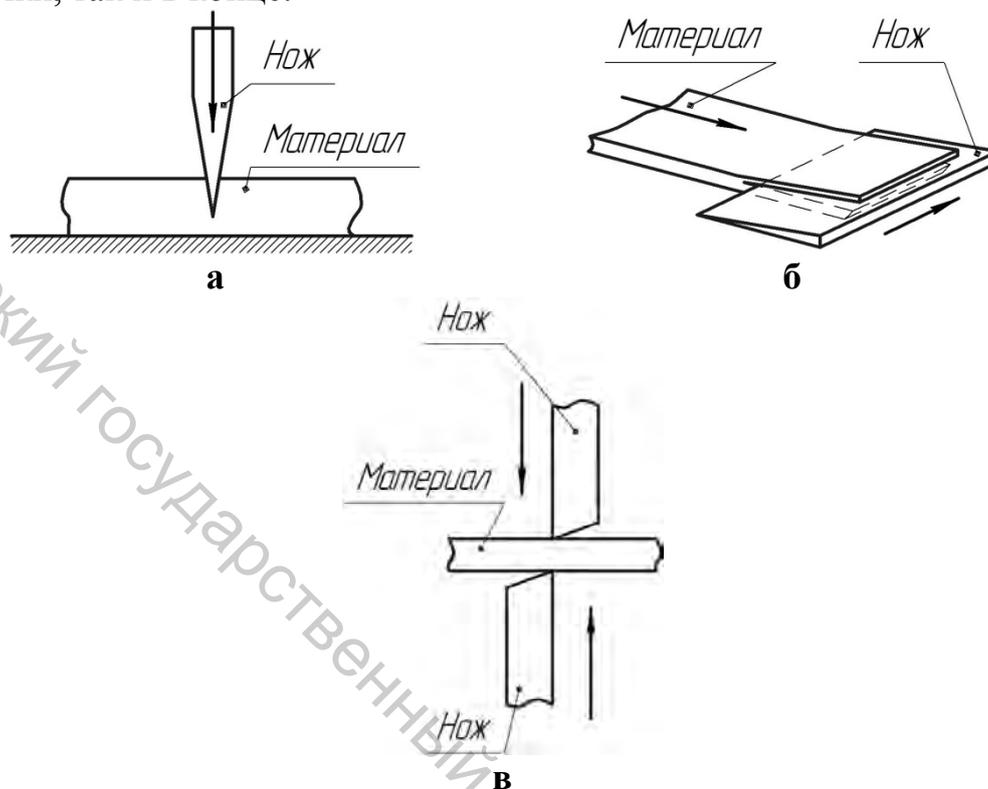


Рисунок 1.1 – Основные способы резания: а – метод клина; б – метод пилы; в – метод ножниц

На рисунке 1.2 приведены основные критерии качества строчки при автоматической обрезке нитки.



Рисунок 1.2 – Критерии качества строчки, получаемой в процессе обрезки нитки

Следует отметить, что в процессе образования строчки на ее качество влияет не только непосредственно процесс обрезки в этом цикле, но и обрезка в предыдущем цикле, так как в процессе обрезки формируются не только остатки нитки над и под материалом, но и образуется запас нитки в игле и челноке. Недостаток игольной или челночной нитки препятствует образованию первого стежка, в

результате теряется не только внешний вид изделия, но и нарушается технологический процесс. Большая длина остатков также негативно сказывается на изделии. Так как при образовании первого стежка остается излишек игольной и челночной нитки, то при отсутствии механизма нитеотводчика их положение непредсказуемо.

1.2 Классификация механизмов обрезки нитки

На основе обзора литературных данных, патентов [33–81] в процессе работы над изобретением разработана классификация механизмов обрезки ниток швейных полуавтоматов, которая базируется на методе ножниц как на наиболее распространенном и обеспечивающем высокую надежность [3, 19]. Блок-схема классификации представлена на рисунке 1.3.

1.2.1 Классификация механизмов по способу обрезки игольной и челночной ниток

Раздельный способ обрезки нитки

Механизмы, использующие раздельный способ обрезки ниток [36, 41, 57, 63, 80].

Графическая иллюстрация формирования свободных остатков нитки при раздельной обрезке отражена на рисунке 1.4.

Обрезка челночной нитки осуществляется ножом (ножами), расположенным снизу под обрабатываемым полуфабрикатом, и по времени должна производиться на заключительной стадии выполнения технологической операции, но не ранее образования последнего стежка.

В большинстве случаев перед обрезкой необходимо сматывание челночной нитки со шпули. При этом участок нитки от точки C (точка характеризует расположение выходного отверстия для нитки в шпульном колпачке) до узла переплетения ее с игольной нитью удлиняется (рис. 1.4 а). Сматывание производится специальным устройством или подвижным ножом. Таким образом, достигается необходимая длина l_{CD} свободного остатка челночной нитки. Точка D задает расположение линии разрезания нитки. Длина l_{CD} регламентируется.

Если l_{CD} увеличено, то в процессе образования первого стежка (начало изготовления последующей петли) с изнаночной стороны образуется свободный остаток нитки длиной $l_{ин}$ (рис. 1.4 б).

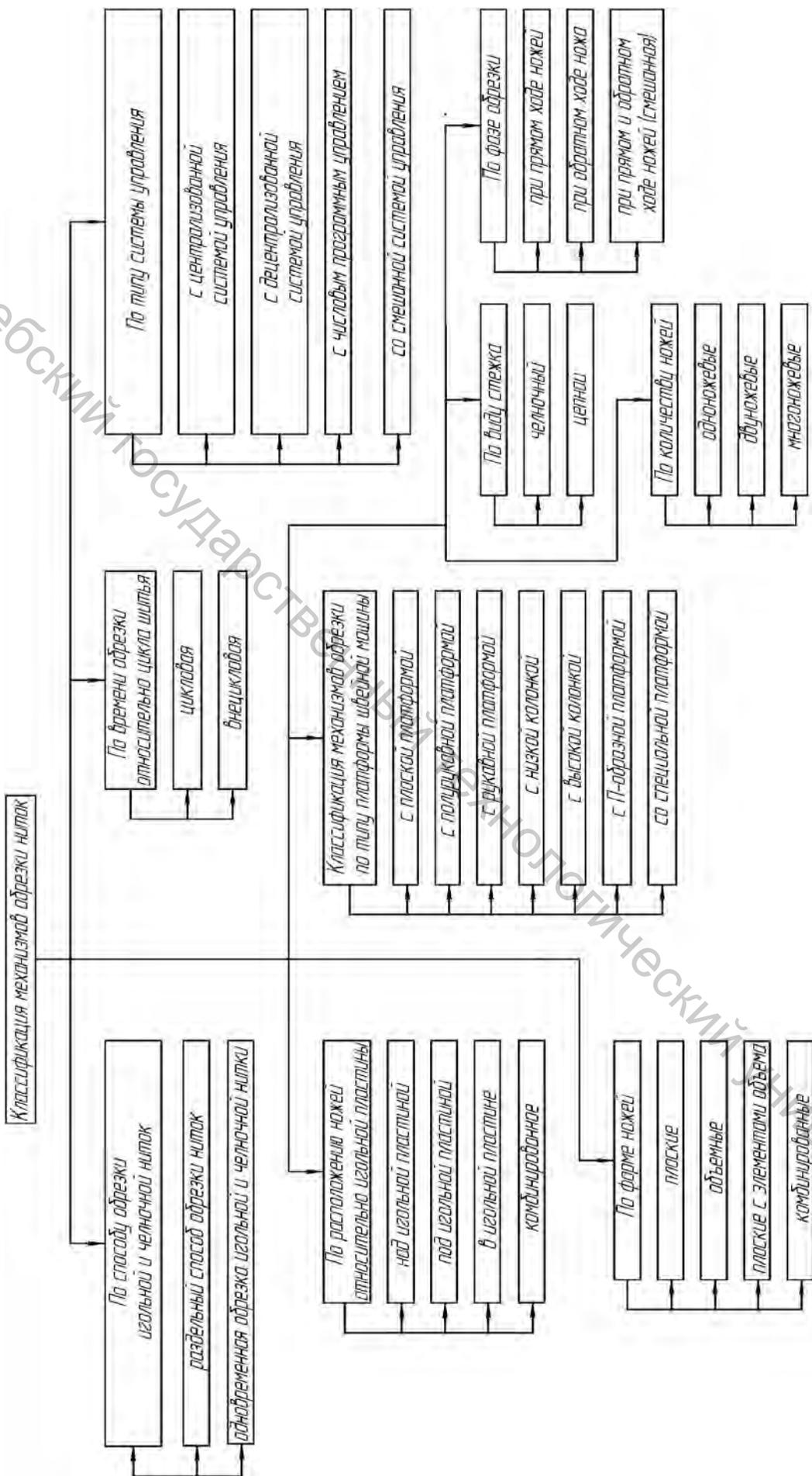


Рисунок 1.3 – Блок-схема классификации механизмов обрезки ниток

Витебский государственный технический университет

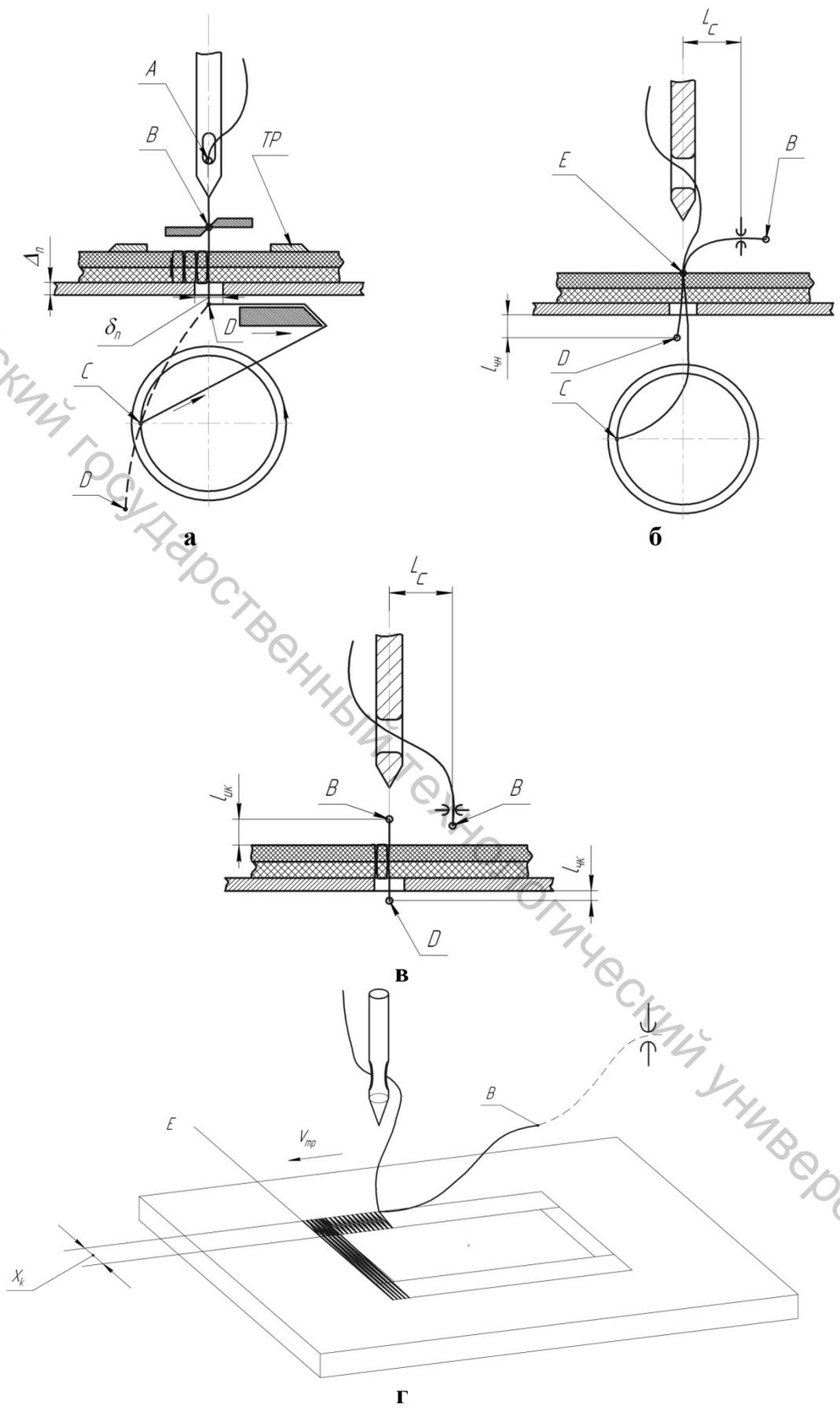


Рисунок 1.4 – Схема формирования свободных остатков нитки при раздельной обрезке

По мере уменьшения l_{CD} (за счет длины смотанной нитки) длина $l_{чн}$ также уменьшается. Если $l_{чн} = 0$, конец челночной нитки может затягиваться игольной ниткой в материал. Далее процесс образования переплетения ниток может носить нестабильный характер. При недостаточной длине l_{CD} он прекращается. Сформулируем условия, которые необходимо учитывать при проектировании механизма обрезки.

Условие 1. Для минимизации свободного остатка $l_{чн}$ челночной нитки необходима регламентация длины l_{CD} , зависящей от длины смотанной со шпули нитки. По возможности конструкция механизма должна предусматривать наличие регулировки параметра l_{CD} .

Механизм обрезки челночной нитки обеспечивает образование на изнаночной стороне материала свободного остатка нитки $l_{чк}$ (рис. 1.4 в).

Процесс образования петли на большинстве полуавтоматов начинается и заканчивается в зоне расположения на материале первых стежков левой кромки. В этой зоне и образуются свободные остатки нитки: $l_{чн}$ – на начальной стадии, $l_{чк}$ – на конечной стадии образования петли.

Условие 2. Для минимизации свободного остатка нитки $l_{чк}$ при проектировании механизма целесообразно точку D (линию разреза) располагать как можно ближе к изнаночной поверхности материала по высоте. В горизонтальном направлении эта точка не должна значительно отклоняться от вертикальной линии, совпадающей с направлением последнего прокола иглой материала.

Одновременная обрезка игольной и челночной нитки

Механизмы, относящиеся к данному разделу, приведены в [33–35, 37–45, 47, 49, 51–54, 58–62, 64–72, 74–82].

Рассматриваемый способ обрезки используется в большинстве полуавтоматов челночного стежка, а также в автоматизированных челночных машинах. Реализация способа в петельных полуавтоматах имеет свои особенности.

Обобщенная технологическая схема работы инструментов в процессе обрезки приведена на рисунке 1.5.

Начинается работа в период образования последнего стежка. Нож или отводчик захватывает челночную нить и короткую ветвь петли игольной нитки. Участки CB и AB (рис. 1.5 а) удлиняются. Разрезание обеих ниток осуществляется ножами одновременно. Линия разреза условно совпадает на схеме с точкой B .

Специальный отводчик, расположенный сверху в зоне движения

иглы, перемещается и вытягивает свободный остаток AB на поверхность материала (рис. 1.5 б). Отводчик удерживает остаток нитки в отведенном состоянии до начала нового цикла работы полуавтомата. Этим предотвращается попадание остатка под транспортирующую рейку (ТР) при ее опускании в период установки изделия в позицию загрузки. Если остаток AB попадает под транспортирующую рейку и прижимается к изделию, возможно образование свободного остатка $l_{ин}$ (рис. 1.5 в) при первом проколе материала (начало нового цикла).

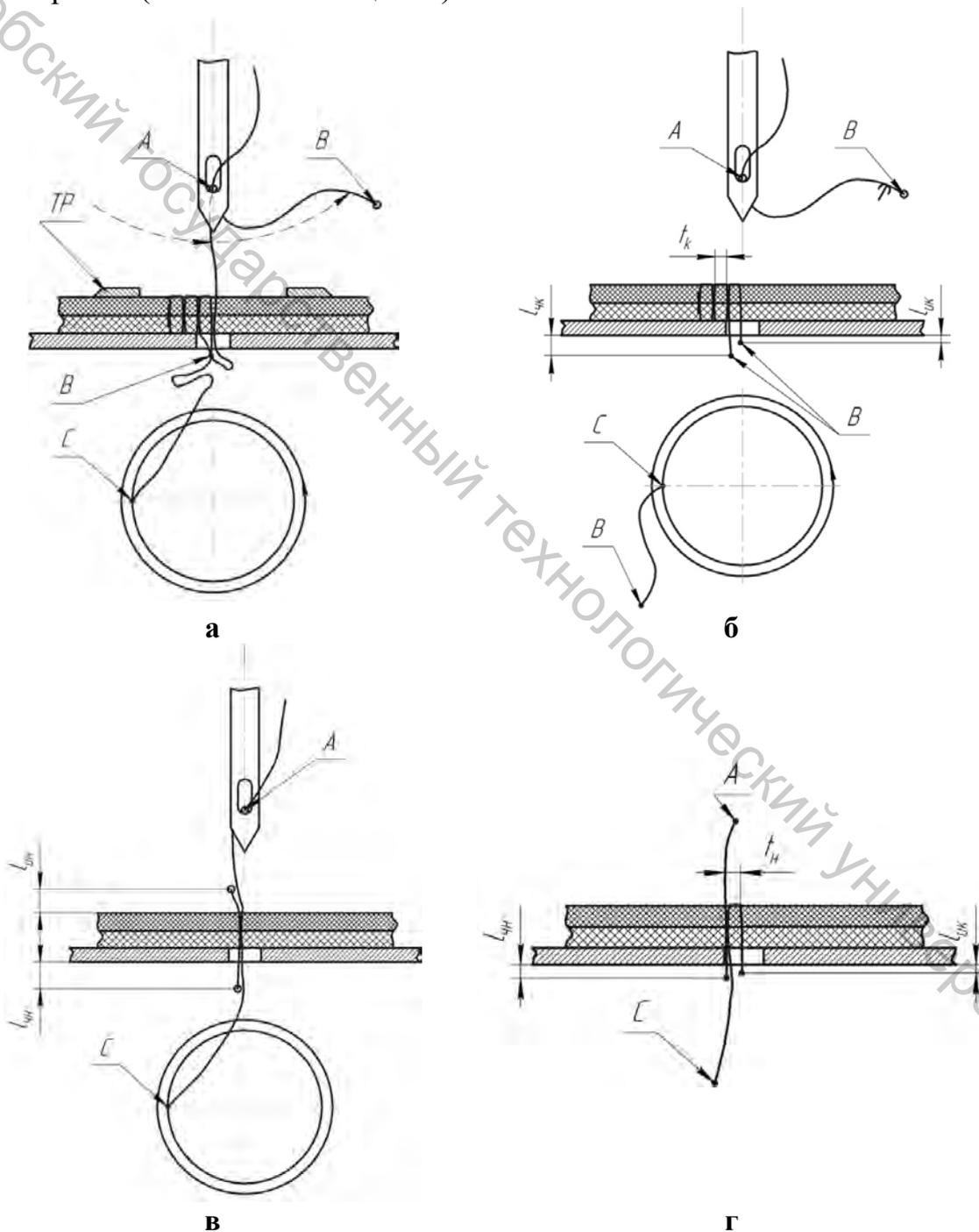


Рисунок 1.5 – Схема формирования свободных остатков нитки при одновременной обрезке

Начальный этап образования петли (один или два стежка) характеризуется нестабильностью образования переплетения обеих нитей. Возможны различные варианты образования свободных остатков нитки в этот период.

Рациональным с позиции качества является выбор длины каждого свободного остатка, равного нулю, что обеспечить практически сложно. Необходимы предварительные исследования по определению допустимых значений длин каждого остатка.

1.2.2 Классификация механизмов по времени обрезки относительно цикла шитья

Механизмы внецикловой обрезки

Если работа механизма обрезки находится вне цикла шитья, назовем ее внецикловой обрезкой.

К данному виду обрезки относятся механизмы [33–36, 38, 39, 40, 41, 67, 71].

Преимущество внецикловой обрезки заключается в том, что в процессе резания ветви ниток не изменяют свое положение произвольно, а изменяются лишь под действием исполнительных органов механизма обрезки либо других функционально связанных с ним исполнительных механизмов.

Первые механизмы обрезки ниток, появившиеся на швейных машинах, относились к внецикловым и обладали рядом недостатков, так как в недостаточной мере учитывали взаимодействия механизма обрезки с рядом исполнительных механизмов, таких как нитепритягиватель, механизм освобождения игольной нитки, нитеотводчики и т. п.

После того как числовое программное обеспечение стало широко использоваться в швейной промышленности, внецикловая обрезка смогла получить оптимальные параметры, разбивая процесс на несколько временных промежутков, в которые исполнительные устройства совершают движения, не свойственные обыкновенному циклу петлеобразования. Ранее это было экономически нецелесообразно, так как влекло усложнение не только системы управления механизма, но и кинематической цепи как механизма обрезки, так и всей машины в целом.

Рассмотрим работу механизма внецикловой обрезки ниток на примере механизма петельного полуавтомата 25-го А класса ПМЗ [28, 29]. Кинематическая схема механизма обрезки челночной нитки приведена на рисунке 1.6.

Обрезка челночной нитки производится ножами,

расположенными под платформой сверху челночного комплекта. После изготовления петли работающий нажимает на левую педаль 21. При этом происходит подъем лапки, вытягивание челночной нитки из шпульного колпачка и обрезка нитки.

Механизм имеет следующее устройство.

На горизонтально расположенной оси 1, закрепленной на стойке рукава машины, шарнирно установлен двухплечий рычаг 2. Этот рычаг соединен с левой pedalью для подъема лапки с помощью тяги 3. Рычаг 3 установлен в центровых шпильках вала 6. Рычаг 2 на правом конце имеет отросток, который находится в контакте с отростком рычага 4. Рычаг 4 винтом 5 шарнирно соединен с корпусом полуавтомата и может поворачиваться вокруг этого винта. Верхний конец тяги 8 соединен с рычагом 4. Нижний конец этой тяги соединен с коромыслом 9, закрепленным шпилькой на валу 11. Вал установлен во втулках платформы машины. На переднем конце этого вала стягивающим винтом 13 закреплено коромысло 12. Коромысло 12 винтом 14 соединено с тягой 15. Второй конец тяги прикреплен снизу к платформе.

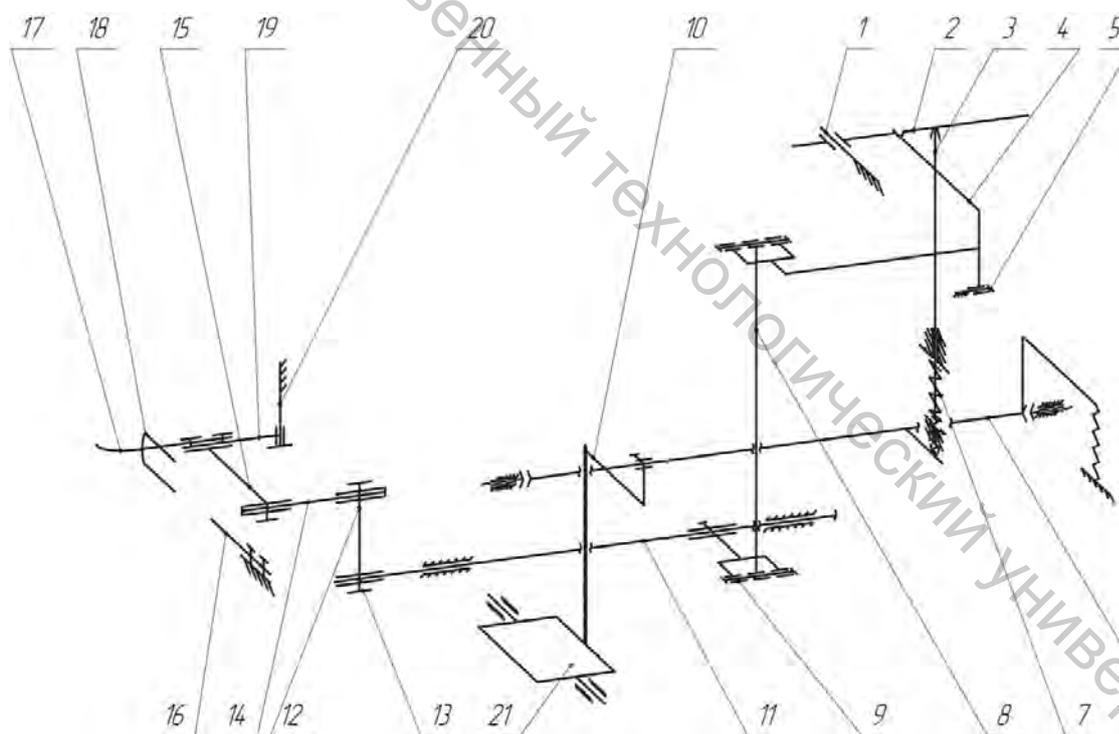


Рисунок 1.6 – Механизм обрезки челночной (нижней) нитки полуавтомата 25-А класса

При нажиме на педаль рычаг 2 поворачивается вокруг оси 1 против часовой стрелки (если смотреть с правой стороны головки машины). Своим отростком он давит на отросток рычага 4, который в свою очередь поворачивается вокруг оси 5 против часовой стрелки.

Тяга 8 будет опускаться и повернет вал 11 по часовой стрелке. Через тягу 15 держатель 19 повернется вокруг шарнирного винта 20. Вместе с держателем ножа перемещается нож 18 и отводчик нитки 17. Отводчик вытянет из шпульки запас нитки, который необходим для образования первого стежка следующей петли. Подвижный нож 18 подведет челночную нитку к неподвижному ножу 16 и обрежет ее.

Под действием пружины 7 после снятия ноги с педали механизм обрезки нитки возвращается в исходное положение. Подъем лапки и движение механизма обрезки нитки возможны только при выключенной машине.

После изготовления петли необходимо обрезать верхнюю нитку. Для этого в машине имеется специальный механизм (рис. 1.7 а, б, в). Этот механизм выполняет следующие функции: обрезает верхнюю нитку; защемляет конец верхней нитки и удерживает его при начале обметывания петли; после обрезания нитки отводит ножи назад, чтобы они не задевали за иглу при подъеме нажимателя ткани; отводит ножи при пуске машины в работу назад от иглы на 6–7 мм так, чтобы конец нитки расположился посередине левой кромки петли; раскрывает ножи после нескольких уколов иглы и освобождает конец верхней нитки, который зашивается в левую кромку петли.

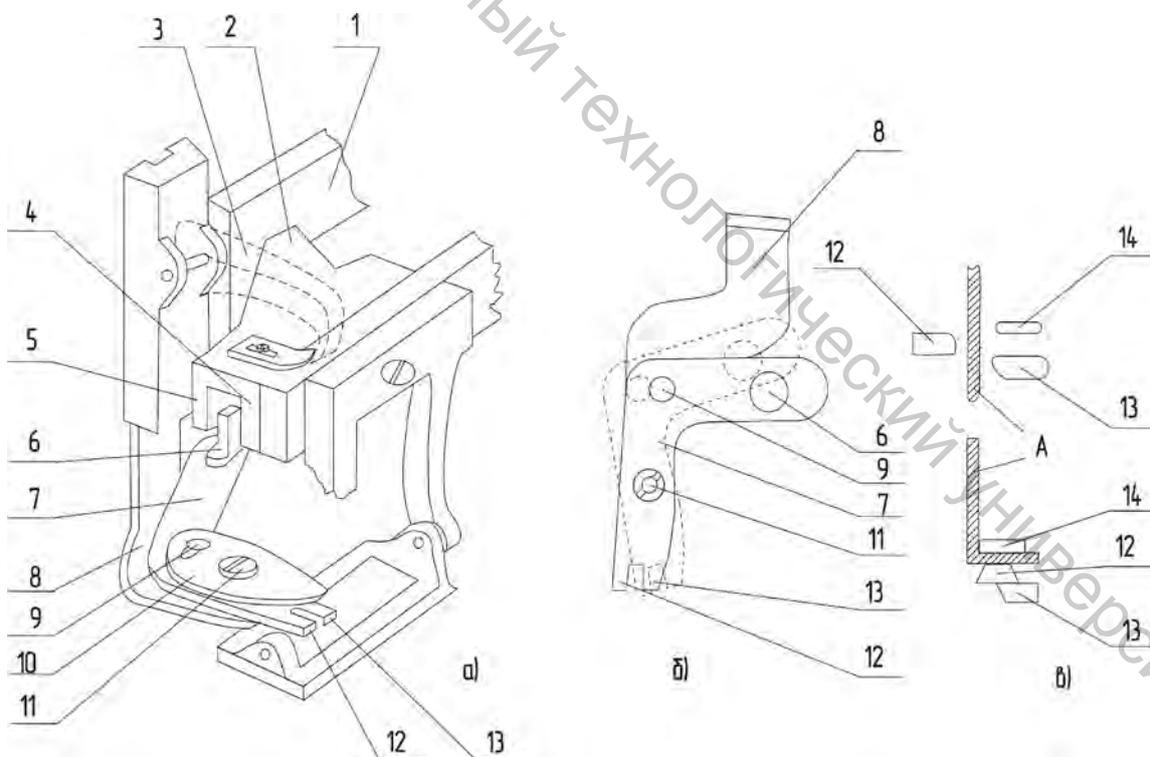


Рисунок 1.7 – Схема механизма обрезки верхней нитки

Исполняющим органом механизма обрезания верхней нитки являются ножи, которые по своей конструкции близки к ножницам.

Этот механизм состоит из держателя 8 ножа (рис. 1.7 а, б), имеющего режущую кромку 13; сверху на шарнирном винте 11 к держателю ножа крепится верхний нож 7, имеющий в передней части режущую кромку 12; сверху надевается на шпильку 9 и крепится винтом зажимная плоская пружина 10; конец 14 пружины заполирован и отогнут вниз для обеспечения зажима нитки (рис. 1.7 а, в).

На рисунке 1.7 б для наглядности плоская пружина снята.

Сплошными линиями указаны ножи в раскрытом состоянии. Между их режущими кромками должна проходить верхняя нитка. При нажиме на кулачок 6 верхний нож 7 повернется на шарнире 11 и режущая кромка 12 переместится вправо, как показано пунктиром.

Вначале происходит защемление нитки между концом 14 плоской пружины и гранью верхнего ножа. При дальнейшем движении режущая кромка 12 соприкасается с кромкой 13 и происходит обрезка нитки (рис. 1.7 в).

Механизм привода обрезки верхней нитки имеет следующее устройство (рис. 1.8). Рычаг 1, на переднем конце которого крепится держатель ножа 8, при автоматическом выключении машины под действием пружины перемещается вперед. Вместе с ним перемещаются и ножи в открытом состоянии и становятся против верхней нитки.

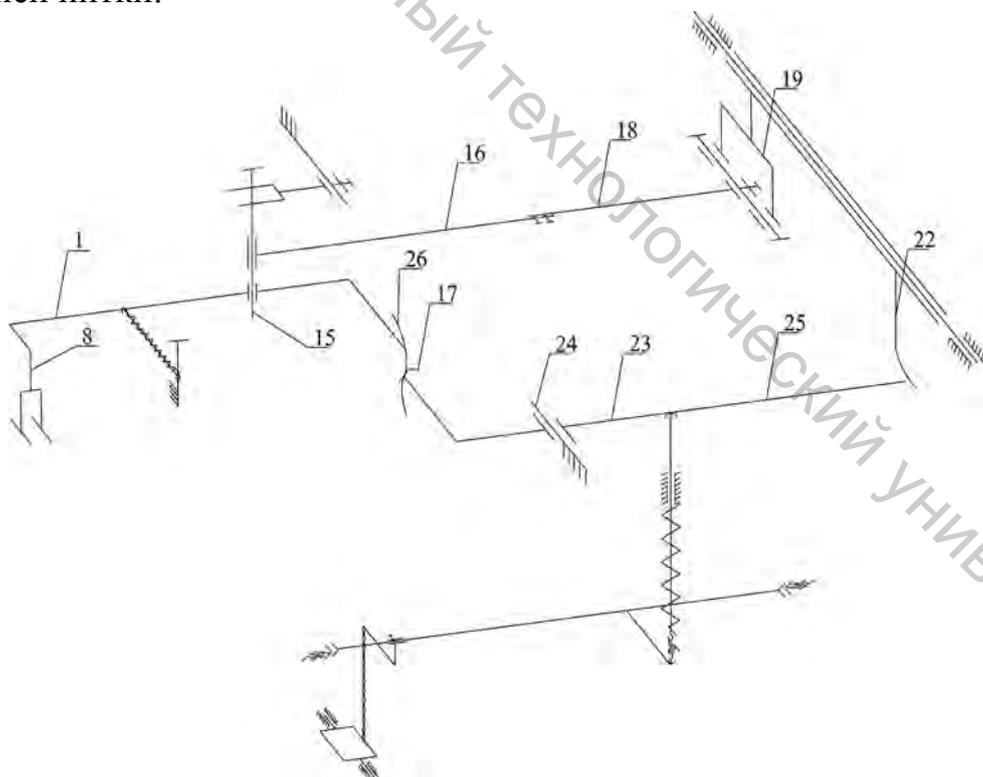


Рисунок 1.8 – Механизм привода обрезки верхней нитки

При нажиме на педаль для подъема нажимателя ткани рычаг 23 поворачивается вокруг шарнира 24, его передний конец 17, опускаясь наклонной плоскостью, отводит рычаг 26 влево и тем самым

производит поворот рычага 1 вокруг шарнира 15.

Передний конец рычага 1 перемещается вправо. Вместе с ним перемещаются в раскрытом положении ножи для обрезания верхней нитки. Верхняя нитка попадает между режущими кромками. Кулачок 6 при движении ножа вправо упирается в правую стенку 4 кулачка 2 (рис. 1.7 а).

Механизмы цикловой обрезки

Если работа механизма обрезки интегрирована в кинематический цикл шитья, назовем ее цикловой обрезкой.

Цикловая обрезка стала возможна на основе анализа циклограммы работы машины и механизма обрезки. Машины с цикловой обрезкой используют наилучшие моменты в процессе петлеобразования, для введения ножа (ножей) и последующей обрезки.

Данный тип обрезки, до внедрения систем с числовым программным управлением, был наиболее прогрессивным, так как позволял минимизировать время на обрезку, используя систему управления от копирных дисков. Его использование оправдано в машинах, где перенастройка механизмов обрезки не производится.

К данному виду обрезки относятся механизмы [42, 44, 46, 53, 54, 72, 82].

Рассмотрим работу механизма цикловой обрезки на примере механизма автоматизированной швейной машины 31-го ряда ОЗЛМ [45]. Все полуавтоматы на базе этой машины имеют одинаковый механизм обрезки ниток.

Он осуществляет обрезку игольной и челночной ниток, освобождает игольную нитку для набора ее ножами. Кинематическая схема механизма дана на рисунке 1.9.

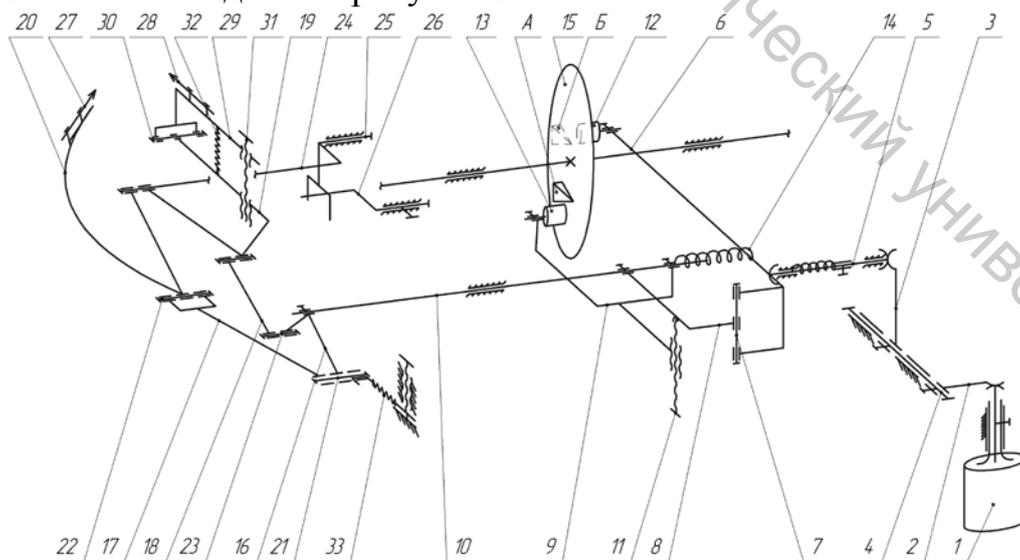


Рисунок 1.9 – Механизм автоматической обрезки ниток машин 31 ряда

Механизм содержит три узла: узел включения, узел привода ножей и узел освобождения нитки в период обрезки.

Узел включения содержит электромагнит 1, который гайками прикреплен к промышленному столу под платформой машины. Шток электромагнита располагается под рычагом 2, который совместно с рычагом 3 закреплен на оси 4.

Шток 5 находится в отверстии втулки, закрепленной в корпусе машины. На линии действия штока 5 располагается справа отросток рычага 3, слева – откидной рычаг 6.

Рычаг 6 посредством оси 7 шарнирно соединен с державкой 8. Последняя совместно с рычагом 9 крепится на валу 10. В отросток рычага 9 вкручен винт 11, который своим концом упирается в державку. Рычаги 12 и 13 располагаются на шарнирных осях соответственно рычагов 6 и 9. Перечисленные детали в собранном виде фиксируются на валу 10 таким образом, что пружина 14, надетая на конец этого вала, упирается в рычаг 6 с левой стороны.

Ведущим звеном механизма привода ножей является диск 15 с кулачками А и Б, который винтами закреплен на распределительном валу. На левом конце вала 10 закреплено коромысло 16, имеющее два плеча. Плечи коромысла связаны с соединительными звеньями 17 и 18, которые связаны с рычагами 19 и 20. Кинематическая связь обеспечена осями 21, 22, 23. Опорой рычагов 20, 19 служит палец 24 колена 25. Последнее имеет сложную конфигурацию: цилиндрический отросток, вставляемый в корпус платформы и специальный паз. В пазу находится эксцентричная ось 26, фиксируемая в платформе винтом. Сверху на рычаге 20 крепится нож 27. Второй нож 28 привинчивается к накладке 29, которая вставлена в проушину рычага 19 и соединена с ним посредством оси 30 и винта 31. Пружина 32 помещена в отверстие рычага 19. Своим нижним концом она упирается в рычаг, верхним – в накладку 29. В результате обеспечивается прижим ножа 28 к ножу 27 в процессе обрезки.

При выполнении на машине технологической операции детали механизма ножей находятся в состоянии покоя. Ножи разведены. В таком положении они удерживаются пружиной 33.

Включение механизма обрезки осуществляется при соответствующем нажатии на педаль управления. Подается напряжение на обмотку электромагнита 1 и его шток перемещается вверх, воздействуя на рычаг 2. Он совместно с осью 4 и рычагом 3 поворачивается. Рычаг 3 смещает шток 5 влево на величину 5 мм. Своим левым концом он действует на рычаг 6, поворачивая его относительно оси 7. В результате ролики 12 и 13 устанавливаются соответствующим образом относительно диска 15. Расстояние между роликами и торцевыми поверхностями диска, измеряемое в осевом направлении, составляет 0,5 мм. Зазор между концевой поверхностью

вала 10 и рычагом 6 составляет 0,2–0,3 мм. Механизм находится во включенном состоянии.

В период рабочего хода ножей обесточивается обмотка электромагнита 1 и шток 5 может переместиться вправо. Происходит это на заключительной стадии работы механизма. Прекращается контакт между кулачком 6 и роликом 15, рычаг 6 под действием пружины 14 разворачивается относительно оси 7 и вместе со штоком 5 приходит в исходное положение. Одновременно пружина 33 разворачивает вал 10 в обратном направлении. Ножи расходятся.

Положение ножей по вертикали относительно челнока регулируется поворотом эксцентричной оси 26. Зазор между челном и ножом 27 должен составлять 0,5 мм.

Время работы ножей регулируется поворотом диска 15 на распределительном валу. Поворачивая коромысло 13 относительно вала 9, регулируют величину схождения рычагов 9, 6 в момент обрезки.

Сила прижима ножа 28 к ножу 27 в момент обрезки регулируется винтом 31.

1.2.3 Классификация механизмов обрезки по типу системы управления

Одной из основных задач при проектировании механизмов обрезки является правильный выбор системы управления. Рациональная система управления характеризуется малым количеством элементов и позволяет снизить энергоемкость и металлоемкость механизма, повысить его надежность и производительность, а также улучшить условия труда.

Механизм обрезки с централизованной системой управления

В централизованной системе управления манипуляция рабочими органами в механизме обрезки осуществляется центральным командным устройством. Необходимая последовательность, скорость и величина перемещения рабочих органов устанавливается, рассчитывается и фиксируется на соответствующих носителях информации (кулачках, перфоленте, магнитном диске) и затем вводится в командоаппарат или на распределительный вал машины, которые обеспечивают выполнение соответствующей работы [42, 46, 48, 64, 68, 79].

Механизмы обрезки с распределительными валами содержат программноноситель в виде кулачка. За цикл обрезки кулачок обычно

совершает один полный оборот, причем все необходимые команды на включение и выключение механизма обрезки осуществляются в определенные моменты цикла от кулачка.

Ввиду сложности изготовления механизмы обрезки с кулачками имеют довольно высокую стоимость. Также они требуют длительной регулировки и наладки.

Тем не менее так как в механизме обрезки не возникает больших нагрузок, и современный уровень развития металлообработки достаточно высок, применение механизмов обрезки с кулачковым приводом допустимо, а в отношении неавтоматизированных машин даже желательно.

Механизм обрезки с децентрализованной системой управления

В децентрализованной системе управление рабочими органами механизма или технологическим процессом осуществляется с помощью датчиков, которые последовательно включают или выключают рабочие органы. К децентрализованным системам относятся системы с путевым управлением и следящие системы [34–45, 47, 51, 65, 82].

Система путевого управления обеспечивает заданные тактограммой состояния рабочих инструментов механизма обрезки на протяжении кинематического цикла его работы. Информация о состоянии рабочего органа полуавтомата поступает в систему управления от путевых переключателей. Так как швейная машина, в состав которой входит механизм обрезки, содержит много механизмов, последовательно вступающих в действие, то зачастую в ней применяют механическую систему путевого управления.

Примером полуавтомата с механической системой путевого управления может служить петельный полуавтомат 811 класса фирмы «Минерва» (Чехия), 204 кл. ПМЗ [22, 27].

Недостатком системы путевого управления является наличие ударов при изменении направления движения рабочего органа и связанные с ним шум при работе машины, снижение долговечности машины.

Механизмы обрезки с числовым программным управлением

В патентной литературе имеются сведения о механизмах обрезки с числовым программным управлением, обладающих значительно большими технологическими возможностями, чем механизмы обрезки с распределительными валами или путевым управлением. Использование в механизмах обрезки числового программного управления позволяет в 1,5–2 раза повысить и скорость, а,

следовательно, производительность. В системах числового программного управления применяются шаговые электродвигатели и двигатели постоянного тока. В приводах механизмов обрезки швейных машин нашли широкое применение шаговые электродвигатели. Основное отличие шагового привода от приводов непрерывного действия – способность осуществлять точные перемещения с фиксацией конечной координаты пути без накопления ошибки. Причем шаговый двигатель выполняет функцию суммирования команд, поданных на вход коммутатора, вследствие чего он наиболее приспособлен для работы с управлением от ЭВМ [33, 67, 69, 71, 72].

Числовое программное управление практически исключает посредничество громоздкого механизма, передающего движение к исполнительным органам машины, трансформирует этот механизм в компактный и не требующий настройки. Дополнительным достоинством числового программного управления является простота перенастройки механизма и его интеграция в цикл петлеобразования.

Механизм обрезки со смешанной системой управления

Смешанная система управления является комбинацией любых двух или нескольких вышеописанных систем управления [81].

1.2.4 Классификация механизмов обрезки по расположению ножей относительно плоскости игольной пластины

Положение ножей механизма обрезки относительно плоскости игольной пластины может существенно повлиять не только на конструктивные особенности самой машины, но и стать основополагающим фактором, влияющим на качество выполняемой операции обрезки, так как данные параметры связаны с величинами остатков нитки в игле, челноке и материале.

По способу расположения ножей различают: механизмы, расположенные над игольной пластиной, под игольной пластиной, в игольной пластине, со смешанным расположением ножей, например, сверху и снизу.

Расположение над игольной пластиной

Расположение механизмов над игольной пластиной встречается довольно редко и характерно для устаревших конструкций некоторых полуавтоматов, а также для машин цепного стежка. При таком

расположении обрезка производится механизмом модульного типа, расположенным зачастую в рукаве машины и приводящим в движение исполнительные органы через систему рычагов [33, 34, 41, 43, 49, 51, 55, 57, 65, 67]. Возможно использование в случаях, когда есть острый недостаток пространства под игольной пластиной (машины с колонковой платформой). К положительным моментам можно отнести достаточно простое получение оптимальных значений длины нитки, остающейся в игле и на поверхности материала.

Расположение под игольной пластиной

Наиболее распространенный вид расположения под игольной пластиной имеет следующие преимущества: рабочие органы механизма находятся вне зоны шитья, возможность свободного размещения приводящего устройства [35, 36, 37, 39, 39, 44, 45, 47, 52, 53, 54, 63, 64, 65, 67, 68, 70, 71, 72, 82].

Этот вид расположения ножей позволяет использовать различную конфигурацию ножей, что способствует получению лучшего результата для остатков нитки как игольной, так и челночной.

Расположение в игольной пластине

Расположение ножей в игольной пластине дает возможность максимально приблизить зону резания к материалу, что благоприятно влияет на величину свободных остатков. Данный способ связан с предыдущим, так как при расположении ножей снизу от игольной пластины зачастую применяют фрезеровку нижней плоскости для получения оптимальных результатов приближения точки обрезки к материалу [40, 62].

Комбинированное расположение ножей

Комбинированное расположение ножей относительно плоскости игольной пластины отражено в [68, 70].

При использовании данного расположения в швейной машине удваивается количество механизмов обрезки, что усложняет привод и систему управления ими. Тем не менее данное расположение позволит производить отдельную обрезку игольной и челночной нитки и отдельно настраивать параметры обрезки.

1.2.5 Классификация механизмов обрезки по форме ножей

По форме различают следующие виды ножей: плоские, объемные, плоские ножи с элементами объема и комбинированные.

Плоские ножи совершают либо возвратно-поступательное, либо сложное движение. Для механизмов обрезки с плоскими ножами важна точность изготовления ножей для легкости хода. Дополнительное прижатие ножей осуществляется дополнительным устройством либо пружиной [33, 34, 36, 37, 38, 40, 43, 44, 45, 52, 54, 55, 57, 58, 63, 69, 71, 74].

Объемным ножам придается плоско-параллельное или качательное движение [41, 42, 49, 51, 53, 65, 66, 82]. Один из ножей подпружинивается, что в совокупности с формой ножей обеспечивает силу прижатия, необходимую для обрезки ниток.

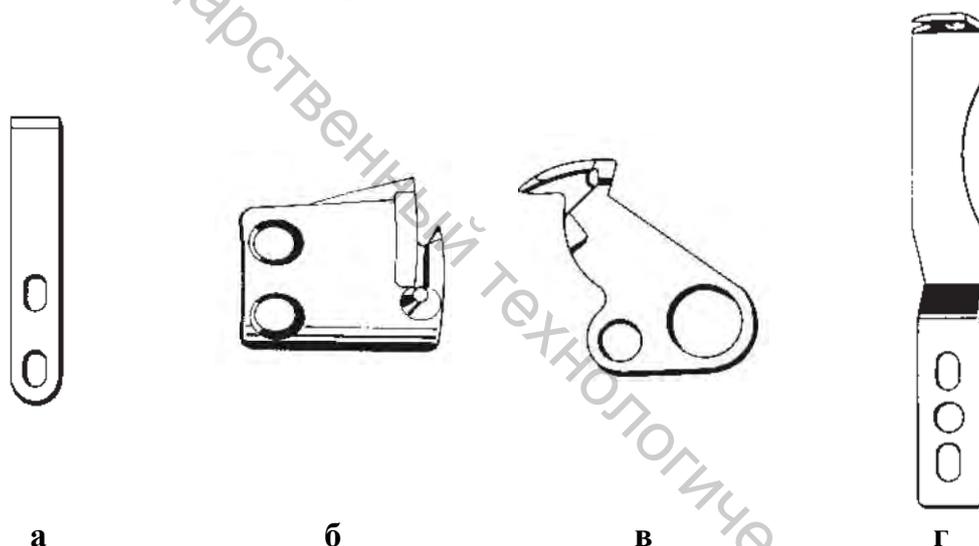


Рисунок 1.10 – Форма ножей обрезки: а – плоские ножи; б – объемные ножи; в – ножи с элементами объема; г – комбинированные

Плоские ножи с элементами объема на данный момент получают наибольшее распространение, так как они совмещают в себе положительные стороны плоских и объемных ножей [35, 50, 63, 64, 70]. Сила прижатия обеспечивается выпуклыми частями ножей, что позволяет избежать введения в механизм дополнительных устройств и пружин.

Комбинированные ножи применяются в машинах со сложным доступом к месту обрезки. Такие ножи могут иметь сложную конструкцию и совмещать признаки всех вышеописанных форм ножей [39, 78].

1.2.6 Классификация механизмов по фазе обрезки

В механизмах с обрезкой на прямом ходу подвижному ножу перед обрезкой необходимо выполнить разделение ветвей переплетения и осуществить набор нитки (ок) [33, 34, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 65, 74, 76, 82]. Данные механизмы менее требовательны к форме ножа и чаще используются в машинах с меньшими технологическими ограничениями для механизма обрезки.

Технические параметры некоторых машин (малая зона захвата, специальные рукава и пр.) способствовали изобретению механизмов, в которых процесс обрезки происходил при обратном ходе ножа [35, 36, 37, 38, 39, 45, 58, 64, 66, 67, 68, 69, 70]. Подвижный нож данного вида механизмов производит при прямом ходе разделение ветвей переплетения, а при обратном ходе – набор и обрезку.

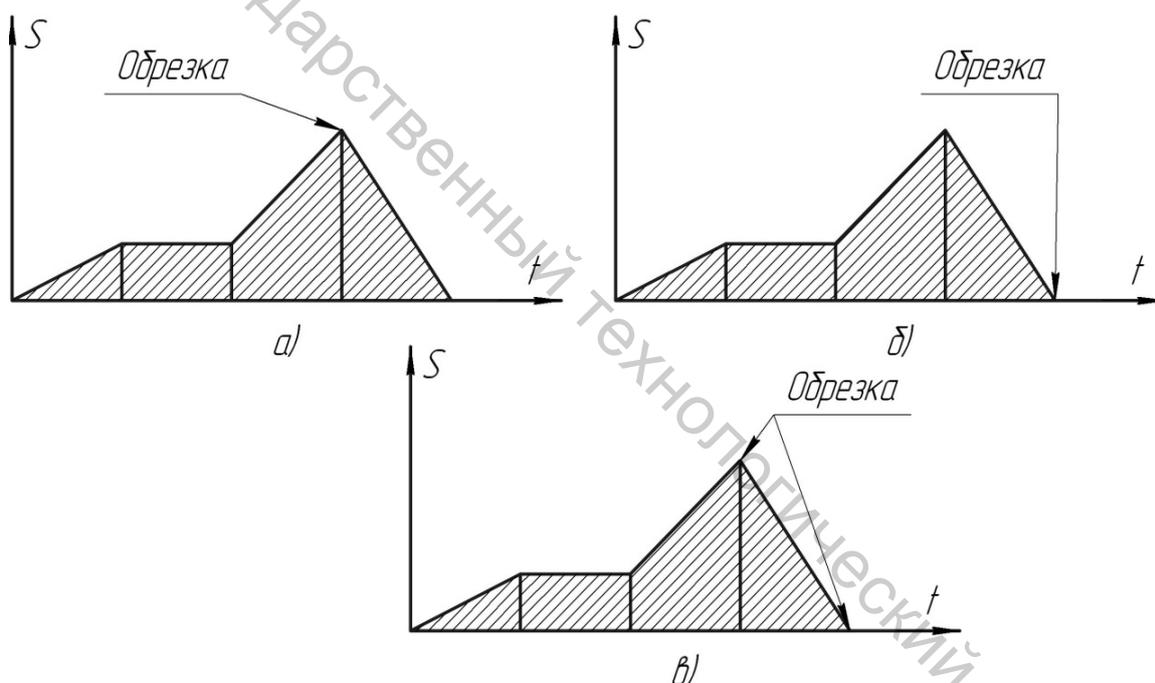


Рисунок 1.11 – Тактограммы механизмов обрезки: а – обрезка выполняется при прямом ходе подвижного ножа; б – обрезка выполняется при обратном ходе подвижного ножа; в – обрезка выполняется как при прямом, так и при обратном ходе подвижного ножа

Существуют также механизмы, в которых при прямом ходе перерезается одна нитка, а при обратном – другая. Такие механизмы будем относить к механизмам смешанного типа [71].

1.2.7 Классификация механизмов обрезки по количеству ножей

Существуют устройства, где для обрезки одной или нескольких ниток применяется один нож. Данные устройства выполняются в виде ножа сложной конфигурации. Нитка перерезается после того, как одна из кромок ножа захватывает обрезаемые нитки и удерживает их [49, 51, 62].

К двуножевым устройствам относится большинство механизмов обрезки [33–45, 47, 52, 53, 54, 55, 64, 65, 67, 68, 70, 82].

Многоножевые механизмы подразделяются на два вида [60, 61, 63, 66, 69]:

- раздельного резания, когда двуножевой механизм приходится на каждую нитку, игольную и челночную;
- совместного резания, когда в механизме перерезается одновременно несколько ниток двумя парами ножей; данные механизмы следует отнести к многоножевым (обрезки на оверлоках и др.).

Многоножевое устройство обрезки ниток характерно для многоголовочных полуавтоматов, а также для машин цепной строчки, где применяется более двух ниток.

1.2.8 Классификация механизмов по виду стежка

Какого бы назначения и какой бы конструкции ни была швейная машина, она выполняет один из типов машинных стежков, который принято обозначать трехзначным числом. Стежок – это повторяющийся элемент ниточной строчки, расположенный между двумя соседними проколами иглы и представляющий собой законченное переплетение ниток в материале. Все существующие типы стежков разделены (ГОСТ 12807-2003) на семь классов.

Несмотря на большое многообразие классов и типов стежков, каждый из них относится к одной из двух больших групп – челночным или цепным стежкам. Принципиальное отличие этих стежков друг от друга заключается в том, что челночные стежки образуются по принципу проведения в петлю первой нитки конца второй нитки, а цепные – путем введения петли последующий нитки в петлю предыдущей.

Механизмы для обрезки ниток, входящих в челночный стежок

Один из наиболее важных признаков – это наличие двух ниток, требования к остаткам которых в игле различны [33, 34, 35, 37, 38, 39, 43, 44, 45, 47, 52, 53, 54, 64, 65, 67, 68, 82].

Механизмы для обрезки ниток цепного стежка

В машинах цепного стежка механизмы несколько отличаются. Это связано с тем, что необходимо перерезать одну нитку или несколько ниток. При этом остатки нитки в игле значительно превосходят необходимые остатки нитки при челночном стежке. Часто в переплетении участвует несколько петлителей, поэтому возникает необходимость дублировать механизмы обрезки и в машине можно встретить один механизм, у которого несколько ножей или несколько идентичных механизмов обрезки [36, 40, 41, 60, 61, 63, 66, 69, 70, 71]. На рисунке 1.12 представлена конфигурация ножей механизмов обрезки для машин с цепным стежком.

1.2.9 Классификация по типу платформы швейной машины

Существуют следующие виды платформ:

- 1) плоская [38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 47, 52, 53, 64, 65, 66, 67, 68, 71, 82];
- 2) полурукавная [33, 34, 35, 72, 80];
- 3) рукавная [36, 75];
- 4) с низкой колонкой [37, 41, 49];
- 5) с высокой колонкой [37, 49];
- 6) П-образная;
- 7) специальная [70].

На рисунке 1.13 представлена конфигурация ножей механизмов обрезки для машин с цепным стежком.

Витебский государственный технологический университет

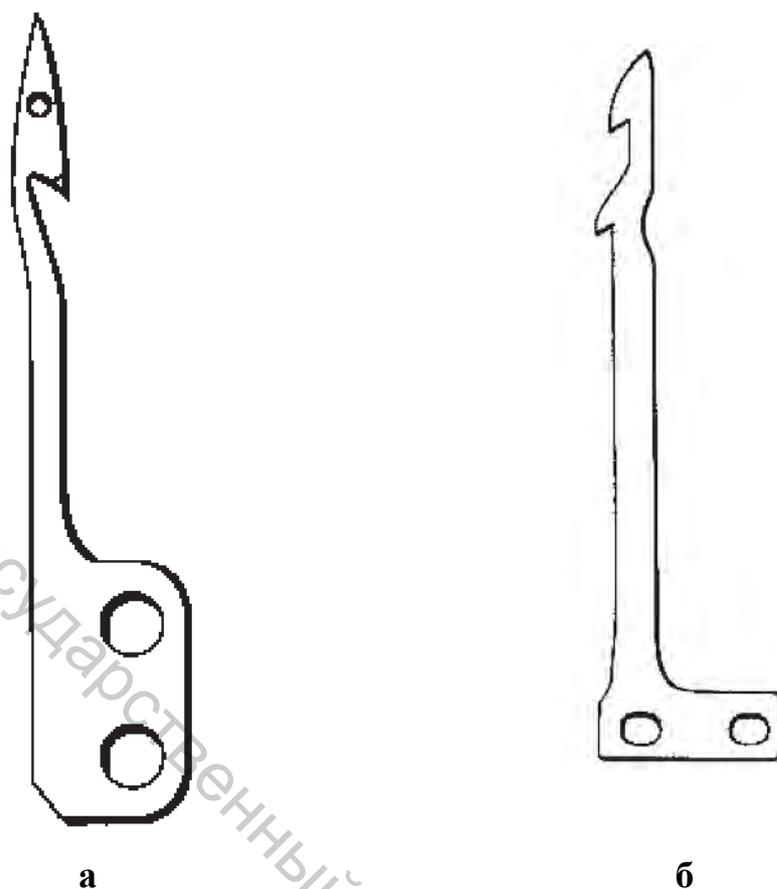


Рисунок 1.12 – Конфигурация ножей механизмов обрезки для машин с цепным стежком: а – плоский подвижный нож, производящий обрезку на обратном ходу; б – плоский подвижный нож, производящий обрезку при прямом ходе

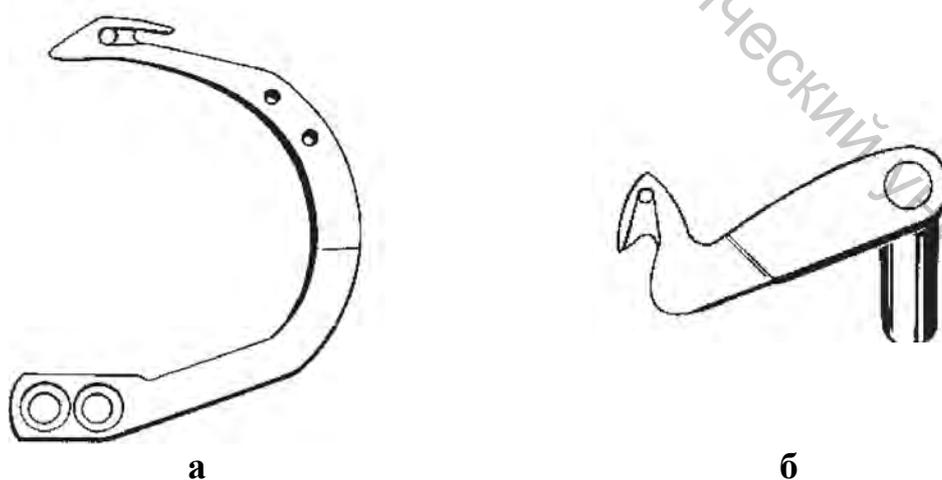


Рисунок 1.13 – Конфигурация ножей механизмов обрезки для машин с колонковой или другой сложной платформой: а – подвижный нож сложной конфигурации; б – ротационный подвижный нож

Механизмы обрезки для машин с плоской платформой более разнообразны, так как технологические ограничения со стороны платформы минимальны.

Для машин с колонковой платформой и другими сложными платформами на механизм обрезки накладываются пространственные ограничения. Механизмы становятся более миниатюрными; кинематические цепи, приводящие в движение ножи, значительно усложняются и удлиняются, ножи выполняются сложной конфигурации. Ножи входят в зону обрезки только на момент захвата ниток, сама обрезка происходит позже, при обратном ходе ножа. При проектировании данных механизмов необходимо учитывать необходимость удаления остатков нитки после обрезки, так как их концентрация в платформе нежелательна.

1.3 Разработка структуры механизма автоматической обрезки нитки

На фабриках художественных изделий и швейных предприятиях имеются многоголовочные вышивальные полуавтоматы фирмы «Текстима». Эти полуавтоматы устарели морально и физически из-за наличия механической системы числового программного управления с перфокартами в качестве программноносителя. Вследствие этого скорость шитья не превышает 200 стежков в минуту, сложным и трудоемким является процесс программирования посредством пробивки отверстий на перфокартах. Кроме того, в швейных головках отсутствует устройство автоматической обрезки ниток, что снижает производительность труда оператора. В рамках научно-технической программы была проведена модернизация многоголовочного вышивального полуавтомата, включающая разработку механизма автоматической обрезки ниток.

Зарубежные фирмы Velles (Китай), Varudan (Япония) и другие предлагают многоголовочные вышивальные полуавтоматы с микропроцессорной системой управления. Однако ввиду высокой стоимости этих полуавтоматов и системы автоматизированного проектирования (САПР) вышивок приобретение таких полуавтоматов затруднительно для большинства предприятий.

Данная задача решается с учетом конкретной швейной головки полуавтомата, для которой разрабатывается механизм. Для пояснения этапов данного раздела далее приведено проектирование на примере модернизации вышивального полуавтомата «Текстима».

Машина относится к швейным машинам с плоской платформой, вид стежка челночный, челнок качающийся. Модернизируемая машина

– вышивальная, поэтому над плоскостью игольной пластины двигаются пальца, что делает применение отдельной обрезки нецелесообразным.

Модернизация полуавтомата производится путем внедрения МПУ для перемещения координатного устройства с шаговыми электродвигателями, для привода исполнительных механизмов. Использование для управления механизмом автоматической обрезки микропроцессорного управления не приводит к значительному усложнению управляющей системы.

В классификационной схеме остается ряд пунктов, которые выбираются исходя из конструктивных соображений. Для упрощения конструкции выбран метод совместной обрезки игольной и челночной ниток. Используя возможности МПУ, выбирается цикловой способ обрезки, так как взаимная согласованность процесса обрезки нитки с процессом петлеобразования дает дополнительный положительный эффект, суть которого поясняется ниже. Расположение ножей выбрано под игольной пластиной, так как расположение над игольной пластиной значительно усложнит привод, а расположение в игольной пластине нецелесообразно из-за необходимости формирования необходимых остатков ниток. По количеству ножей устройство относится к многоножевому, так как состоит из шести пар подвижных и неподвижных ножей. Обрезка будет производиться при прямом ходе ножа, так как нет необходимости минимизировать расстояние между неподвижным и подвижным ножами. Форма подвижных ножей выбрана плоской с элементами объема.

Разработана структура механизма автоматической обрезки ниток для шестиголовочного вышивального полуавтомата с МПУ.

На рисунке 1.14 представлена кинематическая схема швейной головки вышивального полуавтомата «Текстима».

Машина фирмы «Текстима» предназначена для вышивания двухниточным челночным стежком.

Зубчатое колесо 1, расположенное на приводном валу полуавтомата, входит в зацепление с зубчатым колесом 2, которое передает движение главному валу I швейной головки. На главном валу закреплен кулачок 3, передающий движение игловодителю 6 через палец 4 и шатун 5. Нитепритягиватель 7 совершает вращательное движение, получаемое от кулачка 3, в котором выполнен паз сложной конфигурации. На игловодителе 6 установлена рамка с лапкой 8, осуществляющей удержание материала в момент прокола его иглой. Прижатие рамки осуществляется пружиной 9.

Вращательное движение челноку 14 передается от главного вала I, через его колесо 10, систему рычагов 11, 12, 13 и челночный вал II.

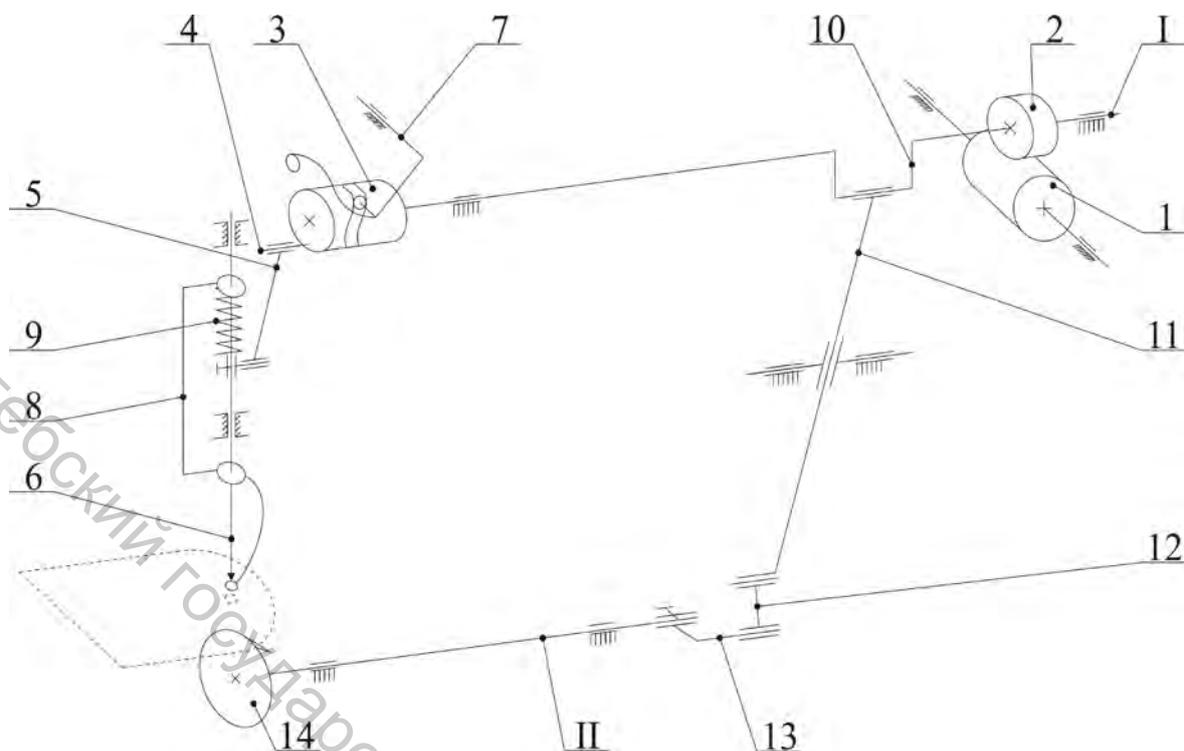


Рисунок 1.14 – Кинематическая схема головки полуавтомата фирмы «Текстима»

Схема механизма автоматической обрезки ниток

Структура механизма автоматической обрезки ниток выбирается исходя из принципа модульности этих механизмов. Необходимо все механизмы разработать таким образом, чтобы они могли разместиться на съемных деталях швейной головки – фронтальной доске и игольной пластине, что не потребует обработки рукава швейной головки. Привод механизма ножей желательно смонтировать на нижней поверхности стола.

Кинематическая схема механизма обрезки ниток на многоголовочном вышивальном полуавтомате показана на рисунке 1.15.

Зубчатое колесо 1 а зафиксировано на роторе шагового двигателя 1 и через зубчатое колесо 2 а передает движение на барабан 2 б, который с роликом 5, тросом 3 а, ползунами 3 б образует тросовую передачу, которая сообщает поступательное движение пальцам 3 в, двигающимся в направляющих. Пальцы связаны с неподвижными ножами 4 в через втулки 4 б и кулисные рычаги 4 а.

Устройство обрезки ниток работает следующим образом.

При подаче определенного количества импульсов на шаговый двигатель его ротор поворачивается на определенный угол и вместе с ним поворачиваются барабан 2 б и ролик 5. Трос 3 а получает поступательное движение. Вместе с тросом пальцы 3 в и ползуны 3 б

перемещаются на величину, пропорциональную количеству импульсов, поданных на обмотку шагового двигателя.

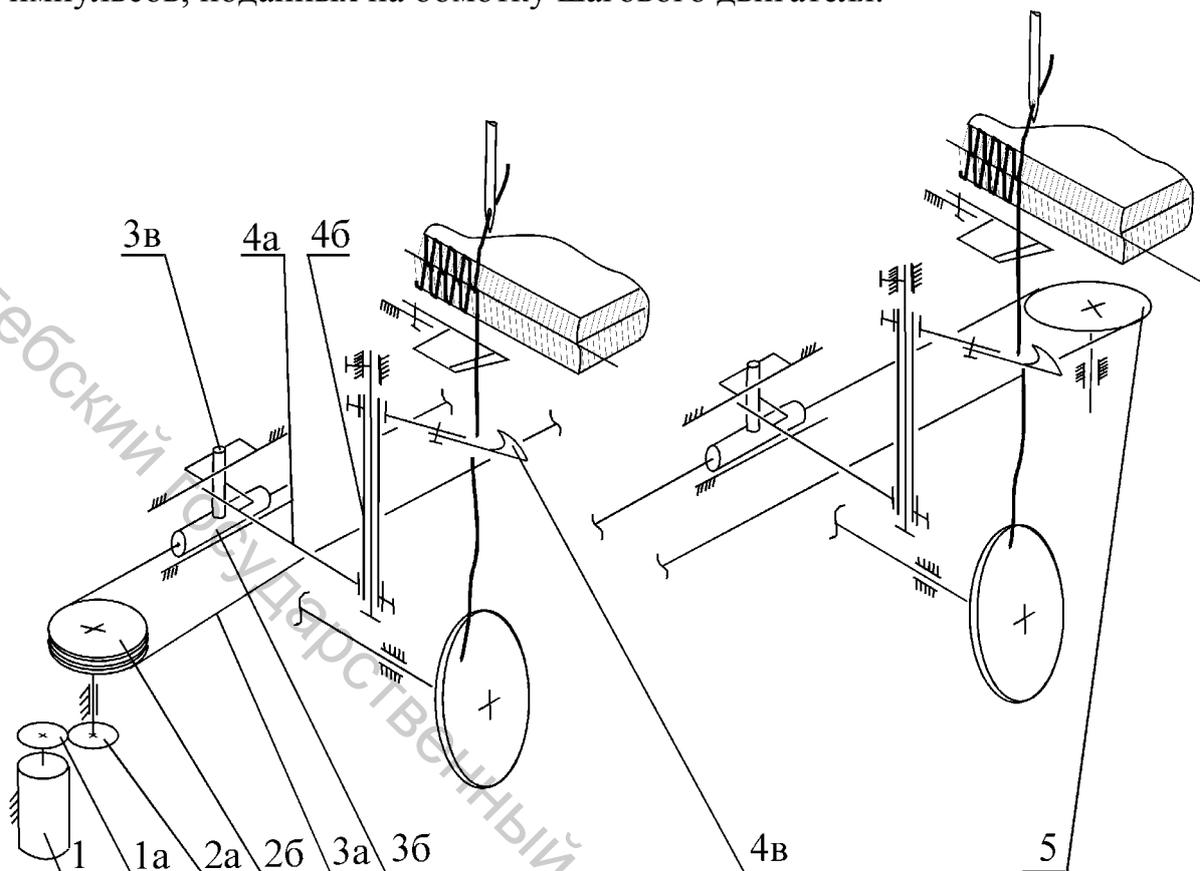


Рисунок 1.15 – Кинематическая схема механизма автоматической обрезки на многоголовочном вышивальном полуавтомате

Поступательное движение пальцев 3 в через систему кулисных рычагов 4 а, втулок 4 б, держателей трансформируется во вращательное движение подвижных ножей 4 в. Обрезка производится при взаимодействии подвижных ножей 4 в с неподвижными ножами.

На рисунке 1.16 механизм показан в двух положениях: в исходном и в момент захвата ниток носиком подвижного ножа. Из левого исходного положения нож перемещается по часовой стрелке, захватывает длинную ветвь игольной нитки и челночную нитку, достигает крайнего правого положения, в котором и происходит обрезка ниток, затем возвращается в исходное положение.

Работа механизмов обрезки обеспечивает должное качество обрезки при взаимодействии с механизмами освобождения верхней нитки (рис. 1.17).

Предлагаемый механизм содержит электромагнит 6 с якорем 7. Электромагнит закреплен на кронштейне 11. Якорь 7 соединен с двуплечим рычагом 9 посредством оси 8. Двуплечий рычаг 9 имеет возможность поворачиваться вокруг оси 10. Ось 10 закреплена в кронштейне 11. Кронштейн 11 крепится к головкам вышивальных

машин. На нижнем плече двуплечего рычага 9 закреплен клин 12. Конец возвратной пружины 13 крепится на корпусе швейной головки и на нижнем плече рычага 9.

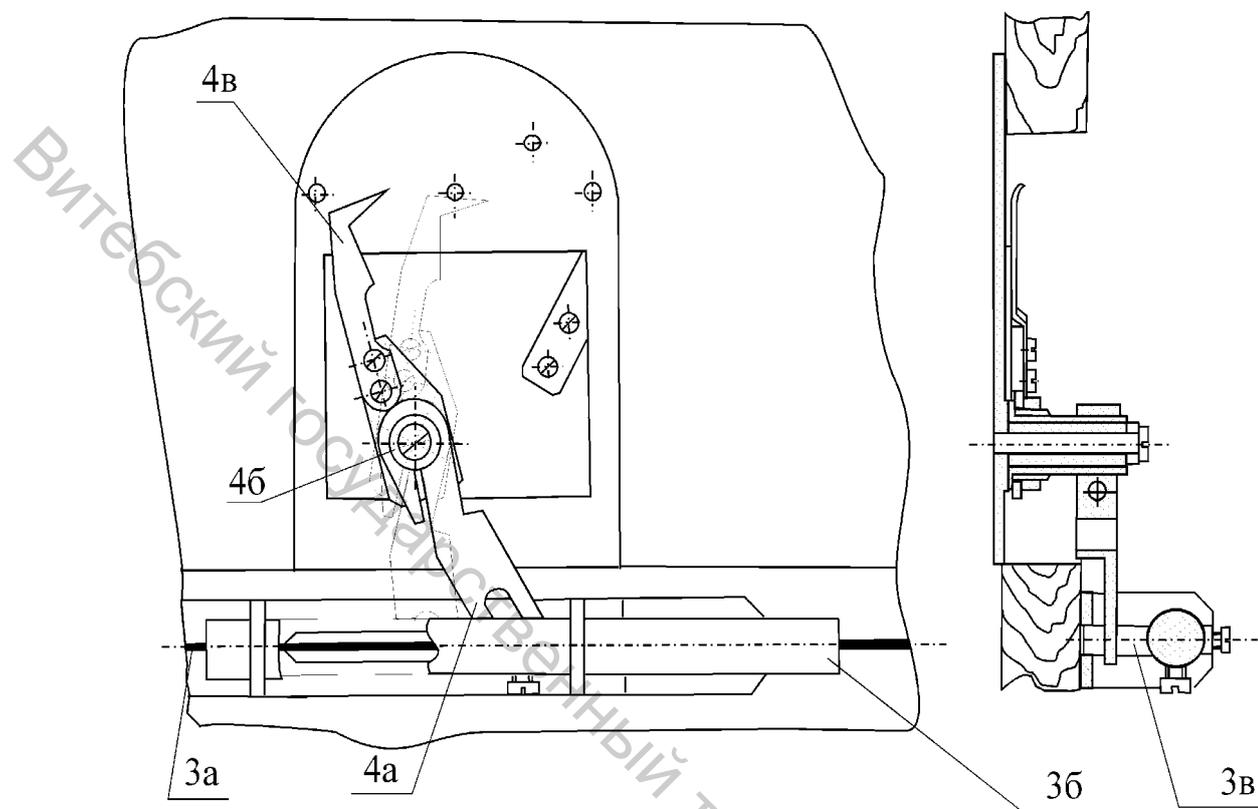


Рисунок 1.16 – Схема механизма обрезки ниток на многоголовочном вышивальном полуавтомате

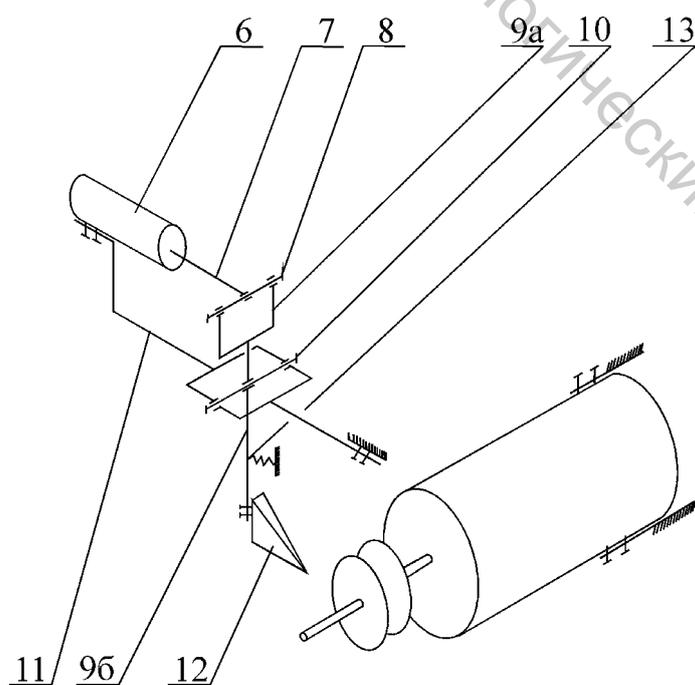


Рисунок 1.17 – Схема механизма освобождения игольной нитки

Устройство освобождения игольной нитки работает следующим образом.

При подаче импульса на электромагнит 6 его якорь 7 работает на втягивание. Двуплечий рычаг 9 поворачивается вокруг оси 10, нижнее плечо рычага 9 вводит клин 12 в тарелочки регуляторов натяжения нитки, освобождая их. После снятия импульса с электромагнита пружина 13 возвращает механизмы в исходное положение.

Взаимодействие главных валов швейной головки, шагового двигателя, электромагнитов освобождения игольных ниток обеспечивается автоматизированным электроприводом с микропроцессорным управлением и блоком микропроцессорного управления вышивального полуавтомата.

Решение задачи проектирования механизма обрезки ниток на многоголовочном полуавтомате с МПУ приведено выше только с учетом конструктивных требований. Однако технологические и эксплуатационные требования являются не менее значимыми. При этом их применение не обозначено в специальной литературе, что требует их более детальной формулировки. К примеру, экспериментальная модель механизма обрезки ниток с плоским ножом не позволила гарантированно обрезать швейную нитку, возникало защемление нитки. Следовательно, есть потребность в теоретическом и экспериментальном исследовании сил, действующих в механизме автоматической обрезки ниток. Необходимо обосновать технологические параметры механизма автоматической обрезки ниток. На данный момент отсутствует не только формализованный подход к определению сил, действующих в режущем инструменте при резании ниток, но и методики проектирования механизма автоматической обрезки ниток вышивального полуавтомата с МПУ.

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа существующего швейного оборудования разработана классификация механизмов обрезки ниток швейных машин и полуавтоматов по девяти признакам: по способу обрезки игольной и челночной ниток, по времени обрезки относительно цикла шитья, по типу системы управления, по расположению ножей относительно плоскости игольной пластины, по форме ножей, по фазе обрезки, по количеству ножей, по виду стежка, по типу платформы швейной машины. Классификация позволяет выделить наиболее типовые процессы, протекающие в ходе автоматизированной обрезки ниток на швейных полуавтоматах, а также сформулировать требования, предъявляемые этим механизмам и процессам обрезки швейной нитки.

2. С учетом предложенной классификации выполнена разработка структуры механизма автоматической обрезки ниток на многоголовочном вышивальном полуавтомате с МПУ, включившая в себя проектирование схемы механизма автоматической обрезки, а также схемы механизма освобождения игольной нитки.

3. С учетом предложенной классификации установлено, что для надежной и качественной работы механизма обрезки необходимо проведение теоретических и экспериментальных исследований сил, действующих в механизме автоматической обрезки ниток, расчет и оптимизация технологических параметров механизма автоматической обрезки нитки и разработка методики проектирования механизма автоматической обрезки ниток.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ШВЕЙНЫХ НИТОК

2.1 Постановка задачи

Исследованию процессов резания материалов легкой промышленности посвящены работы [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90]. В этих работах рассмотрено резание тканей, трикотажа, кожи, пряжи.

Наиболее близкими к процессу резания швейных ниток являются работы Козлова В.А. [11, 12, 13, 14], в которых изложены результаты исследований свободно висящей пряжи методом ножниц. Однако эти результаты не могут быть использованы для разработки механизмов обрезки ниток швейных полуавтоматов в полной мере по следующим причинам:

- свойства пряжи и швейных ниток существенно различаются;
- условия резания свободно висящей пряжи и швейных ниток, охватывающих с натяжением лезвие подвижного ножа, существенно различаются;
- резание швейных ниток, как правило, происходит в ограниченном пространстве, что накладывает существенное ограничение на конструктивные параметры ножей и влияет на процесс резания; подобных ограничений нет при резании пряжи.

В настоящей работе представлены результаты исследований процесса резания швейных ниток, имеющего место в швейных машинах и полуавтоматах. Рассмотрен процесс резания швейных ниток в механизмах цикловой обрезки, в которых процесс обрезки совмещен с последующим циклом образования челночного стежка. Особенностью процесса резания является то, что разрезаемая нитка с некоторым натяжением охватывает лезвие подвижного ножа (рис. 2.1).

Сечения лезвий подвижного и неподвижного ножей представлены на рисунке 2.1 в виде двух граней, сопрягаемых по радиусу r . Исследования показали, что радиус сопряжения составляет 0,02...0,03 мм [5].

Выделим три фазы процесса резания: начальную (фаза 1), в которой происходит касание лезвия неподвижного ножа нитки (рис. 2.1 а); промежуточную (фаза 2), в которой происходит деформация нитки; конечную (фаза 3), в которой происходит разделение нитки на две ветви.

Определим силу N , действующую на подвижный нож со стороны нитки, в фазе 2. Выберем неподвижную систему координат xOy с началом в центре O скругления граней лезвия неподвижного ножа.

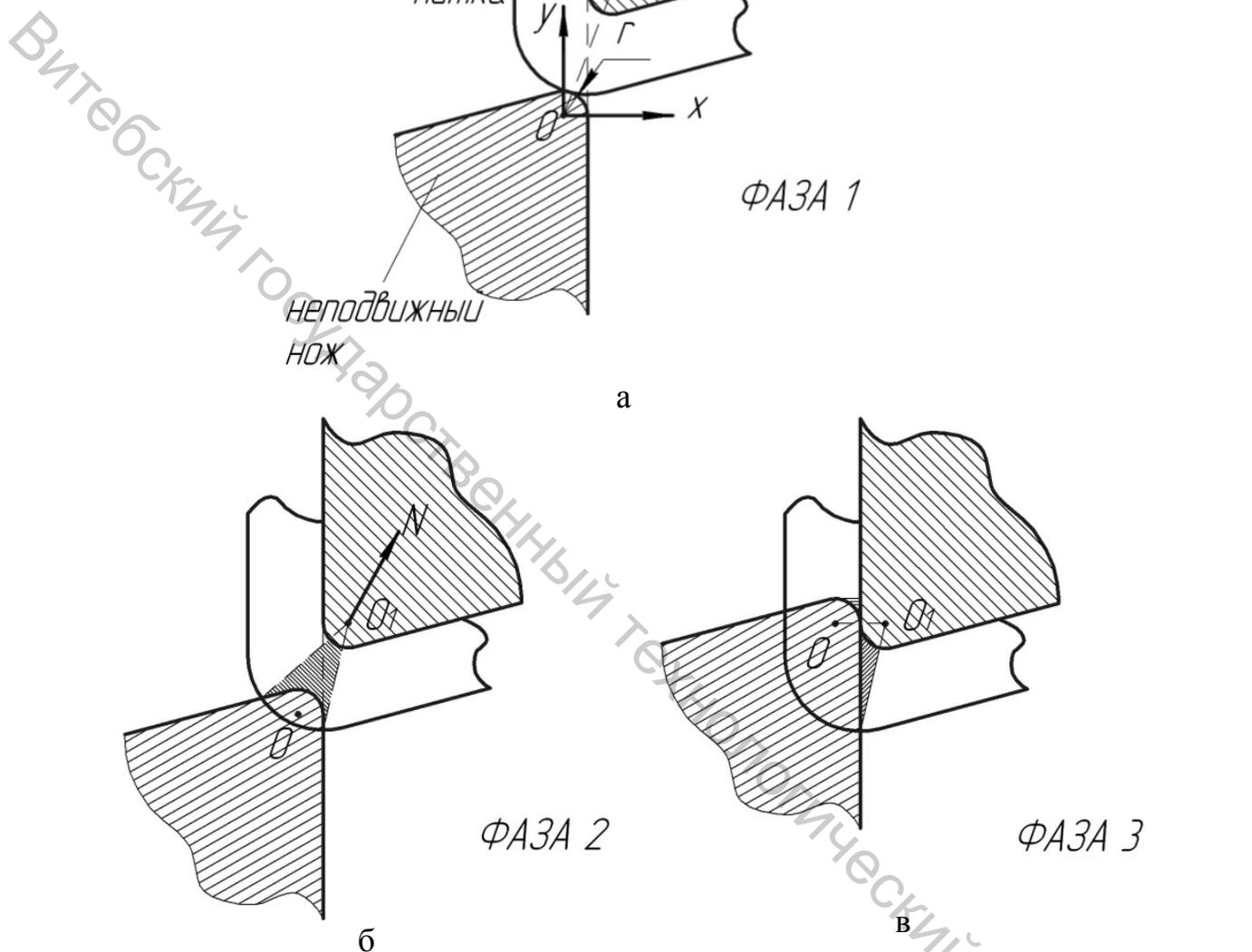


Рисунок 2.1 – Процесс разрезания швейной нитки

Зона деформации нитки ножей находится между сечениями нитки вертикальными плоскостями, проведенными через центры O_1 скругления граней лезвия ножей под углами ψ_1 и ψ_3 к оси O_1I , параллельной оси Ox .

Разделим эту зону на две части. Первая часть зоны находится между сечениями нитки вертикальными плоскостями, которые проводятся под углами ψ_1 и ψ_2 к оси O_1I (рис. 2.2). В этой части деформация нитки производится скругленными лезвиями ножей.

Вторая часть зоны находится между сечениями нитки вертикальными плоскостями, проведенными под углами ψ_2 и ψ_3 к оси

O_1I . В этой части деформация нитки производится скругленным лезвием подвижного ножа и плоской гранью неподвижного ножа.

Сначала определим суммарную силу N , действующую на подвижный нож. Рассмотрим элементарную силу dN , действующую на площадку, ограниченную сечениями, проведенными под углами ψ и $(\psi + d\psi)$ к оси OI :

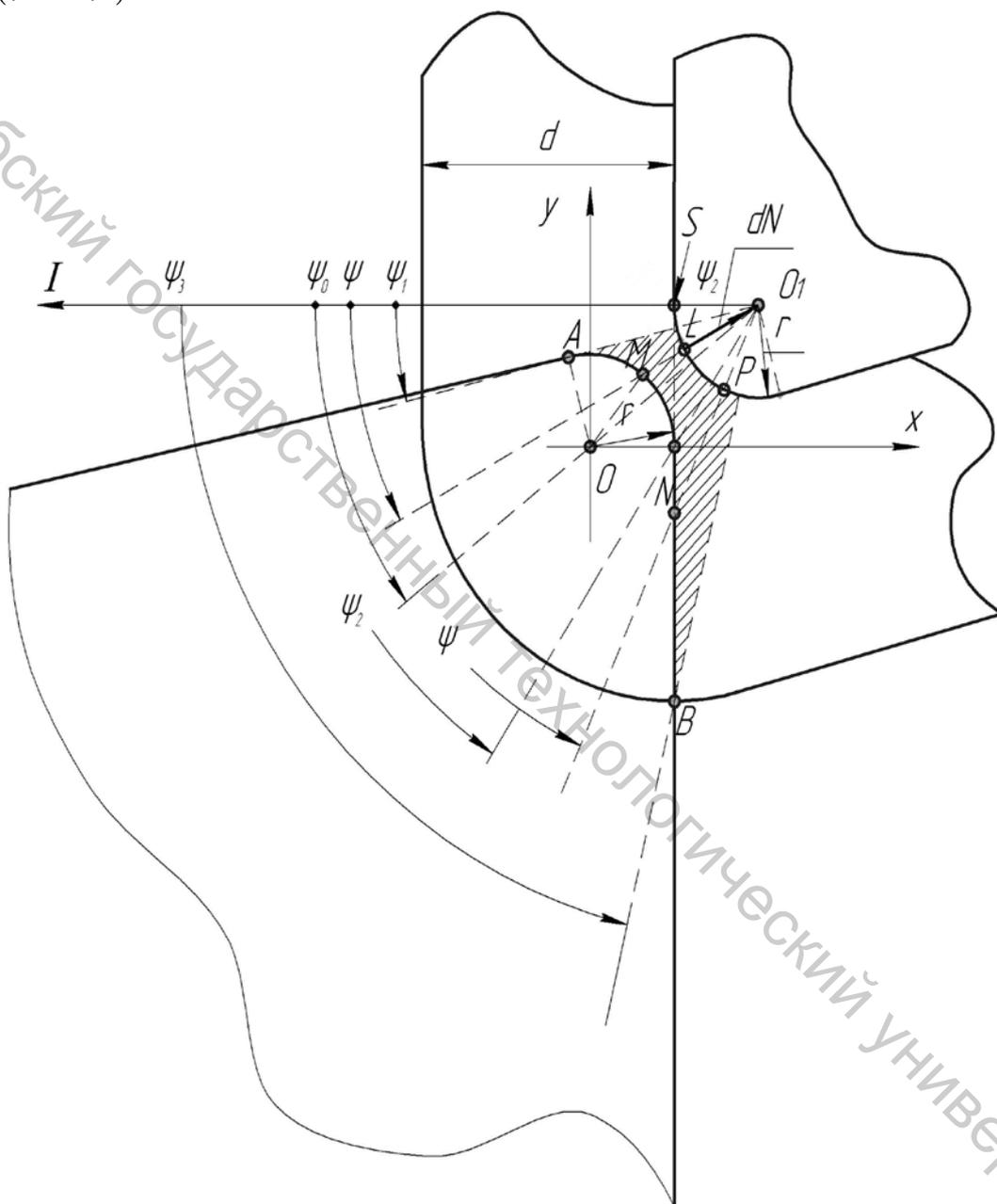


Рисунок 2.2 – Модель деформации нитки

$$dN = \sigma \cdot r d\psi \cdot S, \quad (2.1)$$

где σ – напряжение на площадке, $r d\psi$ – длина площадки, S – ширина площадки.

Теория основана на гипотезе, что нитка деформируется как

упруго-пластическое однородное тело.

Из (2.1) определяется модуль силы dN . Для определения направления суммарной силы dN разложим её на проекции по осям x и y :

$$dN_x = \sigma \cdot r d\psi \cdot S \cdot \cos\psi, \quad (2.2)$$

$$dN_y = \sigma \cdot r d\psi \cdot S \cdot \sin\psi. \quad (2.3)$$

2.2 Экспериментальное исследование зависимости P от ε

Для получения достоверных данных о механических свойствах ниток в момент их обрезания разработана установка, схема которой представлена на рисунке 2.3.

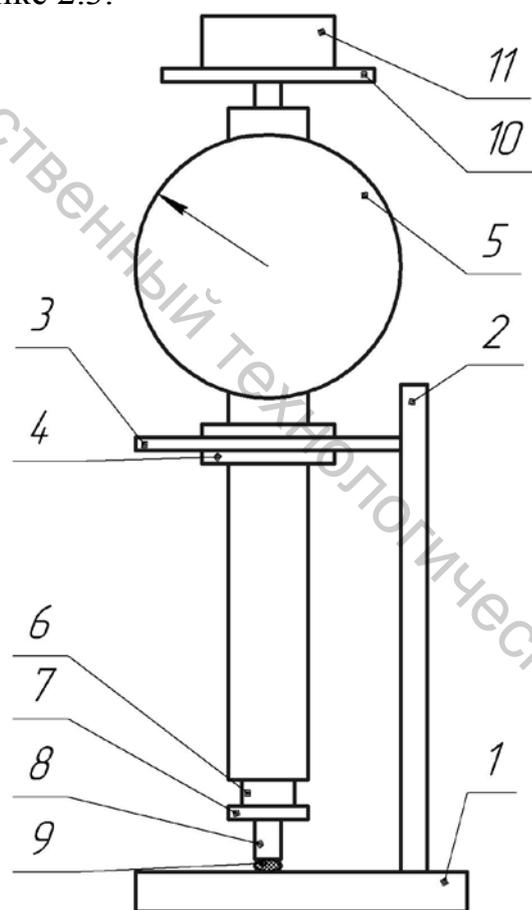


Рисунок 2.3 – Установка для исследования механических свойств НИТОК

На металлическом основании 1 закреплена вертикальная стойка 2 с кронштейном 3. В хомутике 4 кронштейна 3 закреплен индикатор часового типа 5. На подвижном стержне 6 индикатора 5 в нижней его части с помощью держателя 7 закреплен нож 8, воздействующий на

нитьку 9. На верхнюю часть стержня 6 закреплена платформа 10. На платформу 10 можно устанавливать разновесы 11.

Методика проведения эксперимента заключается в последовательном нагружении штока индикатора 5 осевой силой, а, следовательно, и лезвия ножа. Величина деформации нити будет отображаться стрелкой индикатора, что даст возможность определить зависимость $\sigma = \delta(P)$.

Обоснование выбора ниток для исследования

При выборе швейных ниток в качестве исследования была проанализирована работа вышивального оборудования; нормативные документы [94, 95, 96, 97, 98, 99, 100]; литературные источники, в которых прогнозируются и исследуются механические свойства ниток и нитей [101, 102, 103, 104, 105, 106, 107]; также были учтены экспертные оценки. Было принято решение на стадии предварительного эксперимента выбрать нитки двух видов: Экстра 40 РУПП «Гронитекс» (16,5 текс×3) и Sulky 40 фирмы Gunold (14,5 текс×2). Нитки Экстра 40 РУПП «Гронитекс» (16,5 текс×3) были выбраны, так как они имеют большую толщину и обладают большим значением разрывной нагрузки. Исследуя нитки Экстра 40 РУПП «Гронитекс», мы увидим процесс обрезки в сложных условиях. Нитки Sulky 40 фирмы Gunold (14,5 текс×2) нами приняты для исследования как типовой, благоприятный вариант, так как эти нитки и им подобные широко используются при вышивке на полуавтоматах с микропроцессорным управлением. Предварительные исследования показали незначительные отклонения параметров резания для нитки Sulky 40 фирмы Gunold (14,5 текс×2) от иных ниток схожей линейной плотности.

Для выбранных ниток были определены физико-механические свойства, которые представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Физико-механические свойства исследуемых швейных ниток

Наименование показателя	Значение показателя		
	1	2 (Sulky 40)	3 (Экстра 40)
Линейная плотность нитки, текс		14,5*2	15*3
Разрывная нагрузка, сН		530	2100
Относительное разрывное удлинение, %		17,7	24,5
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %		6.3	5,1
Коэффициент вариации по линейной плотности, %		3.2	3.1

Окончание таблицы 2.1

Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	18.5	41.5
Направление крутки	Z	Z
Количество кручений на метр	560	331.8
Материал	Вискоза	Полиамид

Исследования физико-механических свойств нитки проводились в аккредитованном испытательном центре на поверенном и аттестованном оборудовании. Составлен протокол испытаний.

В дальнейшем нитки Экстра 40 РУПП «Гронитекс» (16,5 текс×3) будем называть Экстра 40, а нитки Sulky 40 фирмы Gunold (14,5 текс×2) – Sulky 40.

При экспериментальном определении величины σ минимальное значение массы было равно массе штока, поэтому на участке $[0; \varepsilon_0]$ получены две точки. Диаметр нитки определялся с помощью электронного микроскопа USB (класс точности 0,1 (ГОСТ 8.401-80)), при этом производился ряд замеров и бралось среднее значение.

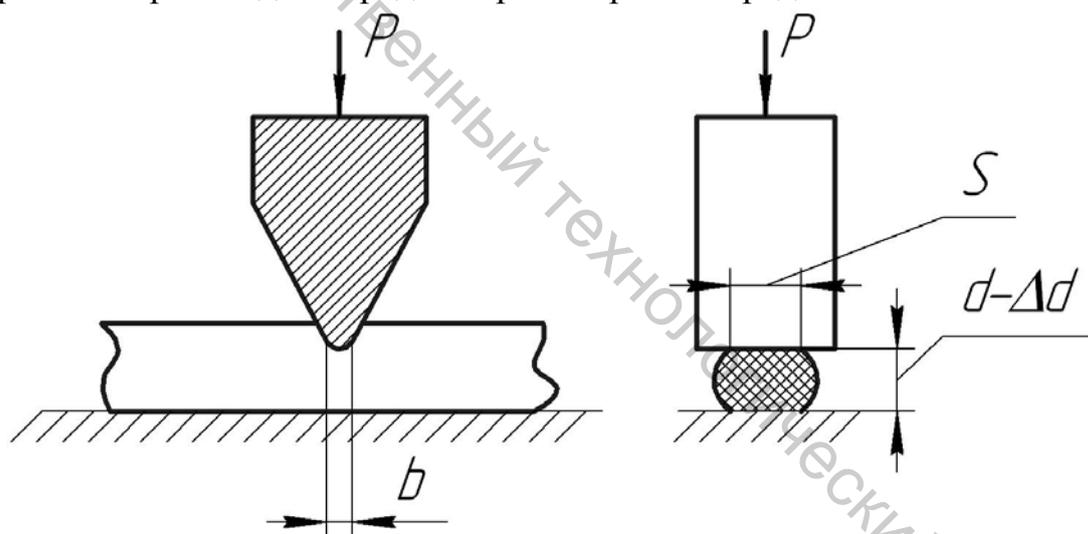


Рисунок 2.4 – Схема измеряемых параметров при исследовании деформации нитки

По результатам эксперимента получены следующие данные (табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Зависимости деформации нитки от усилия воздействия

P , Н	Δd , мм	ε
0,5	0,06	0,875
1	0,04	0,925
1,5	0,03	0,9375
2	0,02	0,9583
2,5	0	1

При описании зависимости $P = f(\varepsilon)$ функцию будем рассматривать как кусочную. В результате проведенных исследований определены зависимости силы P , действующей на нож (рисунок 2.4), от относительной деформации ε нитки:

$$\left. \begin{aligned} P &= k_1 \varepsilon, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ P &= k_2 \varepsilon + h, \text{ если } \varepsilon_0 < \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\}, \quad (2.4)$$

где $k_1 = 0,574$ Н; $k_2 = 15,533$ Н; $\varepsilon = \frac{\Delta d}{d}$; ε_0 – относительная деформация, при которой происходит условный переход функции от линейного вида к нелинейному виду, $h = -13,075$ Н.

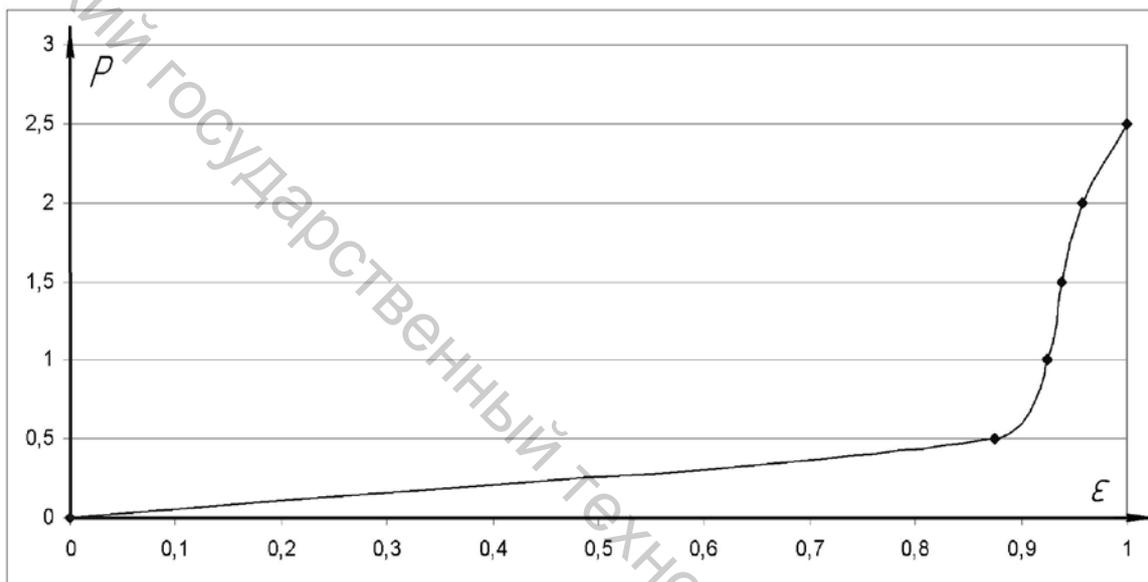


Рисунок 2.5 – График зависимости P от ε

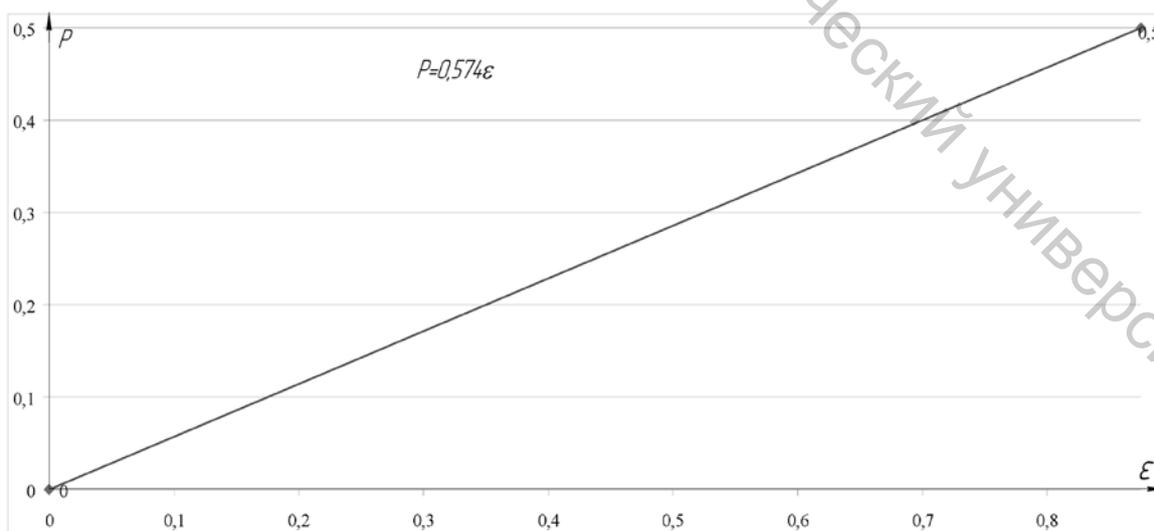


Рисунок 2.6 – График зависимости P от ε на участке $[0; 0,875]$

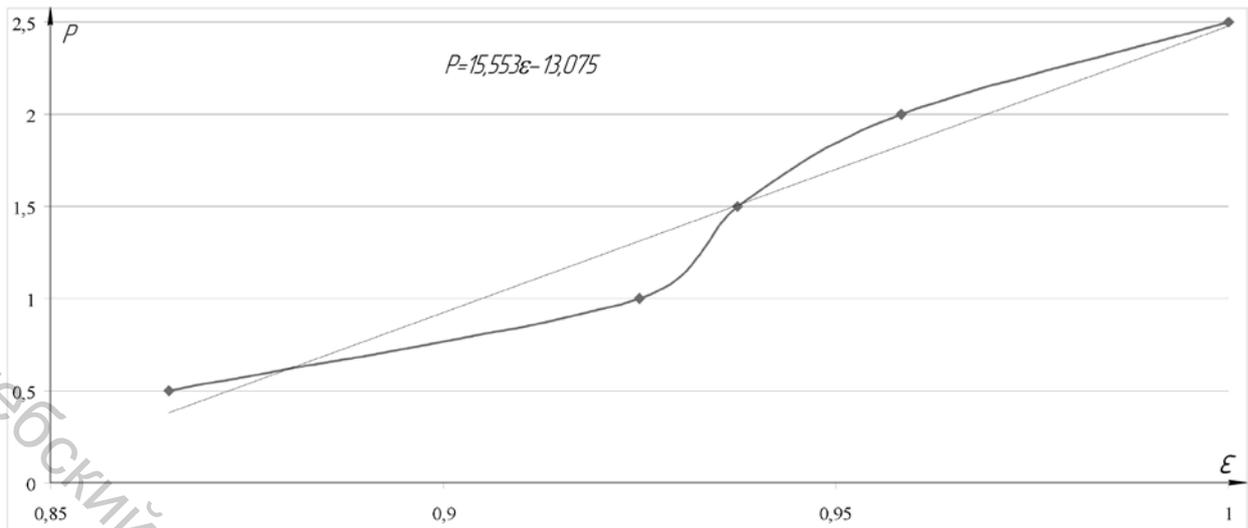


Рисунок 2.7 – График зависимости P от ε на участке $[0,875; 1]$

2.3 Определение сил, действующих на лезвие ножа

Напряжение в нитке определяется из формулы (рис. 2.4) [108]:

$$\sigma = \frac{P}{S \cdot b}, \quad (2.5)$$

где S – ширина реза нитки; b – ширина режущей кромки ножа, $b = 0,1$ мм.

Подставив в (2.5) выражение (2.4), получим

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \frac{k_1 \varepsilon}{S \cdot b}, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0, \\ \sigma &= \frac{k_2 \varepsilon + h}{S \cdot b}, \text{ если } \varepsilon_0 < \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.6)$$

С учетом (2.6) формулы (2.2) и (2.3) примут вид:

$$\left. \begin{aligned} dN_x &= \frac{k_1 r}{b} \varepsilon \cos \psi d\psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ dN_x &= \frac{k_1 r}{b} \varepsilon \cos \psi d\psi + \frac{hr}{b} \cos \psi d\psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.7)$$

$$\left. \begin{aligned} dN_y &= \frac{k_1 r}{b} \varepsilon \sin \psi d\psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ dN_x &= \frac{k_1 r}{b} \varepsilon \sin \psi d\psi + \frac{hr}{b} \sin \psi d\psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.8)$$

Определим величину относительной деформации ε_1 на первом участке, ограниченном углами ψ_1 и ψ_2 (рис. 2.2):

$$\varepsilon_1 = 1 - \frac{ML}{d}; \quad (2.9)$$

где

$$ML = O_1M - r; \quad (2.10)$$

$$O_1M = \sqrt{l^2 + r^2 - 2lr \cos(\psi_0 - \psi)}; \quad (2.11)$$

$$l = OO_1 = \sqrt{x_{01}^2 + y_{01}^2}; \quad (2.12)$$

$$x_{01} = 2r; y_{01} = y_0 - a; \quad (2.13)$$

$$y_0 = \sqrt{d^2 + 4rd}; \quad (2.14)$$

$$\psi_0 = \arctg \left(\frac{y_{01}}{x_{01}} \right); \quad (2.15)$$

С учетом (2.11)–(2.15) определим:

$$ML = \sqrt{l^2 + r^2 - 2lr \cos(\psi_0 - \psi)} - r, \quad (2.16)$$

а затем из (2.9) найдем

$$\varepsilon_1 = 1 + \frac{r}{d} - \sqrt{\frac{l^2 + r^2 - 2lr \cos(\psi_0 - \psi)}{d^2}}, \quad (2.17)$$

Обозначим

$$1 + \frac{r}{d} = D; \frac{l^2 + r^2}{d^2} = F; \frac{2lr}{d^2} = G.$$

Тогда

$$\varepsilon_1 = D - \sqrt{F - G \cos(\psi_0 - \psi)}. \quad (2.18)$$

Подставив (2.18) в (2.7) и (2.8), получим:

$$\left. \begin{aligned} dN_x &= \frac{k_1 \cdot r}{b} \cdot (D - \sqrt{F - G \cdot \cos(\psi_0 - \psi)}) \cdot \cos \psi \cdot d\psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ dN_x &= \frac{k_2 r}{b} (D - \sqrt{F - G \cdot \cos(\psi_0 - \psi)}) \cdot \cos \psi \cdot d\psi + \frac{hr}{b} \cos \psi d\psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.19)$$

$$\left. \begin{aligned} dN_y &= \frac{k_1 \cdot r}{b} \cdot (D - \sqrt{F - G \cdot \cos(\psi_0 - \psi)}) \cdot \sin \psi \cdot d\psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ dN_y &= \frac{k_2 r}{b} (D - \sqrt{F - G \cdot \cos(\psi_0 - \psi)}) \cdot \sin \psi \cdot d\psi + \frac{hr}{b} \sin \psi d\psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.20)$$

Прямое интегрирование функций (2.19) и (2.20) невозможно по причине наличия двух выражений dN_{1x} , dN_{1y} , соответствующих двум областям значений ε . Поэтому для определения суммарных сил N_{1x} , N_{1y} воспользуемся методом численного интегрирования. Для этого приведем (2.19) и (2.20) к виду:

$$\left. \begin{aligned} \Delta N_{1x} &= \frac{k_1 \cdot r}{b} \cdot (D - \sqrt{F - G \cdot \cos(\psi_0 - \psi)}) \cdot \cos \psi \cdot \Delta \psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ \Delta N_{1x} &= \frac{k_2 r}{b} (D - \sqrt{F - G \cdot \cos(\psi_0 - \psi)}) \cdot \cos \psi \cdot \Delta \psi + \frac{hr}{b} \cos \psi \Delta \psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.21)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta N_{1y} &= \frac{k_1 r}{b} (D - \sqrt{F - G \cdot \cos(\psi_0 - \psi)}) \sin \psi \cdot \Delta \psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ \Delta N_{1y} &= \frac{k_2 r}{b} (D - \sqrt{F - G \cdot \cos(\psi_0 - \psi)}) \sin \psi \cdot \Delta \psi + \frac{hr}{b} \sin \psi \Delta \psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.22)$$

При численном интегрировании (2.21), (2.22) угол ψ изменяется в пределах $[\psi_1, \psi_2]$ с шагом $\Delta \psi$.

Теперь определим суммарные силы N_{2x} и N_{2y} , действующие на подвижный нож на второй части зоны деформации, ограниченной углами ψ_2 и ψ_3 (рис. 2.2). Определим величину ε на этом участке:

$$\varepsilon_2 = 1 - \frac{NP}{d}, \quad (2.23)$$

где

$$NP = O_1N - r = \frac{r}{\cos \psi} - r. \quad (2.24)$$

Подставив (2.24) в (2.23), получим:

$$\varepsilon_2 = 1 + \frac{r}{d} - \frac{r}{d \cos \psi}$$

Обозначим $1 + \frac{r}{d} = R; \frac{r}{d} = T$, тогда :

$$\varepsilon_2 = R - \frac{T}{\cos \psi}. \quad (2.25)$$

Подставим (2.25) в (2.7) и (2.8), получим:

$$\left. \begin{aligned} dN_{2x} &= \frac{k_1 r}{b} \left(R - \frac{T}{\cos \psi} \right) \cos \psi d\psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ dN_{2x} &= \frac{k_2 r}{b} \left(R - \frac{T}{\cos \psi} \right) \cos \psi d\psi + \frac{hr}{b} \cos \psi d\psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

$$\left. \begin{aligned} dN_{2y} &= \frac{k_1 r}{b} \left(R - \frac{T}{\cos \psi} \right) \sin \psi d\psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ dN_{2y} &= \frac{k_2 r}{b} \left(R - \frac{T}{\cos \psi} \right) \sin \psi d\psi + \frac{hr}{b} \sin \psi d\psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.27)$$

Интегрирование уравнений (2.26), (2.27) по причине, изложенной ранее, будем проводить численным методом. Для этого уравнения (2.26) и (2.27) запишем для приращений ΔN_{2x} , ΔN_{2y} и ψ ;

$$\left. \begin{aligned} \Delta N_{2x} &= \frac{k_1 r}{b} \left(R - \frac{T}{\cos \psi} \right) \cos \psi \Delta \psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ \Delta N_{2x} &= \frac{k_2 r}{b} \left(R - \frac{T}{\cos \psi} \right) \cos \psi \Delta \psi + \frac{hr}{b} \cos \psi \Delta \psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.28)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta N_{2y} &= \frac{k_1 r}{b} \left(R - \frac{T}{\cos \psi} \right) \sin \psi \Delta \psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ \Delta N_{2y} &= \frac{k_2 r}{b} \left(R - \frac{T}{\cos \psi} \right) \sin \psi \Delta \psi + \frac{hr}{b} \sin \psi \Delta \psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (2.29)$$

При численном интегрировании угол ψ изменяется в пределах $[\psi_2, \psi_3]$ с шагом $\Delta \psi$.

Используя приведенные расчеты, составим алгоритм для определения усилий, возникающих в ножах при обрезке швейной нитки.

2.4 Алгоритм вычисления реакций N_x , N_y , действующих на подвижный нож, методом численного дифференцирования

Исходные данные.

Константы:

r – радиус скругления лезвия ножа; $r = 0,02$ мм;

x_{01} – координаты центра O_1 скругления лезвия ножа в системе координат xOy , где O – центр скругления лезвия неподвижного ножа.

$x_{01} = 2r = 0,04$;

d – диаметр нитки; $d = 0,41$ мм;

$k_1 = 0,574$ Н – коэффициент уравнения, полученного из эксперимента;

$P = k_1 \cdot \varepsilon$;

$k_2 = 15,533$ Н; $h = -13,075$ – коэффициент уравнения;

$P = k_2 \varepsilon + h$, получено из эксперимента;

$b = 0,1$ мм – ширина лезвия ножа;

$\Delta\psi$ – шаг интегрирования $= 1^\circ = 0,017452$;

Δa – шаг перемещения ножа; a – перемещение ножа; $\Delta a = 0,01$ мм.

Вычисляемые константы:

y_0 – координаты точки O_1 в момент начала резания нитки;

$y_0 = \sqrt{d^2 + 4rd}$.

Переменные:

a – координаты подвижного ножа; $a = 0 \dots y_0$;

y_{01} – координата центра O_1 скругления лезвия ножа в системе координат xOy ;

l – расстояние между O и O_1 ;

D, F, G – координаты уравнения деформации на участке скругления лезвия ножа;

$\varepsilon_1 = D - \sqrt{F - G \cos(\psi_0 - \psi)}$;

ψ_0 – угол между OO_1 и осью OI ;

$\Delta\psi_0 = \angle OO_1A$;

ψ_1, ψ_2 – углы ножа (см. рис. 2.2);

ψ – угол текущий;

ε_1 – деформация на участке скругления лезвия;

ΔN_1 – элементарная сила нормального давления на участке скругления;

$\Delta N_{x1}, \Delta N_{y1}$ – проекция силы ΔN_1 на оси x и y ;

N_{x1}, N_{y1} – проекции суммарной силы давления на нож на участке скругления;

R, T – коэффициенты уравнения деформации нитки ε_2 на плоском участке неподвижного ножа;

$$\varepsilon_2 = R - \frac{T}{\cos\psi};$$

ε_2 – деформация нитки на плоском лезвии;

ψ_3 – угол, ограничивающий плоский участок деформации;

ΔN_2 – элементарная сила нормального давления на плоском участке;

$\Delta N_{x2}, \Delta N_{y2}$ – проекции силы ΔN на оси x и y ;

N_{x1} – проекции суммарной силы давления на нож на плоском участке.

Составлена программа вычислений (2.19), (2.20), (2.26), (2.27) и определены N_x, N_y для нитки Sulky 40 при $d = 0,46$ мм; $r = 0,02$ мм; $\Delta\psi = 0,017452$ рад [109, 110, 111, 112]. Графики изменения N_x, H, N_y , H от перемещения a , мм представлены на рисунке 2.8. Параметр a отсчитывается от положения, соответствующего соприкосновению подвижного ножа с ниткой.

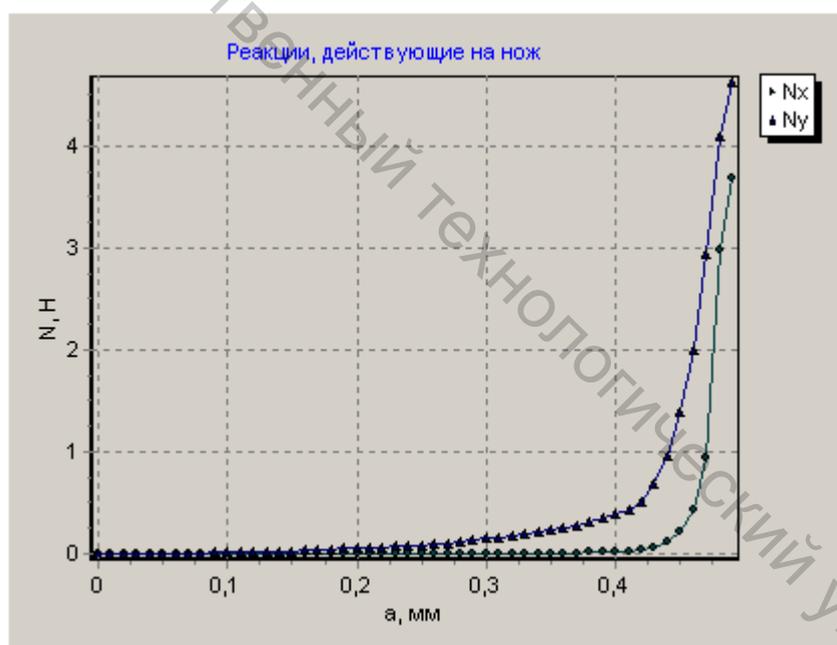


Рисунок 2.8 – Графики изменения N_x, N_y от перемещения a

2.5 Определение величины необходимого натяга ножей для устранения смещения ножа

В процессе обрезки ниток под действием силы N_x происходит деформация ножей и смещение режущих частей по оси x (рис. 2.9). В

результате в заключительной стадии резания лезвия ножей не полностью разрезают нитку.

Кроме того, в реальной конструкции механизма привода подвижного ножа за счет погрешностей изготовления звеньев, зазоров в кинематических парах могут возникать зазоры между плоскостями подвижного и неподвижного ножей, которые тоже приводят к тому, что нитка не разрезается полностью.

Среди технологических воздействий определяющим является смещение ножей под действием силы N_x , возникающей при резании нитки. В случае, когда оба ножа подвижны, под действием силы N_x лезвия ножей в ходе работы смещаются, в результате в заключительной стадии резания лезвия не полностью разрезают нитку. Остаточная толщина неразрезанной части ниток на линии OO_1 определится из равенства [113]

$$\Delta_m = \Delta_{m1} + \Delta_{m2}, \quad (2.30)$$

где Δ_{m1} , Δ_{m2} – соответственно смещение ножа 1 и ножа 2.

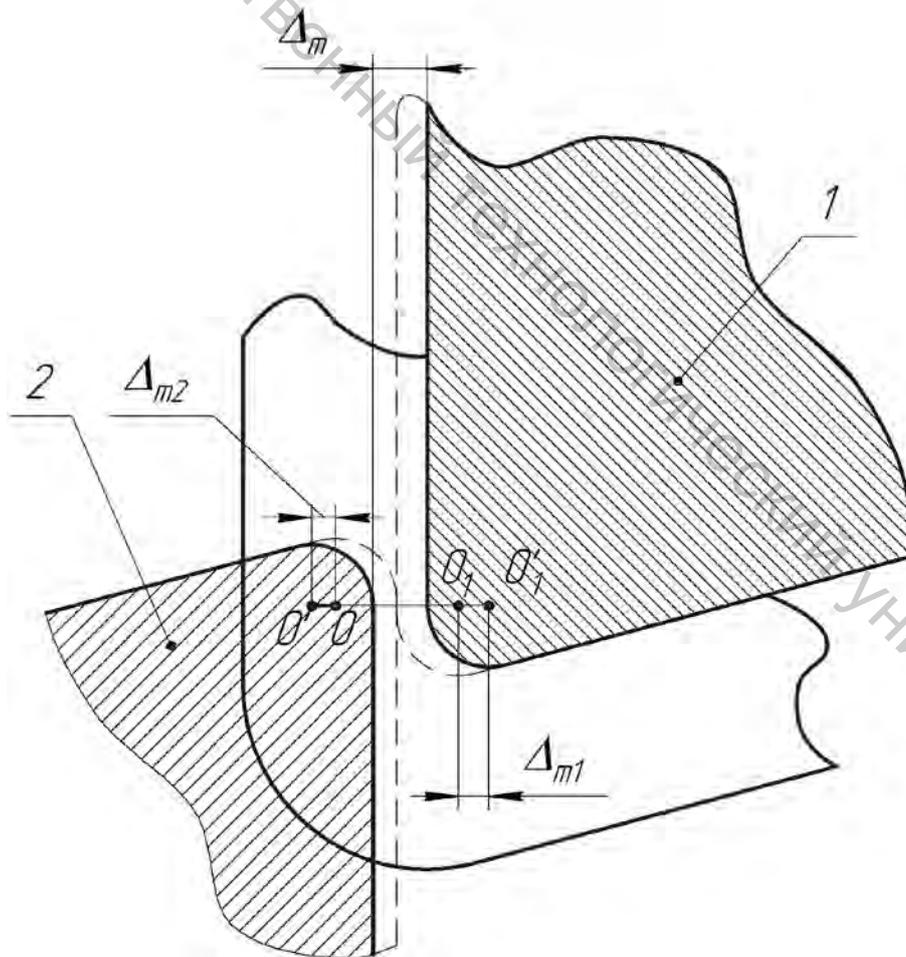


Рисунок 2.9 – Параметры смещения ножей

В случае подвижности только одного ножа считаем, что смещение происходит только у него, то есть $\Delta_m = \Delta_{m1}$.

Обозначим смещение ножей от конструктивных факторов через Δ_k .

Тогда суммарное смещение ножей, вызванное теми или иными параметрами, будет выражено формулами:

для варианта с двумя подвижными ножами

$$\Delta = \Delta_k + \Delta_{m1} + \Delta_{m2}; \quad (2.31)$$

для варианта с одним подвижным ножом

$$\Delta = \Delta_k + \Delta_{m1}; \quad (2.32)$$

Для определения смещений, вызванных технологическими причинами, рассмотрим расчетную схему режущего инструмента, приведенную на рисунке 2.10. Рассматривается случай с одним подвижным и одним неподвижным ножом. Пусть 1 – подвижная деталь, в которой закреплен подвижный нож 2.

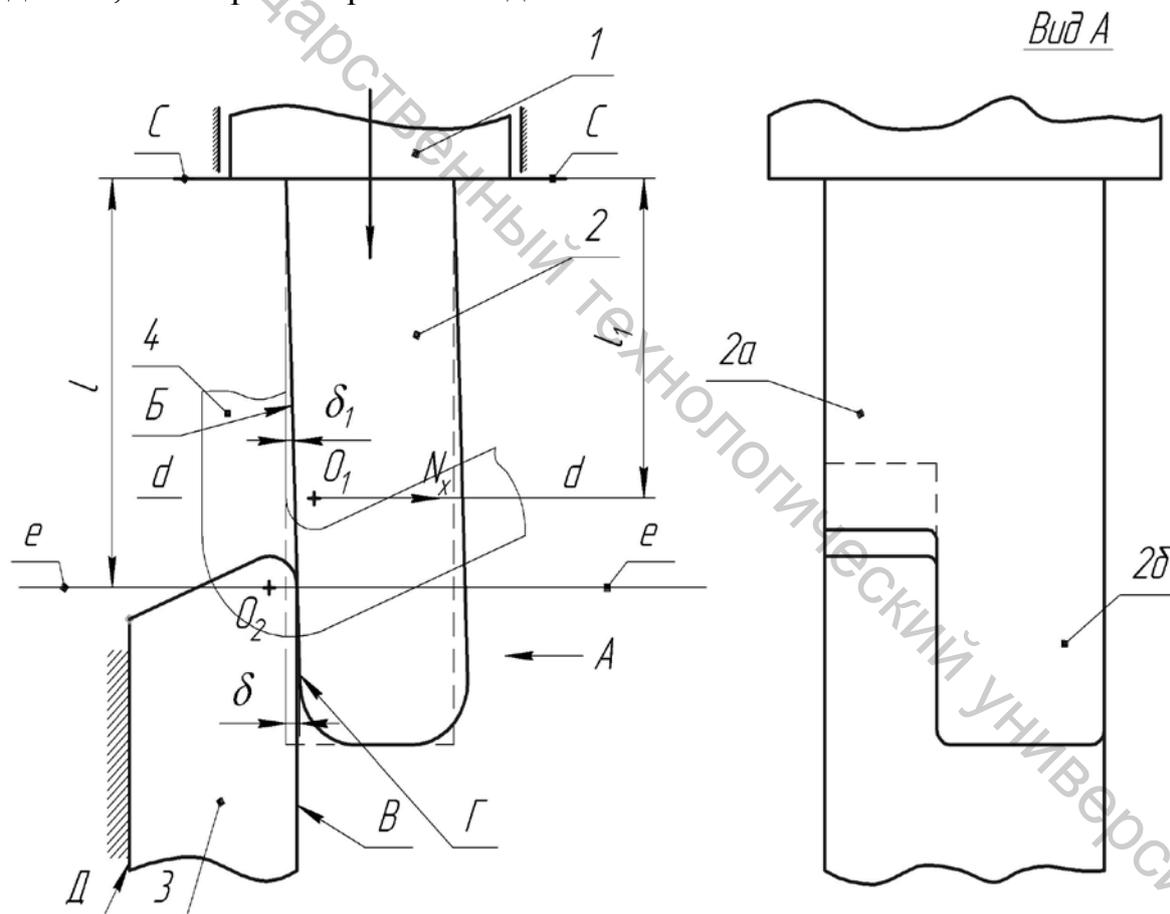


Рисунок 2.10 – Смещение ножей

Подвижный нож имеет режущую часть 2а и опорную часть 2б. Опорная часть своей поверхностью Γ находится в постоянном контакте с поверхностью B неподвижного ножа 3. Последний опирается своей плоскостью D на неподвижное основание и практически не

деформируется в процессе резания нитки 4.

Смещение подвижного ножа может быть вызвано силой N_x , создаваемой ниткой. Смещение ножа в сечении d-d найдется следующим образом:

$$\Delta_{T(d-d)} = \frac{N_x l_1^3}{3EI}, \quad (2.33)$$

где l_1 – расстояние от места крепления подвижного ножа до центра радиуса скругления режущей кромки подвижного ножа, м; E – модуль упругости первого рода материала подвижного ножа, Н/м²; I – момент инерции сечения подвижного ножа, м⁴.

Для сечения e-e, являющегося характерным для обрезки нитки, смещение подвижного ножа составит:

$$\Delta_{T(e-e)} = \frac{N_x l_1^3}{3EI} \cdot \frac{l}{l_1} = \frac{N_x l_1^2 l}{3EI}. \quad (2.34)$$

Для момента начала резания длину l_1 выразим через расстояние l от места крепления подвижного ножа до центра радиуса скругления режущей кромки неподвижного ножа:

$$l_1 = l - (1 - \varepsilon_{сж}) \Delta_M - r_1 - r_2, \quad (2.35)$$

где $\varepsilon_{сж}$ – упругая составляющая относительной деформации сжатия материала (швейной нитки); Δ_M – толщина материала (швейной нитки), м; r_1 – радиус закругления кромки подвижного ножа, м; r_2 – радиус закругления кромки неподвижного ножа, м.

Для большинства случаев в соответствии с формулой (2.35) получим

$$l \approx l_1, \quad (2.36)$$

Тогда формула (2.34) принимает вид

$$\Delta_{T(e-e)} = \frac{N_x l_1^3}{3EI} \cdot \frac{l}{l_1} = \frac{N_x l_1^3}{3EI}. \quad (2.37)$$

Формула (2.37) позволяет с помощью силы полезного сопротивления N_x определять величину смещения ножа в характерном сечении.

Для устранения зазора $\Delta_{T(e-e)}$ в процессе резания необходимо

создать натяг $n_{T(e-e)}$ в сечении $e-e$, не меньший по величине $\Delta_{T(e-e)}$. Этого можно достичь, например, введением регулировки положения подвижного ножа 2 относительно подвижной детали 1 или другими конструктивными мерами.

Величина зазора Δ_k может быть определена при известной конструкции механизма подвижного ножа. Рассмотрим определение Δ_k на примере конструкции механизма подвижного ножа, разработанного для многоголовочного вышивального полуавтомата (см. раздел 2.4).

На рисунках 2.11, 2.12 и 2.13 представлены расчетные схемы, используемые для расчета смещения плоскости подвижного ножа от смещения оси и погрешностей изготовления деталей механизма обрезки ниток.

$$\Delta_k = T_{\sigma} \frac{l}{H} + \sum_{j=1}^m T_{A_j}, \quad (2.38)$$

где T_{σ} – биение в шарнирном соединении ($T_{\sigma} = 0,1 \text{ мм}$); l – расстояние от оси шарнира до линии реза нитки ($l = 86,5 \text{ мм}$); H – высота шарнирного соединения ($H = 30 \text{ мм}$); A_j – параметры размерной цепи (рис. 2.13); A_1 – высота втулки М.02.07 ($A_1 = 1^{+0,05} \text{ мм}$); A_2 – высота держателя М.02.17 ($A_2 = 2_{-0,06} \text{ мм}$); A_3 – толщина подвижного ножа М.02.01; $A_3 = 1_{-0,62} \text{ мм}$; A_4 – толщина лезвия подвижного ножа, $A_4 = 3,8_{-0,62} \text{ мм}$; A_5 – высота неподвижного ножа, $A_5 = 1_{-0,06} \text{ мм}$.

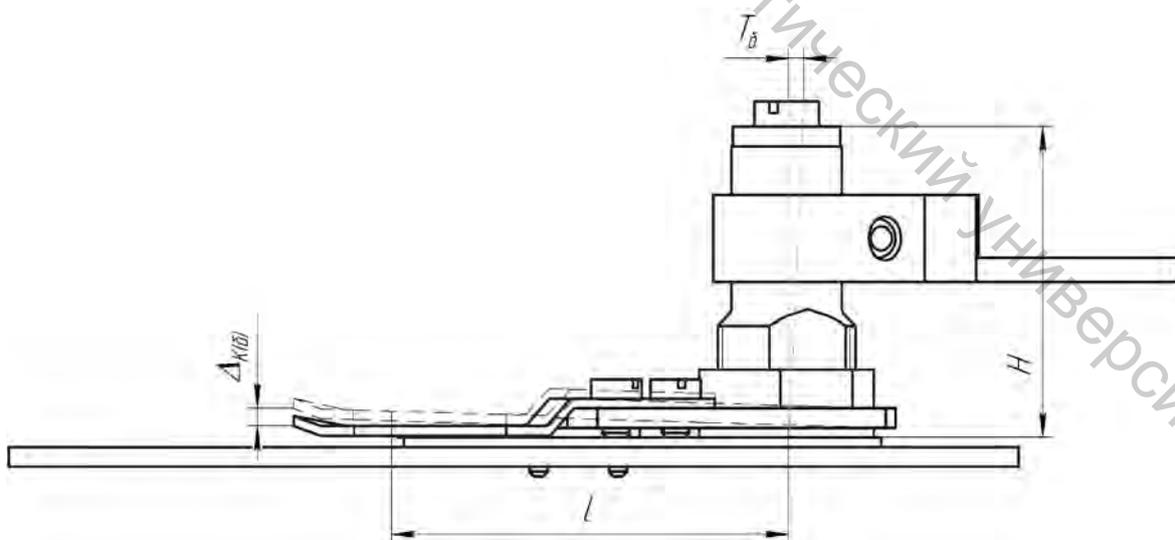


Рисунок 2.11 – Зависимость смещения подвижного ножа от смещения оси

Подставляя в (2.38) указанные значения T_{σ} , l , H и A_j , получим:

$$\Delta_{k_{\min}} = 0,2183 \text{ мм};$$

$$\Delta_{k_{\max}} = 1,19 \text{ мм}.$$

Для единичного производства допускается определять минимальный и максимальный натяг, так как нет возможности определить параметры распределения ошибок.

Определим смещение, вызванное технологическим процессом обрезки:

$$\Delta_m = \frac{N_x l^3}{3EI}, \quad (2.39)$$

где N_x – сила, действующая со стороны ниток; $N_x = 3,67 \text{ Н}$, получена в разделе 2,4 (см. график на рисунке 2.8), I – момент инерции сечения лезвия подвижного ножа; $I = 5 \cdot 10^{-13} \text{ м}^4$.

Подставляя в (2.39) параметры, получим $\Delta_m = 0,0079 \text{ мм}$.

Суммарное смещение

$$\Delta = \Delta_m - \Delta_k = 1,1979 \text{ мм}.$$

Таким образом, получаем, что минимальный натяг, составивший 0,56 мм, должен обеспечить необходимое усилие прижатия, компенсирующее воздействие нитки N_x на подвижный нож.

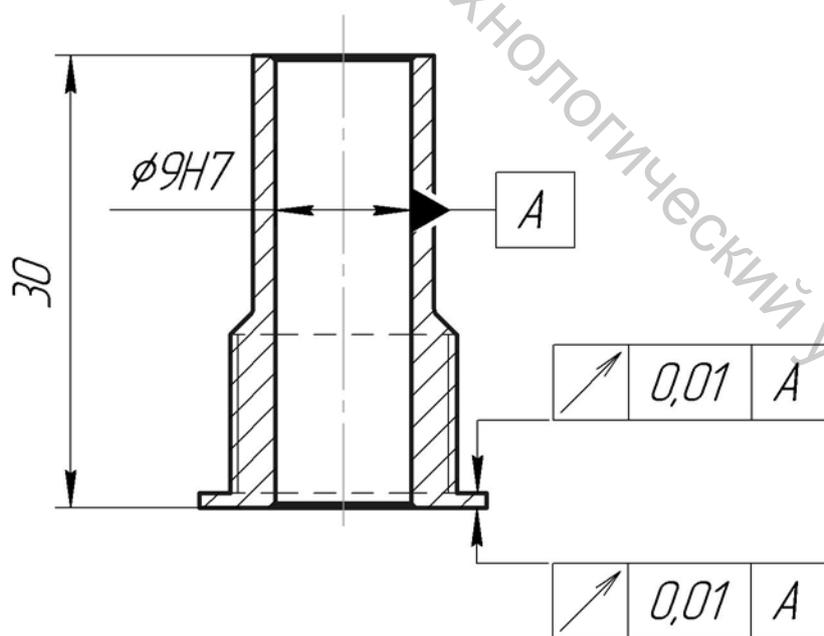


Рисунок 2.12 – Параметры втулки, влияющие на смещение подвижного ножа

Как видим, конструкция ножа предусмотрена такой, что не требуется дополнительных мер для обеспечения натяга между подвижным и неподвижным ножами. Условие гарантированной обрезки выполняется конструктивным исполнением.

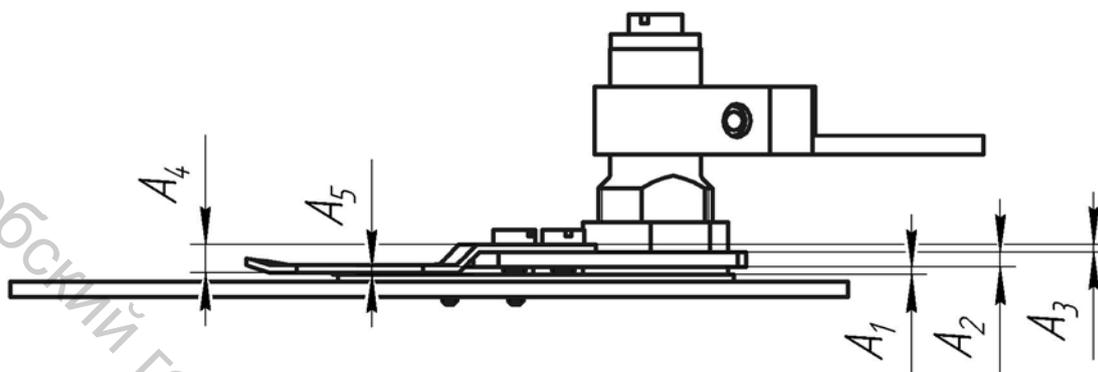


Рисунок 2.13 – Размерная цепь узла крепления подвижного ножа

ВЫВОДЫ

1. Несмотря на большое количество публикаций, до настоящего времени не разработаны научные основы резания швейных ниток, расположенных в зоне резания с натяжением, и, как следствие, отсутствует научно обоснованная методика проектирования механизмов обрезки ниток швейных полуавтоматов.

2. Установлено, что при резании ниток по способу ножниц происходит неполное разрезание всех компонентов нитки в случае недостаточного прижатия плоскостей ножей друг к другу, поэтому для обеспечения полной обрезки разработана расчетная схема всех фаз резания и получены расчетные формулы определения элементарной силы, действующей со стороны нитки на подвижный нож, с учетом механической характеристики разрезаемой швейной нитки.

3. Получены экспериментальным путем зависимости напряжения швейной нитки как функции поперечной деформации сжатия, позволяющие решить дифференциальные уравнения изменения силы, действующей со стороны нитки на подвижный нож.

4. Получены и решены дифференциальные уравнения изменения силы, действующей на нож со стороны нитки, при условии резания нитки, расположенной на лезвии ножа с натяжением, по способу ножниц. Дифференциальные уравнения решены численным методом по разработанному алгоритму при ограничениях [0,00 ... 0,18] мм на величину хода подвижного ножа при резании. Составлена компьютерная программа на объектно-ориентированном языке Delphi, позволяющая получить значения силы, действующей на нож, как

функции перемещения подвижного ножа. Эта сила для вышивальных ниток оценивается в пределах от минимального 1 до 12 Н в случае ухудшения условий резания: затупления ножей, совместного резания игольной и челночной ниток.

5. Составлено условие гарантированной обрезки нитки на механизме обрезки швейного полуавтомата, учитывающее технологические и конструктивные параметры процесса и механизма. В соответствии с составленным условием проведен расчет возможных смещений подвижного ножа относительно неподвижного для разработанного механизма обрезки нитки. По расчету величина возможных смещений ($\Delta_{\max} = 0,06 \text{ мм}$) оказалась меньше предусмотренного размерной схемой натяга ($\delta_{\min} = 0,39 \text{ мм}$), что свидетельствует о том, что разработанная конструкция узла ножа обеспечивает компенсацию смещений подвижного ножа относительно неподвижного.

3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРЕЗКИ НИТОК ВЫШИВАЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА С МПУ

Проектирование отечественных полуавтоматов возможно при наличии строго разработанных методик проектирования отдельных механизмов полуавтоматов. В специальной отечественной и зарубежной литературе отсутствуют методики по разработке механизмов обрезки ниток швейных полуавтоматов с МПУ. В настоящем разделе представлена научно обоснованная методика проектирования механизмов обрезки ниток, содержащая подробные расчетные и экспериментальные рекомендации для возможности разработки механизмов обрезки ниток при проектировании новых вышивальных полуавтоматов с МПУ.

Методика относится к механизмам цикловой обрезки методом ножниц, так как она не требует дополнительного времени вне пределов цикла шитья. В производстве распространены механизмы обрезки ниток с приводом от кулачковых механизмов. Согласно исследованиям шаговые двигатели могут оптимизировать процесс обрезки за счет введения остановок и пауз.

На основании работ [14] и [19] и исследований структуры механизмов обрезки ниток, аналитического описания процесса резания швейной нитки и экспериментальных исследований рабочего процесса резания ниток, сформулируем основные этапы проектирования, которые послужат базой для методики проектирования механизмов обрезки ниток вышивального полуавтомата с МПУ. Данная методика внедрена на предприятии РБ. Приведенная методика может быть применима при проектировании механизмов обрезки швейных полуавтоматов с МПУ.

3.1 Основные этапы проектирования механизма автоматической обрезки ниток

3.1.1 Исходные требования на проектирование механизма

Технологические требования

1. Длина нитки, остающейся в игле после обрезки, должна быть достаточной для устойчивого образования первого челночного стежка без выдергивания нитки из ушка иглы.

2. Длина остатка игольной нитки, остающейся на лицевой поверхности материала при выполнении первого стежка после обрезки, не должна превышать заданного значения.

3. Длина остатка игольной нитки, остающейся на изнаночной стороне материала в начале строчки, не должна превышать заданного значения.

4. Длина нитки, остающейся в челноке после обрезки, должна быть достаточной для устойчивого процесса образования первого челночного стежка.

5. Длина остатка челночной нитки на изнаночной стороне материала не должна превышать заданного значения.

6. Время t , в течение которого срабатывает приспособление для обрезки ниток, должно быть равно или меньше некоторого времени $t_{эф}$, начиная с которого применение устройства для обрезки ниток становится экономически эффективным (по сравнению с ручной обрезкой).

Конструктивные требования

1. Механизм должен быть создан по блочно-модульному принципу.

2. Механизм должен состоять из шагового электродвигателя, передаточного механизма, режущего устройства.

3. Система управления ШД механизма автоматической обрезки должна быть интегрирована в систему МЗПУ полуавтомата.

4. Полуавтомат, для которого разрабатывается механизм автоматической обрезки, должен быть оснащен системой управления и автоматизированным приводом, обеспечивающим регулирование скорости, останов иглы в заданном положении.

5. Режущее устройство не должно препятствовать работе других механизмов полуавтомата.

6. В механизме должен быть обеспечен доступ к местам регулировки и смазки.

7. В механизме должен регулироваться натяг режущих кромок ножей.

Эксплуатационные требования

1. Стойкость ножей обрезки ниток без перезаточки – не менее 60 рабочих смен.

2. На 100 циклов срабатываний автоматических устройств допускается не более одного из следующих сбоев в работе: необрезка ниток; выдергивание нити из ушка иглы.

3.1.2 Выбор конструкции режущих ножей. Экспериментальное определение механических характеристик сжатия исследуемой нитки. Определение сил резания нитки

Используя классификацию и сведения, приведенные в первом разделе, подбираем конструкцию ножа. Далее экспериментально определяются механические характеристики сжатия исследуемой нитки по методике, изложенной в пункте 2.2. Используя алгоритм, изложенный во втором разделе, находим силы, действующие на нож со стороны нитки для условий резания нитки, расположенной на лезвиях ножа с натяжением.

3.1.3 Разработка конструкции механизма ножа с учетом минимизации натягов

Используя условие гарантированной обрезки нитки на механизме обрезки швейного полуавтомата, учитывающее технологические и конструктивные параметры процесса и разрабатываемого механизма, разрабатываем конструкцию механизма обрезки. При этом руководствуемся условием минимизации натягов.

3.1.4 Выбор механизма привода ножей с шаговым электроприводом

На основании материалов, изложенных в первом разделе, проектируем привод механизма ножей с шаговым электроприводом.

3.1.5 Расчет технологических параметров механизма автоматической обрезки ниток

Проводим расчет технологических параметров механизма с учетом конструктивных и кинематических особенностей головки швейной машины (таких как кинематика челнока, нитепритягивателя и конструктивные особенности механизма игловодителя и диаграмм подачи и потребления). При этом ставится задача обеспечить стабильность длин остатков нитки и требований, изложенных в части 4.1.1.

3.1.6 Разработка тактограммы работы механизма

Для обеспечения стабильности процесса обрезки ведется разработка тактограммы работы механизма во взаимодействии его с основными исполнительными механизмами машины. Для улучшения условий обрезки и минимизации натяжения игольной нитки необходимо использовать возможности шагового электропривода машины для остановки главного вала. На этой стадии возможно проведение экспериментов, направленных на минимизацию натяжения игольной нитки в процессе ее захвата, выбирания и резания.

3.1.7 Оптимизация кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки ниток

Проведена оптимизация кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки ниток.

На основании приведенных работ решается задача оптимизации кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки ниток с целью минимизации времени срабатывания механизма.

3.2 Проектирование механизма автоматической обрезки ниток многоголовочного вышивального полуавтомата

Была разработана модернизированная конструкция вышивального полуавтомата фирмы «Текстима». Для этого полуавтомата была разработана конструкция механизма автоматической обрезки ниток. Полуавтомат с разработанным механизмом был внедрен в производство и находится в эксплуатации на предприятии РБ. Разработка механизма автоматической обрезки ниток на многоголовочном вышивальном полуавтомате велась в соответствии с вышеописанной методикой.

В последующих подразделах изложены основные сведения по проектированию механизма в соответствии с методикой.

3.2.1 Исходные требования, предъявляемые к механизму

Технологические требования

Технологические требования, предъявляемые к остаткам нитки

на модернизируемом вышивальном полуавтомате, не такие жесткие, как для большинства полуавтоматов, так как количество стежков в строчке зачастую превышает несколько сотен, а число циклов обрезки, как правило, равно единице.

1. Длина нитки, остающейся в игле после обрезки, должны быть не более 80 мм.

2. Длина остатка игольной нитки, остающейся на лицевой поверхности материала при выполнении первого стежка после обрезки, не должна превышать 50 мм.

3. Длина остатка игольной нитки, остающейся на изнаночной стороне материала в начале строчки, не должна превышать 50 мм.

4. Длина нитки, остающейся в челноке после обрезки, должна быть не более 80 мм.

5. Длина остатка челночной нитки на изнаночной стороне материала не должна превышать 50 мм.

6. Время t , в течение которого срабатывает приспособление для обрезки ниток, должно быть минимальным.

Конструктивные требования

1. Учитывая, что ведется модернизации на базе существующего полуавтомата, механизм должен быть создан по блочно-модульному принципу.

2. Механизм должен состоять из шагового электродвигателя, передаточного механизма, режущего устройства.

3. Система управления шаговым двигателем механизма автоматической обрезки должна быть интегрирована в систему МПУ полуавтомата.

4. Полуавтомат, для которого разрабатывается механизм автоматической обрезки, должен быть оснащен системой управления и автоматизированным приводом, обеспечивающим регулирование скорости, останов иглы в заданном положении.

5. Режущее устройство не должно препятствовать работе других механизмов полуавтомата.

6. В механизме должен быть обеспечен доступ к местам регулировки и смазки.

7. В механизме должен регулироваться натяг режущих кромок ножей.

Эксплуатационные требования

1. Стойкость ножей обрезки ниток без перезаточки – не менее 60 рабочих смен.

2. На 100 циклов срабатываний автоматических устройств

допускается не более одного из следующих сбоев в работе: необрезка ниток; выдергивание нити из ушка иглы.

3.2.2 Выбор конструкции режущих ножей. Экспериментальное определение механических характеристик сжатия исследуемой нитки. Определение сил резания нитки

Данная задача решается с учетом конкретной швейной головки полуавтомата, для которой разрабатывается механизм. Для пояснения этапов данного раздела далее приведено проектирование на примере модернизации вышивального полуавтомата «Текстима».

Машина относится к швейным машинам с плоской платформой, вид стежка челночный, челнок качающийся. Модернизируемая машина – вышивальная, поэтому над плоскостью игольной пластины двигаются пальца, что делает применение отдельной обрезки нецелесообразным.

Модернизация полуавтомата производится путем внедрения МПУ для перемещения координатного устройства с шаговыми электродвигателями, для привода исполнительных механизмов. Использование для управления механизмом автоматической обрезки микропроцессорного управления не приводит к незначительному усложнению управляющей системы.

В классификационной схеме остается ряд пунктов, которые выбираются исходя из конструктивных соображений. Для упрощения конструкции выбран метод совместной обрезки игольной и челночной ниток. Используя возможности МПУ, выбирается цикловой способ обрезки, так как взаимная согласованность процесса обрезки нитки с процессом петлеобразования дает дополнительный положительный эффект, суть которого поясняется ниже. Расположение ножей выбрано под игольной пластиной, так как расположение над игольной пластиной значительно усложнит привод, а расположение в игольной пластине нецелесообразно из-за необходимости формирования необходимых остатков ниток. По количеству ножей устройство относится к многоножевому, так как состоит из шести пар подвижных и неподвижных ножей. Обрезка будет производиться при прямом ходе ножа, так как нет необходимости минимизировать расстояние между неподвижным и подвижным ножами. Форма подвижных ножей выбрана плоской с элементами объема.

Выберем конструкцию ножа исходя из выполняемых функций. Подвижный нож должен захватить одну ветвь игольной нитки в момент образования петли напуска и захватить челночную нитку,

обеспечить их транспортирование для формирования достаточных остатков нитки в зону резания к неподвижному ножу.

Далее экспериментально определяются механические характеристики сжатия исследуемой нитки по методике, изложенной в пункте 2.2. Используя изложенный математический аппарат, находим силу, действующую на нож со стороны нитки, для условий резания нитки, расположенной на лезвиях ножа с натяжением.

Описание конструкции и работы разработанной установки для экспериментального определения механических характеристик сжатия исследуемой нитки изложены в разделе 2.2 данной работы.

Для реализации алгоритма по определению сил резания нитки, описанного в разделе 2.4, разработан программный продукт в среде объектно-ориентированного языка Delphi под именем MechCut.

На рисунке 3.1 а представлено главное диалоговое окно программы MechCut. В этом диалоговом окне возможно введение основных параметров проектируемого механизма, таких как радиус скругления ножа ($r = 0,001 \dots 1$ мм), координата центра скругления ножа, ширина лезвия ножа, шаг перемещения ножа. Также вводятся параметры нити (нитки), для которой разрабатывается механизм обрезки: диаметр нити (нитки) и данные, полученные из эксперимента.

Далее (рис. 3.1 б) в автоматическом режиме строится график зависимости $P = f(\varepsilon)$, вычисляются коэффициенты, которые выводятся в основном окне программы (рис. 3.1 а). Точки графика соединяются линией по методу интерполяции.

На третьей вкладке (рис. 3.1 в) представлены результаты расчета на основе математического дифференцирования функций:

$$\left. \begin{aligned} dN_x &= \frac{k_1 r}{b} \varepsilon \cos \psi d\psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ dN_x &= \frac{k_1 r}{b} \varepsilon \cos \psi d\psi + \frac{hr}{b} \cos \psi d\psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\},$$

$$\left. \begin{aligned} dN_y &= \frac{k_1 r}{b} \varepsilon \sin \psi d\psi, \text{ если } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_0 \\ dN_x &= \frac{k_1 r}{b} \varepsilon \sin \psi d\psi + \frac{hr}{b} \sin \psi d\psi, \text{ если } \varepsilon_0 \leq \varepsilon \leq 1 \end{aligned} \right\}.$$

Точки получаются в результате вычислений величин N_x и N_y для соответствующих значений перемещения ножа. Рассчитываются силы N_x и N_y .

Данные в программу необходимо вводить для каждого из исследуемых образцов ниток.



а



б

Рисунок 3.1 – Интерфейс программы MechCut:
 а – график деформации нити (нитки) $P = f(\epsilon)$,
 б – график реакций, действующих на нож со стороны нити (нитки)

3.2.4 Выбор механизма привода ножей с шаговым электроприводом

Модернизация полуавтомата производится путем внедрения МПУ для перемещения координатного устройства с шаговыми электродвигателями, для привода исполнительных механизмов. Использование для управления механизмом автоматической обрезки микропроцессорного управления не приводит к значительному усложнению управляющей системы.

Структура механизма автоматической обрезки ниток выбирается исходя из принципа модульности этих механизмов. Необходимо все механизмы разработать таким образом, чтобы они могли разместиться на съемных деталях швейной головки – фронтальной доске и игольной пластине, что не потребует обработки рукава швейной головки. Привод механизма ножей желательно смонтировать на нижней поверхности стола.

Разработка структуры механизма автоматической обрезки нитки произведена в разделе 1.4.2.

3.2.5 Расчет технологических параметров механизма автоматической обрезки ниток

Проводим расчет технологических параметров механизма с учетом конструктивных и кинематических особенностей головки швейной машины (таких как кинематика челнока, нитепритягивателя и конструктивные особенности механизма игловодителя и диаграмм подачи и потребления). При этом ставится задача обеспечить стабильность длин остатков нитки и требований, изложенных в части 3.1.1.

Определение хода ножа

На рисунке 3.3 подвижный нож показан в трех положениях: исходном крайне правом, среднем в момент захвата петли игольной нитки, крайне левом положении – после обрезки игольной и челночной ниток.

Рабочая часть ножа состоит из трех частей: носика А, предназначенного для входа в петлю игольной нитки, наклонной части В, предназначенной для удержания петли игольной нитки, режущей кромки С, которая во взаимодействии с режущей кромкой

неподвижного ножа производит обрезку игольной и челночной ниток.

Исходное положение ножа выбирается из конструктивных соображений: нож должен располагаться настолько правее, насколько позволяет конструкция игольной пластины и платформы.

В среднем положении биссектриса угла, образуемого носиком, должна располагаться перпендикулярно плоскости, образуемой ветвями игольной нитки в момент входа носика. В крайне левом положении подвижного ножа наклонная режущая часть В должна обрезать игольную и челночную нитки таким образом, чтобы длина нитки, остающейся в игле, и длина челночной нитки, остающейся в шпулке, были бы достаточными для образования следующего после обрезки челночного стежка.

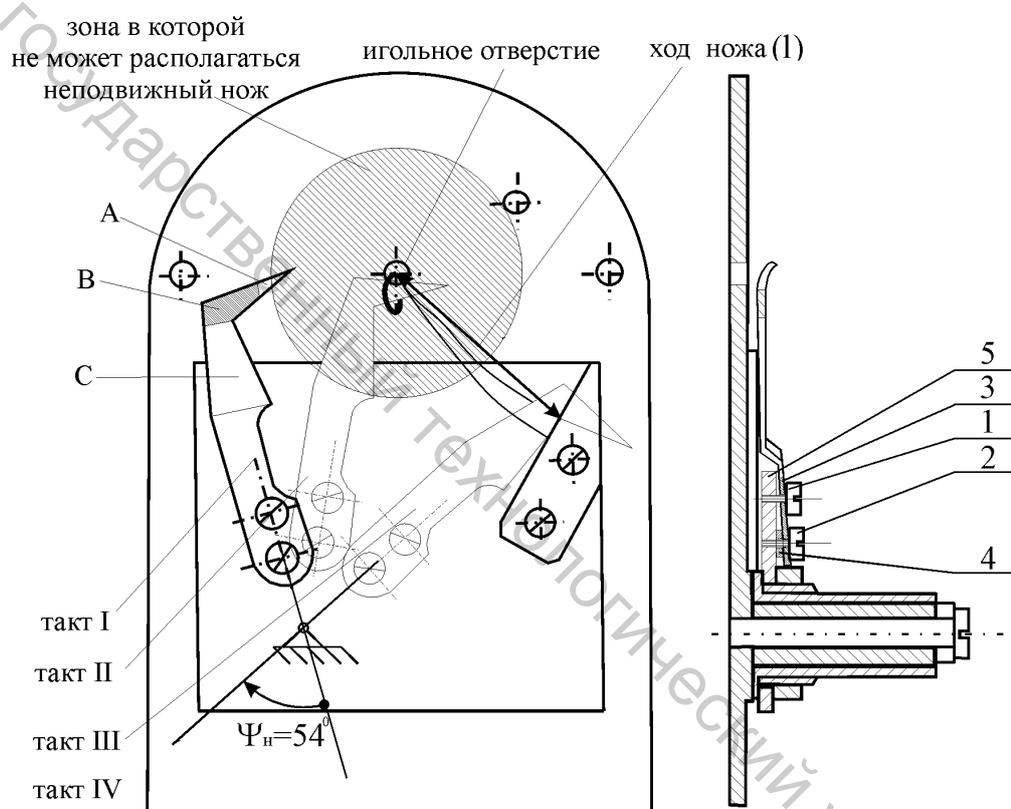


Рисунок 3.3 – Схема механизма обрезки с обозначением положения подвижного ножа при различных тактах работы многоголовочного вышивального полуавтомата

Винтами 1 и 2 (рис. 3.3) обеспечивается соединение подвижного ножа 3 с кронштейном 5. Усилие прижатия подвижного ножа к неподвижному регулируется толщиной шайбы 4.

Определение длины нитки, остающейся в игле после обрезки

На рисунке 3.4 показана трасса игольной нитки от ушка иглы А

до точки обрезки B_H (после обрезки).

Длина AB_H длинной ветви, остающейся в игле, определится из формулы

$$AB_H = \sqrt{S_{CT}^2 + (h_0 - h)^2} + h + \delta + S_{CT} + l, \quad (3.1)$$

где S_{CT} – шаг стежка, $S_{CT} = 1 \dots 6$ мм; h_0 – расстояние от игольной пластины до ушка иглы в момент обрезки игольной нитки; h – толщина материала, $h = (1 \dots 2,5)$ мм; δ – толщина игольной пластины, $\delta = 3$ мм; l – длина игольной нитки на участке: отверстие для иглы до точки обрезки B_H (рис. 3.4), $l = 32$ мм.

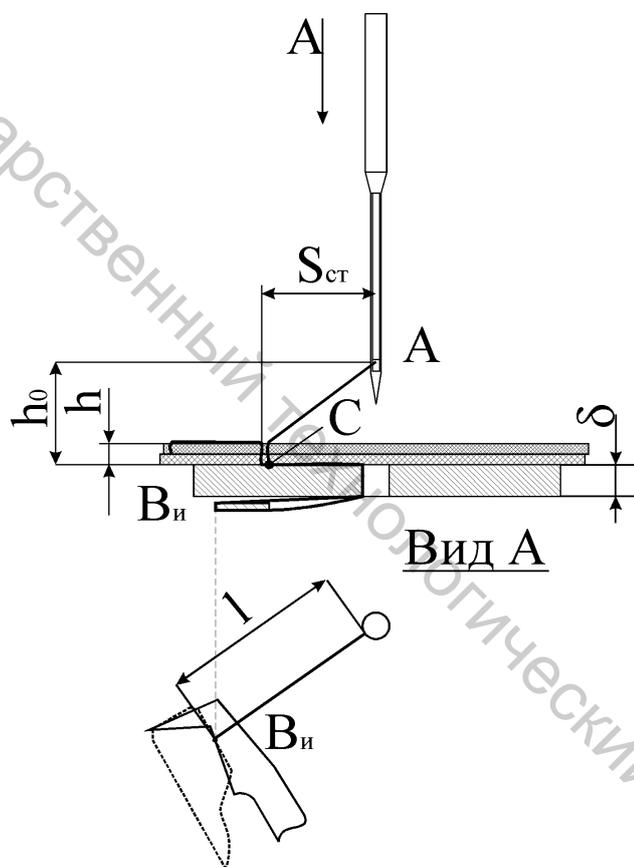


Рисунок 3.4 – Схема к расчету длины игольной нитки AB_H

Для определения h_0 воспользуемся графиками перемещения иглы и подачи нитки, полученными расчетным и экспериментальным методами (рис. 3.5).

По оси абсцисс графиков отложим угол φ , определяющий положение кривошипа механизма иглы. За начало отсчета φ принято положение кривошипа при верхнем положении иглы. Координаты y_u ушка иглы отложены по оси ординат, за начало отчета принято крайнее

верхнее положение иглы.

Длина S освобождаемой нитепритягивателем игольной нитки откладывается по оси ординат. Из графиков следует, что к моменту затяжки стежка $\varphi = 80^\circ$ игла опускается из крайнего верхнего положения на величину $h_g = 11,75$.

Полученный результат проверим, используя уравнение перемещения иглы [18]:

$$h_g = R(1 - \cos \varphi) - \frac{R^2}{2P} \sin^2 \varphi,$$

где R – длина кривошипа (16,5 мм); φ – угол поворота кривошипа; P – длина шатуна (70 мм).

За начало отсчета принято положение кривошипа при верхнем положении иглы. В результате проверочного расчета получено $h_g = 11,75$.

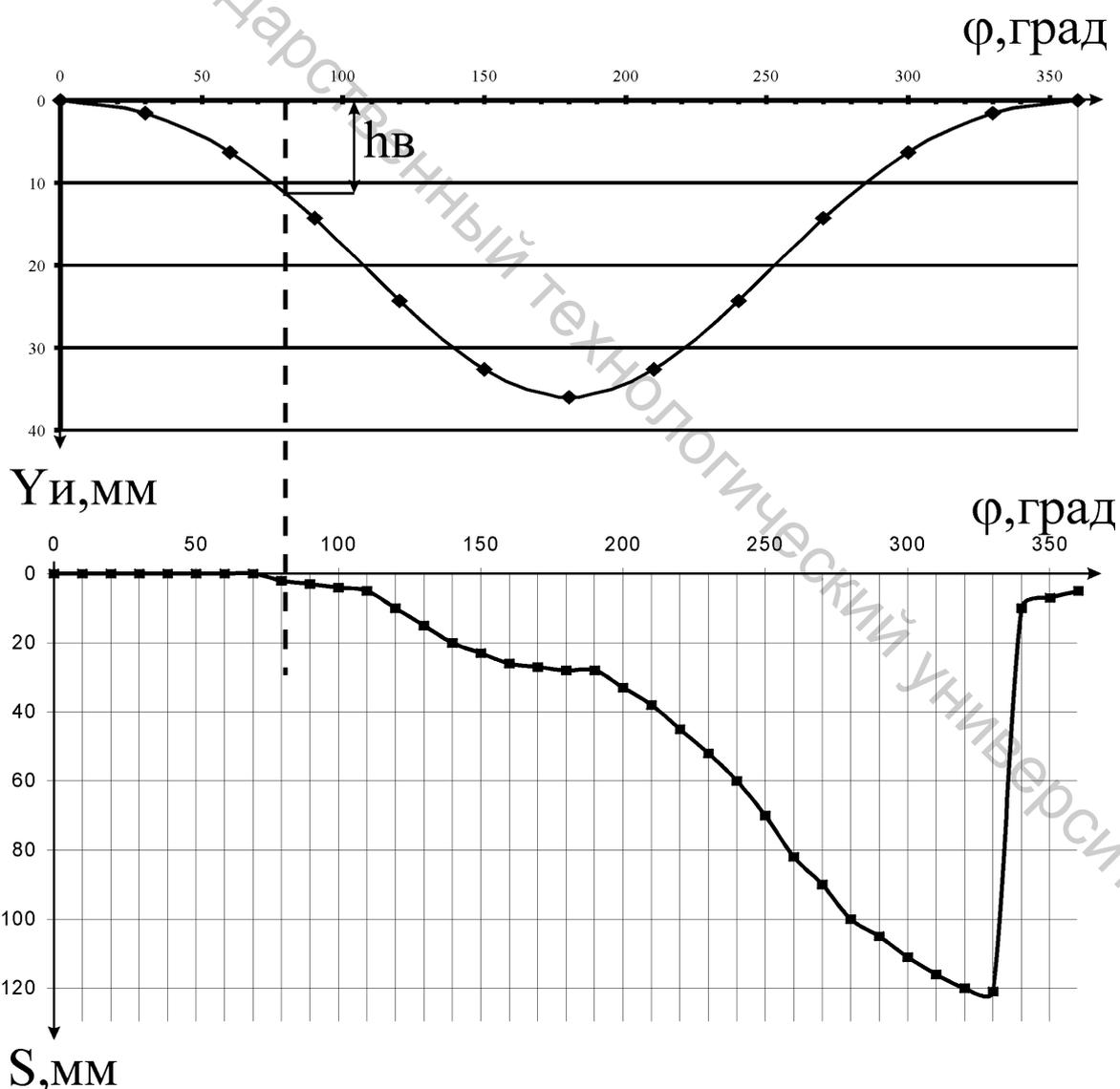


Рисунок 3.5 – График движения иглы и диаграмма подачи игольной нитки

Для определения h_0 воспользуемся схемой на рисунке 3.6, где обозначены:

r – радиус окружности носика челнока, $r = 18$ мм; L – расстояние от центра вращения челнока до игольной пластины, $L = 21,5$ мм.

Тогда

$$h_0 = h_u - h_g - (L - r) - \Delta y - \delta, \quad (3.2)$$

где h_u – ход иглы, согласно рисунку 4.6 $h_u = 36$ мм, $h_g = 11,7$ мм; Δy – петельный ход иглы, $\Delta y = 2,5$ мм.

Подставив значения h_u , L , r и Δy , получим:

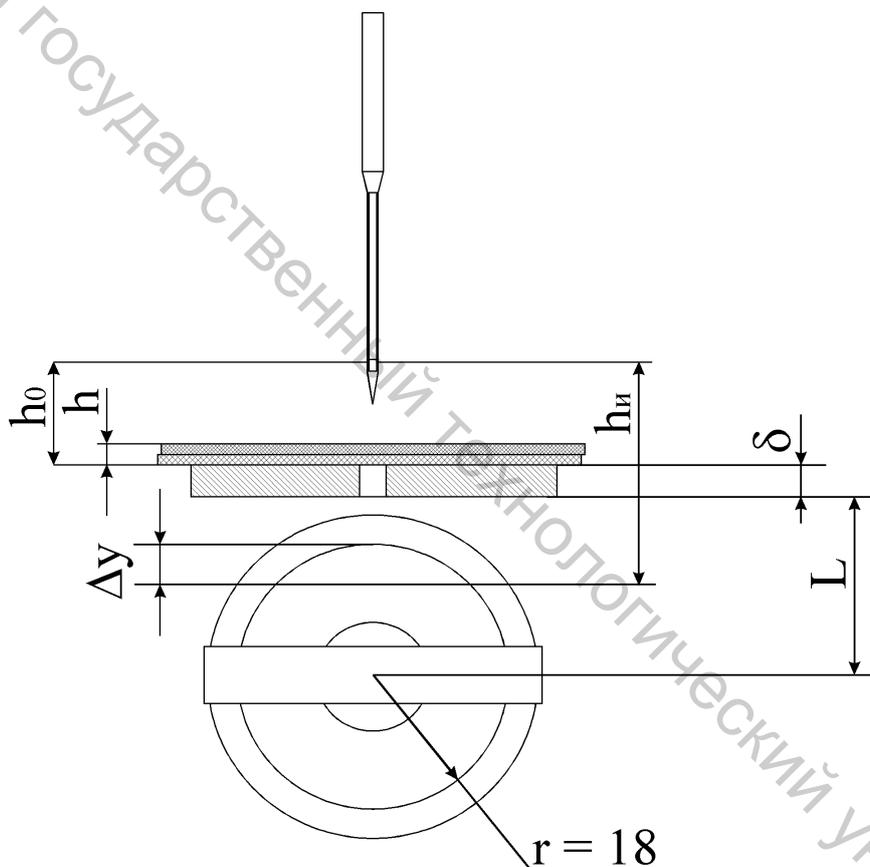


Рисунок 3.6 – Схема для определения h_0

$$h_0 = 36 - 11,7 - (21,5 - 18) - 2,5 - 3 = 15,3 \text{ мм.}$$

Подставив в формулу (4.1) значения $S_{cm} = 1$ мм, $h_0 = 15,3$ мм, $h = 1$ мм, $\delta = 3$ мм, $l = 32$ мм, получим $AB_u = 51,3$ мм.

Минимальная длина AB_u , при которой имеет место устойчивый процесс образования первого челночного стежка без выдергивания нитки из ушка иглы, определяется из схемы, приведенной на рисунке 4.7.

$$AB_{u\min} = \sqrt{(h_0 - h)^2 + S_{cm}^2} + h. \quad (3.3)$$

Подставив в формулу $h_0 = 15,3$ мм; $S = 1$ мм, $h = 1$ мм, получим:
 $AB_{u\min} = 15,3$ мм.

Таким образом, длина конца нитки AB_u , остающейся в игле после обрезки, значительно (на 36 мм) превышает минимально необходимую.

Избыток нитки переходит в остаток нитки $B_u B'_u$ (рис. 3.7), остающейся на лицевой поверхности материала при выполнении первого стежка после обрезки.

$$B_u B'_u = AB_u - AB_{u\min} = 50,3 - 15,3 = 36 \text{ мм}.$$

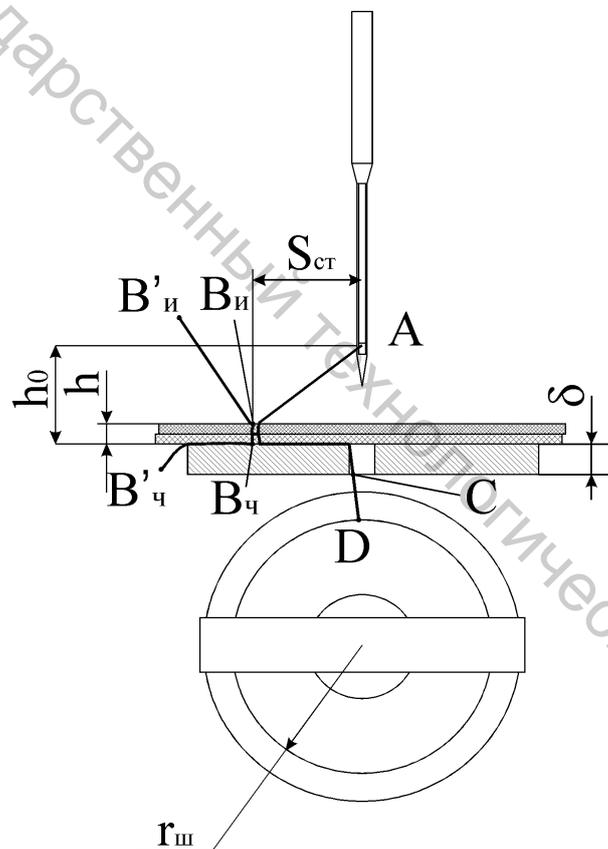


Рисунок 3.7 – Схема к расчету минимальной длины конца игольной нитки и длины остатка нитки на лицевой поверхности материала в начале строчки

Остаток нитки $B_u B'_u$ должен удаляться с лицевой поверхности, что требует выполнения дополнительного технологического перехода.

Длина остатка игольной нитки $B_u C$, остающейся на изнаночной стороне материала в начале строчки, определяется согласно рисунку

3.3:

$$B_u C = l + \delta + S_{cm} = 36 \text{ мм.} \quad (3.4)$$

Определение длины нитки, остающейся в челноке после обрезки

На рисунке 3.8 показана трасса CB_u челночной нитки в момент ее обрезки.

На схеме обозначены: $d_{ш}$ – диаметр шпули ($d_{ш} = 30$ мм), $B_u D$ и $B'_u D$ – проекции длины нитки, остающейся в челноке.

Длина нитки, остающейся в челноке после обрезки, определяется:

$$B_u D = \sqrt{l^2 + \left(L - \frac{d_{ш}}{2}\right)^2} = 32,8 \text{ мм.} \quad (3.5)$$

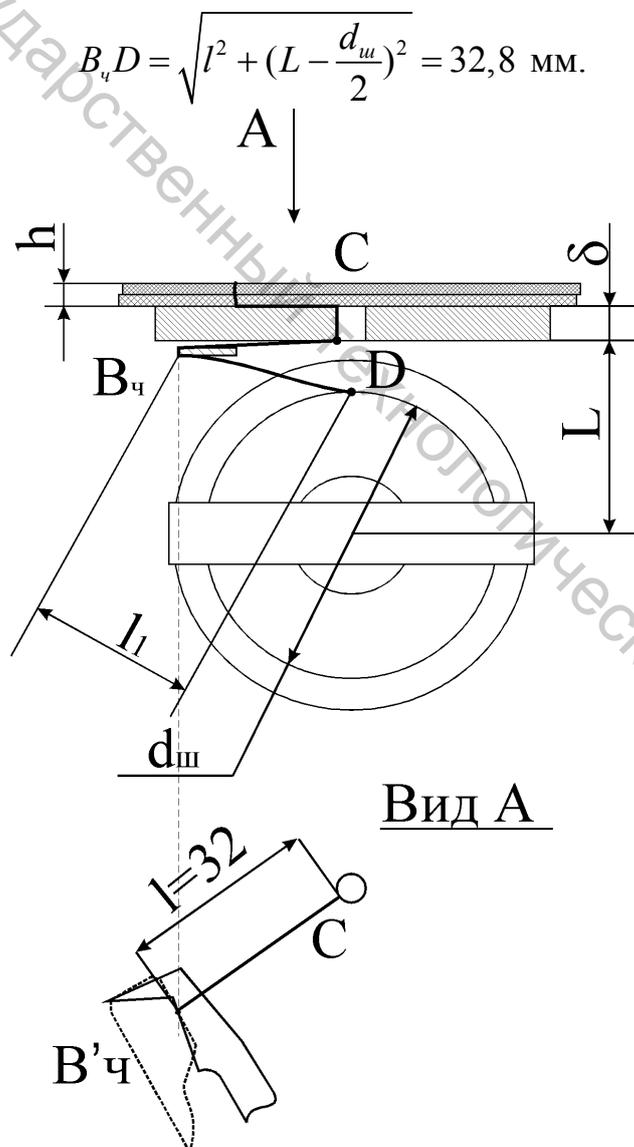


Рисунок 3.8 – Схема для определения CB_u

Определим минимально необходимую для образования первого после обрезки стежка длину нитки в челноке (рис. 3.8):

$$B_q D_{\min} = h + S_{cm} + \delta + \left(L - \frac{d_{ш}}{2}\right) = 12 \text{ мм.} \quad (3.6)$$

Остающийся запас челночной нитки переходит в остаток челночной нитки на изнаночной стороне материала:

$$B_u B'_u = 20,8 \text{ мм.}$$

3.2.6 Экспериментальное исследование технологических параметров механизма автоматической обрезки

В целях проверки механизма на надежность [2] и определения параметров, определяющих качество обрезки, было проведено 100 опытов на макете, который представляет собой одну головку вышивальной машины. Машина оснащена автоматизированным приводом, включающим в себя и механизм автоматической обрезки нитки.

В процессе испытаний вышивалась Г-образная строчка с последующей обрезкой. В каждом из опытов измерялось 3 параметра:

AB_u (рис. 3.4) – длина игольной нитки, остающейся в игле после обрезки.

$B_q D$ (рис. 3.8) – длина нитки, остающейся после обрезки в челноке.

$B_u B'_u$ (рис. 3.7) – длина остатка игольной нитки, остающейся на лицевой стороне материала в начале строчки.

Результаты экспериментов приведены в приложении Г.

В результате проведенных опытов не произошло ни одного обрыва нитки. В одном случае было зафиксировано необразование первого стежка, что не повлияло на визуальную сторону вышивки и может быть отнесено на случайные факторы.

Анализ результатов эксперимента

Полученные результаты анализируем с помощью пакета Statistica for Windows [130]. Результаты статистической обработки представлены в приложении Е.

Следует отметить расхождение средних значений технологических параметров, полученных экспериментально, от расчетных.

Таблица – 3.1 Технологические параметры, получаемые при обрезке на многоголовочном вышивальном полуавтомате с МПУ

Параметры	Расчетное значение, мм	Среднее экспериментальное значение, мм
AB_u	51,3	38,5
B_qD	32,8	35,2
$B_uB'_u$	36 (21)	11,7

Экспериментальное значение длины AB_u конца игольной нитки (38,5 мм) существенно меньше расчетного (51,3 мм) по следующим причинам: в процессе удерживания петли игольной нитки наклонной частью B ножа (рис. 3.4) продолжается процесс обвода игольной нитки вокруг шпундодержателя, при этом натяжение игольной нитки существенно возрастает за счет дополнительных перегибов нитки вокруг рабочей части ножа, происходит деформация нитки, в результате длина нитки AB_u уменьшается после обрезки за счет снятия дополнительного натяжения.

Подача игольной нитки нитепритягивателем происходит со значительным запасом (10 ... 25 мм). За счет дополнительного натяжения игольной нитки часть запаса нитки перетягивается на ту часть ветви, которая остается в ушке иглы; нитепритягиватель перемещается в крайнее верхнее положение и выбирает недостаток нитки с ветви, которая остается в игле.

Расхождение экспериментального и теоретического значения параметра B_qD можно отнести к статистической погрешности:

$$\Delta = \frac{B_qD(\text{теор.}) - B_qD(\text{практ.})}{B_qD(\text{теор.})} \cdot 100\% = -7,32\%.$$

Экспериментальное значение длины $B_uB'_u$ игольной нитки (11,7 мм) существенно меньше расчетного (21 мм) по следующим причинам:

1) в процессе образования второго стежка нитепритягиватель выбирает нитку и затягивает второй стежок, а также затягивает первый, это возможно из-за малой толщины материала (в процессе вышивания) и недостаточности сил трения нитки по материалу, для того чтобы предотвратить процесс вытягивания;

2) за счет того, что фактическое значение AB_u меньше расчетного на 11,8 мм.

Измеряемые величины являются случайными, распределенными по нормальному закону, что свидетельствует о влиянии на эти величины множества факторов: натяжение ниток, трение, ошибки измерения и т. п.

3.2.7 Разработка тактограммы работы механизма

Для обеспечения стабильности процесса обрезки ведется разработка тактограммы работы механизма во взаимодействии его с основными исполнительными механизмами машины. Для улучшения условий обрезки и минимизации натяжения игольной нитки необходимо использовать возможности шагового электропривода машины для остановки главного вала. На этой стадии возможно проведение экспериментов, направленных на минимизацию натяжения игольной нитки в процессе захвата выбираня и резания.

Работа и взаимодействие механизмов обрезки ниток, механизмов освобождения игольных ниток и главного вала отражены на тактограмме (рис. 3.9).

В такте I главный вал швейной головки вращается с рабочей скоростью, происходит процесс вышивания, подвижный нож находится в исходном крайнем левом положении (рис. 3.9), тарелочки регулятора натяжения игольной нитки обеспечивают натяжение.

В такте II главный вал останавливается в положении, соответствующем максимальному расширению ветвей игольной нитки в зоне захвата носиком ножа, подвижный нож перемещается вправо, входит в пространство между ветвями игольной нитки, продолжает свое движение, удерживая петлю игольной нитки, и останавливается в промежуточном положении, тарелочки регулятора натяжения игольной нитки разжаты, натяжение игольной нитки минимальное.

Остановка главного вала способствует оптимизации процесса выбираня нитки, снижению ее натяжения, улучшает параметры процесса расширения игольной нитки челноком.

В такте III главный вал вращается с пониженной угловой скоростью (скорость доводки) и в конце такта останавливается в положении, соответствующем крайнему верхнему положению глазка нитепритягивателя, подвижный нож находится в промежуточном положении, тарелочки регулятора натяжения разжаты.

В такте IV главный вал неподвижен, подвижный нож движется из промежуточного положения в крайне правое и обрезает игольную и челночную нитки. Тарелочки регулятора натяжения игольной нитки разжаты.

В такте V главный вал неподвижен, подвижный нож перемещается из крайне правого положения в исходное, тарелочки регулятора натяжения сжаты и удерживают игольную нитку.

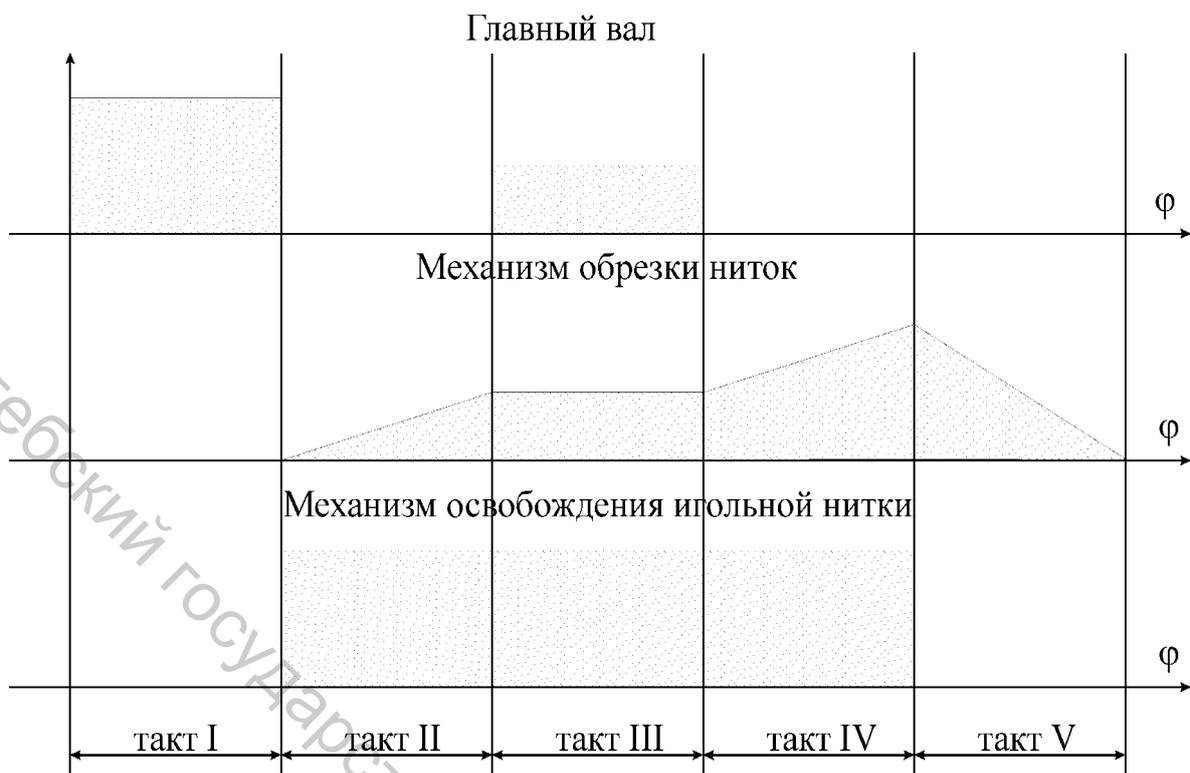


Рисунок 3.9 – Тактограмма работы механизмов вышивального полуавтомата

Указанное взаимодействие главных валов швейной головки, шагового двигателя, электромагнитов освобождения игольных ниток обеспечивается автоматизированным электроприводом с микропроцессорным управлением и блоком микропроцессорного управления вышивального полуавтомата.

3.3 Оптимизация кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки ниток

На основании приведенных работ ставится задача оптимизации кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки ниток с целью минимизации времени срабатывания механизма.

Постановка задачи

Кинематическая схема механизма для многоголовочного вышивального полуавтомата приведена на рисунке 1.15.

На рисунке 3.10 приведены кинематические диаграммы ротора 1а ШЭД в виде графиков зависимости угла поворота Φ , угловой

скорости ω и углового ускорения ε от времени t .

Отрезки времени t_1, t_2, t_3, t_4 диаграмм по осям абсцисс соответствуют длительностям тактов II, III, IV и V тактограмм, приведенных на рисунке 4.9.

Время t_2 такта II регламентируется скоростью вращения распределительного вала швейных головок и от шагового электродвигателя не зависит: $t_2 = \pi / \omega_{дог}$, где $\omega_{дог}$ – угловая скорость доводки главного вала.

Отрезки времени t_1, t_3 и t_4 определяются из формул

$$t_1 = \frac{\Phi_{m1}}{\omega_{m1}} + \frac{\omega_{m1}}{\varepsilon_{m1}}; \quad (3.7)$$

$$t_3 = \frac{\Phi_{m3}}{\omega_{m3}} + \frac{\omega_{m3}}{\varepsilon_{m3}}; \quad (3.8)$$

$$t_4 = \frac{\Phi_{m4}}{\omega_{m4}} + \frac{\omega_{m4}}{\varepsilon_{m4}}; \quad (3.9)$$

где $\Phi_{m1}, \Phi_{m3}, \Phi_{m4}$ – углы поворота ротора ШЭД на первом, третьем и четвертом участках, $\omega_{m1}, \omega_{m3}, \omega_{m4}$ – максимальные значения угловой скорости ротора на участках t_1, t_3, t_4 ; $\varepsilon_{m1}, \varepsilon_{m3}, \varepsilon_{m4}$ – максимальные модули угловых ускорений ротора на участках t_1, t_3, t_4 .

Величины углов Φ_{m1}, Φ_{m3} и Φ_{m4} определяются из формул

$$\Phi_{m1} = \frac{2S_1 \cdot U_{12}}{d_{2\delta}}; \quad (3.10)$$

$$\Phi_{m3} = \frac{2S_3 \cdot U_{12}}{d_{2\delta}}; \quad (3.11)$$

$$\Phi_{m4} = \frac{2(S_1 + S_3) \cdot U_{12}}{d_{2\delta}}; \quad (3.12)$$

где S_1, S_3 – перемещения ползунов 3б при переходе неподвижного ножа (рис. 3.3) из исходного положения в промежуточное и из промежуточного в крайне правое; U_{12} – передаточное число зубчатой передачи 1а–2а (рис. 1.15); $d_{2\delta}$ – диаметр делительных канавок барабана 2б (рис. 1.15).

Обозначим $2S_1 / d_{2\delta} = \psi_1$; $2S_3 / d_{2\delta} = \psi_3$; $2(S_1 + S_3) / d_{2\delta} = \psi_4$. Тогда формулы (3.10)–(3.12) примут вид:

$\Phi_{m1} = \psi_1 \cdot U_{12}$; $\Phi_{m3} = \psi_3 \cdot U_{12}$; $\Phi_{m4} = \psi_4 \cdot U_{12}$; а формулы (3.7)–(3.9):

$$t_1 = \frac{\psi_1 \cdot U_{12}}{\omega_{m1}} + \frac{\omega_{m1}}{\varepsilon_{m1}}; \quad (3.13)$$

$$t_3 = \frac{\psi_3 \cdot U_{12}}{\omega_{m3}} + \frac{\omega_{m3}}{\varepsilon_{m3}}; \quad (3.14)$$

$$t_4 = \frac{\psi_4 \cdot U_{12}}{\omega_{m4}} + \frac{\omega_{m4}}{\varepsilon_{m4}}. \quad (3.15)$$

Поставим задачу определения таких значений ω_{m1} , ω_{m3} , ω_{m4} , ε_{m1} , ε_{m3} , ε_{m4} , U_{12} , при которых сумма $(t_1 + t_3 + t_4)$ была бы минимальной, и при этом выполнялись ограничения:

$$M_{\partial} \geq M_{ср1} + I_{np} \cdot \varepsilon_{m1}; \quad (3.16)$$

$$M_{\partial} \geq M_{ср3} + I_{np} \cdot \varepsilon_{m3}; \quad (3.17)$$

$$M_{\partial} \geq M_{ср4} + I_{np} \cdot \varepsilon_{m4}; \quad (3.18)$$

где M_{∂} – момент на валу шагового электродвигателя; $M_{ср1}$, $M_{ср3}$, $M_{ср4}$ – приведенные к валу ШЭД моменты сил сопротивления; I_{np} – приведенный момент инерции масс электропривода.

Для решения поставленной задачи необходимо минимизировать нелинейную целевую функцию

$$\sum t = \left(\frac{\psi_1}{\omega_{m1}} + \frac{\psi_3}{\omega_{m3}} + \frac{\psi_4}{\omega_{m4}} \right) \cdot U_{12} + \frac{\omega_{m1}}{\varepsilon_{m1}} + \frac{\omega_{m3}}{\varepsilon_{m3}} + \frac{\omega_{m4}}{\varepsilon_{m4}} \quad (3.19)$$

с учетом ограничений (3.16), (3.17), (3.18).

Поставленная задача решена методами нелинейного программирования.

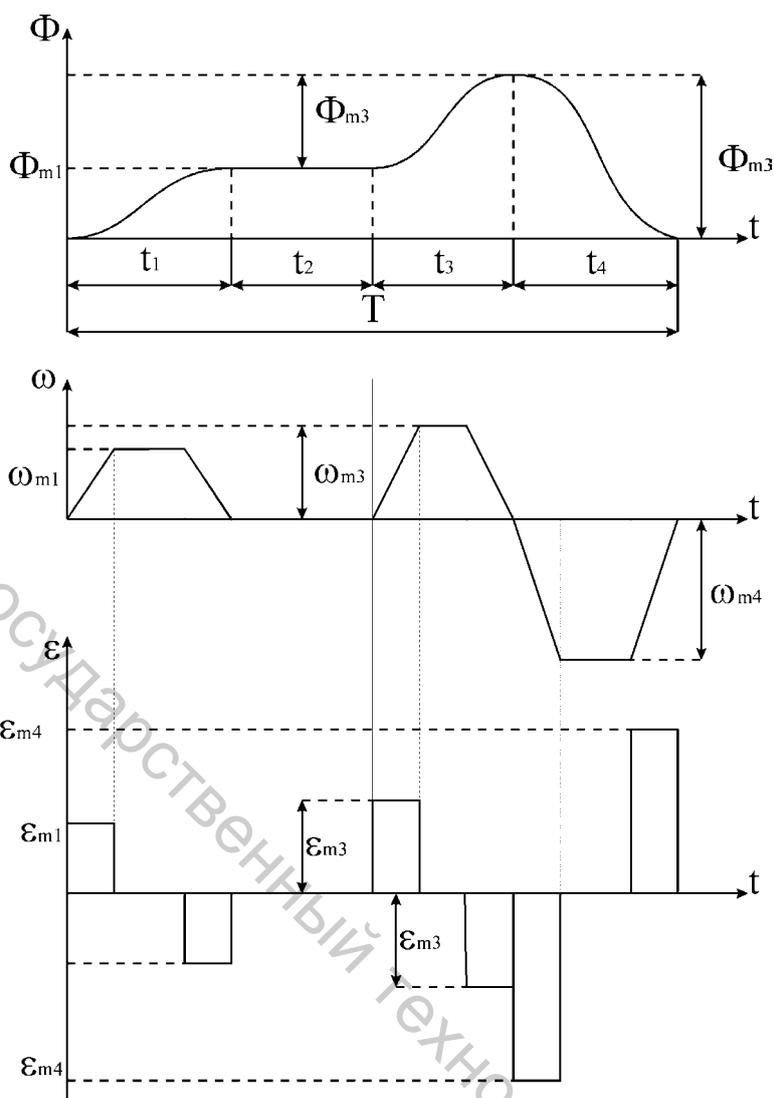


Рисунок 3.10 – Кинематические диаграммы ротора ШЭД механизма обрезки ниток

Определение оптимальных значений кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки нитки многоголовочного вышивального полуавтомата

Рассмотрим решение поставленной задачи оптимизации на примере механизма автоматической обрезки ниток многоголовочного вышивального полуавтомата.

Исходные данные для оптимизации

К исходным данным для оптимизации целевой функции (3.19) относятся:

– углы поворота подвижного ножа при переходе подвижного ножа из исходного положения в среднее (ψ_1) и затем в крайне правое (ψ_3) (рис. 3.11);

- постоянные параметры схемы (табл. 3.2);
- передаточные числа отдельных ступеней механизма (табл. 3.3);
- моменты инерции и массы звеньев механизма (табл. 3.4).

Углы поворота $\alpha 1$ и $\alpha 3$ верхней части ножа при переходе его из исходного положения в среднее, из среднего в крайне правое определены экспериментально на макете механизма ножа: $\psi_1 = 28^\circ$; $\psi_3 = 26^\circ$. Угол поворота при обратном ходе равен $\psi_4 = \psi_1 + \psi_3 = 54^\circ$. Нижнее плечо рычага в виде кулисы, жестко связанной с ножом, расположим таким образом, чтобы оси кулисы в крайних положениях (рис. 3.11) располагались симметрично относительно вертикальной оси. Тогда перемещения оси пальца 3в и ползуна 3б (рис. 1.15) определяются из формул

$$S_1 = R_4 \left(\operatorname{tg} \frac{\psi_4}{2} + \operatorname{tg} \left(\frac{\psi_4}{2} - \psi_1 \right) \right);$$

$$S_3 = S_4 - S_1;$$

где $R_4 = 0,041$ м.

Подставив в формулы числовые значения ψ_4 , R_4 , ψ_1 , получим: $S_1 = 0,022$ м; $S_3 = 0,02$ м; $S_4 = 0,042$ м.

Далее определим углы поворотов барабана 2б:

$$\psi_1 = \frac{2S_1}{d_{2б}} = 0,44 \text{ рад}; \quad \psi_3 = \frac{2S_3}{d_{2б}} = 0,4 \text{ рад}; \quad \psi_4 = \frac{2S_4}{d_{2б}} = 0,84 \text{ рад}.$$

Таблица 3.2 – Постоянные параметры схемы механизма

Делительный диаметр D_{1a} шестерни 1а, м	Делительный диаметр $D_{2б}$ шестерни 2б, м	Расстояние R_4 между осью вращения кулисы 4а и осью пальца 3а, м
0,0125	0,05	0,041

Таблица 3.3 – Постоянные передаточные числа

U_{2-3} , рад/м	U_{3-4} , м
40	0,041

Таблица 3.4 – Постоянные массы и моменты инерции деталей и звеньев шагового электропривода механизма ножей

№ деталей и звеньев на рисунке 1.15	Моменты инерции, 10^{-6} кгм ²	Массы, кг
деталь 1а- I_{1a}	20	
деталь 1б- $I_{1б}$	0,16	
звено 1 (I_1)	20,16	
деталь 2а	по формуле (3,22)	
деталь 2б	3,702	
звено 2	по формуле (3,23)	
одна деталь 3б	-	0,0886
одна деталь 3в	-	0,0044
Звено 3, включающее 6 комплексов	по формуле	0,56
деталь 4а	7,557	
деталь 4б	0,596	
деталь 4в	5,48	
звено 4, включающее 6 комплексов	81,8	
звено 5	0,46	

Величину момента инерции звена 2 определим из формулы

$$I_2 = I_{2a} + I_{2б}, \quad (3.21)$$

где I_{2a} – изменяемый момент инерции зубчатого колеса 2а (рис. 1.15), $I_{2б}$ – постоянный момент инерции барабана 2б (табл. 3.4).

На рисунке 3.12 приведена конструктивная схема зубчатого колеса 2а и размеры конструктивных элементов.

Согласно схеме имеем:

$$\begin{aligned} I_{2б} &= m_1 \frac{(a^2 + b^2 + c^2)}{12} + \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot h \cdot \rho \frac{(D^2 - d^2)}{8} = \\ &= m_1 \frac{(a^2 + b^2 + c^2)}{12} + \frac{\pi h \rho}{32} (D^2 - d^4), \end{aligned}$$

где m_1 – масса призмы с размерами a, b, c ; $m_1 = a \cdot b \cdot c \cdot \rho$; ρ – плотность материала колеса (капролон), $\rho = 1,5$ кг/м³.

Выражая D через U_{12} и делительный диаметр шестерни $d_{1б}$ (рис. 1.15), получим:

$$I_{2a} = m_1 \frac{(a^2 + b^2 + c^2)}{12} + \frac{\pi h \rho}{32} \cdot (U_{12}^4 \cdot d_{1б}^4 - d^4). \quad (3.22)$$



Рисунок 3.12 – Схема зубчатого колеса 2а и размеры конструктивных элементов

Подставив в формулы (3.22) и (3.21) численные значения величин, определим:

$$I_2 = 3,702 \cdot 10^{-6} + 18,84 \cdot (1525,9 \cdot U_{12}^4 - 625) \cdot 10^{-6} [\text{кг} \cdot \text{м}^2]. \quad (3.23)$$

Изменяемые передаточные числа определяются из формул

$$U_{1-3} = U_{1-2} \cdot U_{2-3} = 40 \cdot U_{1-2} \left[\frac{\text{рад}}{\text{м}} \right];$$

$$U_{1-4} = U_{1-2} \cdot U_{2-3} \cdot U_{3-4} = 1,64 \cdot U_{1-2};$$

где значения U_{2-3} и U_{3-4} приведены в таблице 3.3. Подставляя полученные значения I_2 , U_{1-3} , U_{1-4} в (3.20), получим:

$$I_{np} = I_{1a} + I_{1б} + \frac{3,702 \cdot 10^{-6} + 18,84 \cdot (1525,9 \cdot U_{1-2}^4 - 625) \cdot 10^{-6}}{U_{1-2}^2} +$$

$$+ \frac{m_3}{1600 \cdot U_{1-2}^2} + \frac{I_4}{2,69 \cdot U_{1-5}^2} + \frac{I_5}{U_{1-2}^2}. \quad (3.24)$$

Механические характеристики шагового электродвигателя

В приводе механизма автоматической обрезки ниток используем шаговый электродвигатель типа ДШ-200-3.

Динамические механические характеристики электродвигателя могут быть описаны дробно-рациональной функцией вида [123]

$$M_{\partial} = \frac{1}{a + b \cdot \omega_m}, \quad (3.25)$$

где значения a и b для различных ε_m приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Коэффициенты a и b динамических характеристик ДШИ 200-3

Коэффици- енты	$\varepsilon_m, \text{ рад/с}^2$									
	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	18000	20000
A	1,38	1,67	1,50	1,58	1,58	1,44	1,45	1,32	1,32	1,6
$b, 10^{-3}$	28,9	20,0	17,7	12,5	12,4	14,0	12,5	10,1	7,8	4,2

Оптимизация целевой функции

Проведена численная оптимизация кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки ниток [33–А, с. 49–52, 37–А, с. 100].

Программное обеспечение блока микропроцессорного управления опытного образца вышивального многоголовочного вышивального полуавтомата не предусматривает оперативного изменения углового ускорения ε_m ротора шагового электродвигателя ДШ 200-3. Поэтому угловое ускорение ε_m на всех участках движения является одинаковым. При этом целевая функция (3.19) примет вид:

$$\sum t = \left(\frac{\psi_1}{\omega_{m1}} + \frac{\psi_3}{\omega_{m3}} + \frac{\psi_4}{\omega_{m4}} \right) \cdot U_{12} + \frac{\omega_{m1} + \omega_{m3} + \omega_{m4}}{\varepsilon_m}. \quad (3.26)$$

Оптимизация целевой функции (3.26) выполняется с учетом ограничений:

$$M_{\partial} \geq M_{\text{ср1}} + I_{\text{пр}} \cdot \varepsilon_m; \quad (3.27)$$

$$M_{\partial} \geq M_{\text{ср3}} + I_{\text{пр}} \cdot \varepsilon_m; \quad (3.28)$$

$$M_{\partial} \geq M_{\text{ср4}} + I_{\text{пр}} \cdot \varepsilon_m; \quad (3.29)$$

где M_{∂} определяется из (3.25), а $I_{\text{пр}}$ – из (3.24).

Значение M_{cnp1} принято равным нулю. Значения M_{cnp3} , M_{cnp4} определены по формуле

$$M_{cnp3} = \frac{P_{cnp}}{U_{1-3}} = \frac{P_{cnp}}{40 \cdot U_{1-2}},$$

где P_{cnp} измерено экспериментально; $P_{cnp} = 10$ Н.

Минимизация целевой функции выполнена на ПЭВМ. Результаты минимизации отражены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Параметры системы, соответствующие минимальному времени цикла при постоянном ε_m

Передаточное отношение	ω_m , рад/с	ε_m , рад/с ²	Σt , с
3.5	95	4000	0,195

Оптимизация кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки ниток

Расчетные формулы и рекомендации для оптимизации кинематических и динамических параметров в данном разделе методики выведены в разделе 3.3 излагаемой работы. Для проведения оптимизации разработан программный продукт в среде объектно-ориентированного языка Delphi под именем MechCut2. Оптимизация состоит в минимизации времени срабатывания механизма автоматической обрезки ниток на многоголовочном вышивальном полуавтомате с МПУ. В главном диалоговом окне программного продукта MechCut2 (рис. 3.13) возможно введение исходных параметров механизма обрезки ниток, которые подвергаются оптимизации для минимизации времени срабатывания механизма.

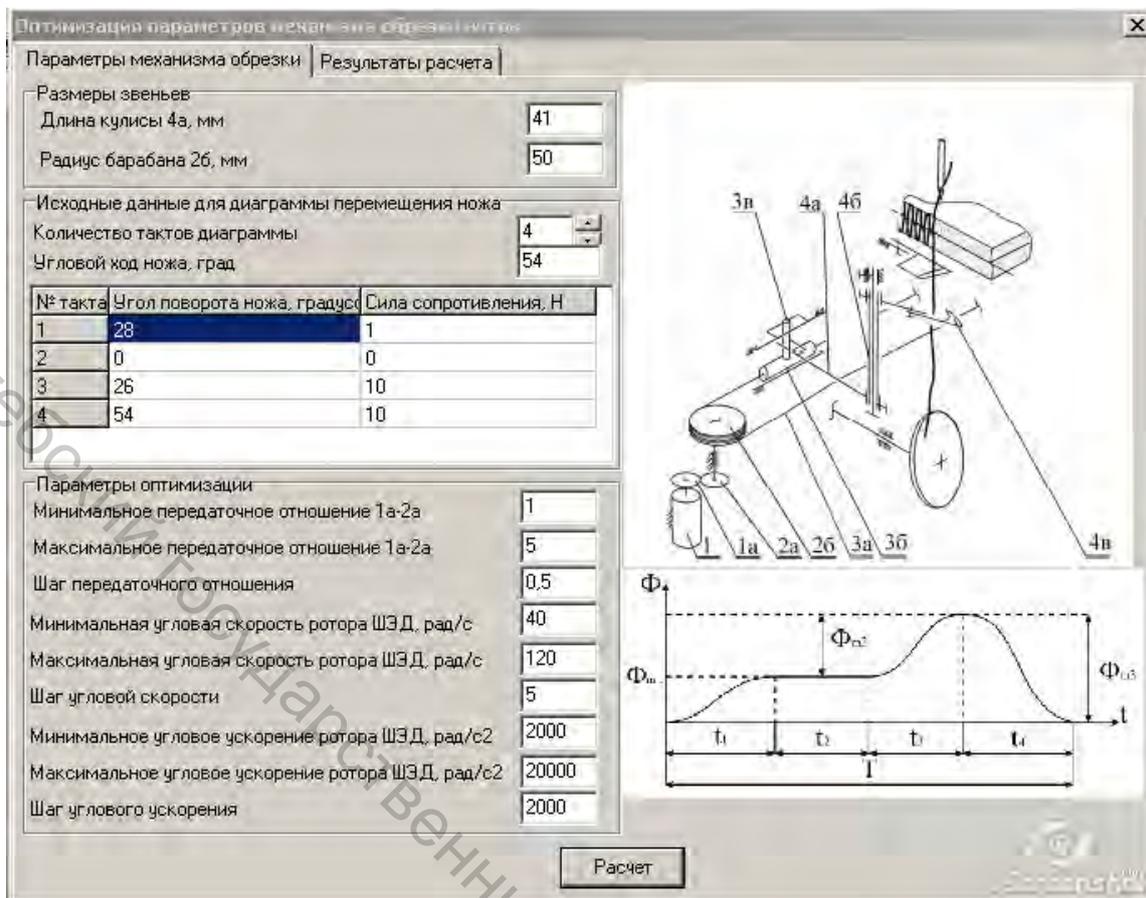


Рисунок 3.13 – Главное диалоговое окно программы MechCut2

На разработанный механизм автоматической обрезки получен патент на полезную модель «Механизм обрезки на многоголовочном вышивальном полуавтомате».

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика проектирования механизма автоматической обрезки ниток многоголовочного вышивального полуавтомата с МПУ, нашла применение на предприятиях РБ. Методика может быть распространена для проектирования петельных, пуговичных и других полуавтоматов с МПУ.

2. Разработанная методика реализована для вышивального многоголовочного полуавтомата с МПУ. Получены аналитические зависимости для определения длин остатков игольной и челночной ниток, остающихся в игле, челноке и на лицевой и изнаночной стороне материала от конструктивных и кинематических параметров механизмов иглы и челнока швейной машины. Для исследуемого полуавтомата длина нитки, остающейся в игле после обрезки, должна быть достаточной для устойчивого образования первого челночного

стежка без выдергивания нитки из ушка иглы, что составляет величину не менее 15,3 мм. Установлено, что длина остатка игольной нитки, остающейся на лицевой поверхности материала при выполнении первого стежка после обрезки, не должна превышать 36 мм, длина остатка игольной нитки, остающейся на изнаночной стороне материала в начале строчки, не должна превышать 36 мм, длина нитки, остающейся в челноке после обрезки, должна быть достаточной для устойчивого процесса образования первого челночного стежка, что составляет не менее 12 мм; длина остатка челночной нитки на изнаночной стороне материала не должна превышать 20,8 мм.

3. Выполнены экспериментальные исследования длин ниток после выполнения обрезки: длина нитки, остающейся в игле, составила 38,5 мм; длина нитки, остающейся в челноке, составила 35,2 мм; длина нитки, остающейся на лицевой поверхности материала при выполнении первого стежка, составила 11,7 мм, что подтверждает высокую сходимость результатов аналитических расчетов и экспериментальных данных.

4. Разработана методика оптимизации кинематических и динамических параметров шагового привода механизма автоматической обрезки многоголовочного вышивального полуавтомата по условию минимизации времени обрезки, с помощью которой установлены оптимальное значение передаточного числа механизма обрезки ниток исследуемого полуавтомата $U = 3,5$ и минимальное значение времени срабатывания механизма автоматической обрезки $t = 0,195$ с.

5. Разработана «Методика определения сил, действующих в режущем инструменте при резании нитей (ниток) методом ножниц», которая применяется при проектировании новых механизмов обрезки и настройке существующих механизмов.

4 СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МЕХАНИЗМОВ И УСТРОЙСТВ ВЫШИВАЛЬНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ

4.1 Анализ и оценка существующих конструкций механизмов и устройств вышивальных полуавтоматов

Исследованию и проектированию механизмов и устройств вышивальных полуавтоматов посвящены работы [144, 151, 156, 157, 187, 188] многих авторов. В этих работах рассмотрено перемещение и взаимодействие основных механизмов.

Наиболее близкими к исследуемым вышивальным полуавтоматам являются полуавтоматы зарубежных компаний ZSK, Brazer, Tagima [174, 175, 176, 177, 182]. Однако их конструкции имеют различные конструктивные решения.

Механизм позиционирования игольницы

Программа работы вышивальной машины считается с гибкого диска и преобразователем направляется в машину. При этом нитку, имеющую цвет, необходимый для заданной программы, выбирает микропроцессор на базе кодирования ниток, идущих с катушечных рамок к иглам. Вышивальной головкой и приводом машины управляет считанная программа.

Для смены нити игла и соответствующий этой игле нитеподающий рычаг отбираются из большого количества игл и нитеподающих рычагов, снабженных различными нитями, и сцепляются с приводом вышивальной машины. Нитеподающий рычаг установлен свободно на приводном элементе. Для каждого рычага предусмотрена сцепная деталь, соединенная с приводным элементом. С помощью переключающей муфты этот элемент сцепляется с нитеподающим рычагом.

Основными механизмами и устройствами вышивальных одноголовочных многоигольных полуавтоматов являются: механизм позиционирования игольницы, механизм привода иглопроводителей, механизм привода нитепритягивателей, механизм автоматической обрезки ниток, устройство освобождения регулятора натяжения нитки, игольница (содержит иглопроводители, нитепритягиватели, прижимные лапки), механизм автоматического улавливания и удержания конца игольной нитки, координатное устройство, блок управления.

Механизм позиционирования игольницы полуавтоматов фирмы ZSK имеет сложную кинематическую систему. К достоинствам механизма можно отнести применение шагового привода и

срабатывание механизма фиксатора и привода игольницы от одного исполнительного органа.

Позиционирующее устройство, которое задает первую и вторую эталонные точки на ткани и выдает данные о позиционировании; операционный блок, который на основании позиций эталонных точек корректирует данные, хранящиеся в памяти; второй блок памяти используется для хранения данных о строчке, скорректированной операционным блоком.

Использовались в полуавтоматах механизмы позиционирования с приводом от сжатого воздуха для смены цвета нитки. Осуществляет прямой и обратный ход для снимаемого и устанавливаемого иглодержателя. Громоздкая конструкция выходит за габариты рукава швейной машины. Недостаток конструкции: плохой доступ в зону заправки ниток. Достоинство: для перемещения накопителя не требуется больших усилий и высокой точности позиционирования, исчезает необходимость в механизме улавливания и удержания игольных ниток. Применяемый механизм не нуждается в фиксаторе игольницы. Необходима высокая точность их изготовления, контроль за износом; детали привода соединяются с натягом, что требует значительных усилий для их перемещения.

Червячное позиционирование, червяк вращаясь, воздействует на ролики, перемещая каретку на величину шага. Механизм – самотормозящийся, не требует фиксации игольницы, не требует высокой точности изготовления. Механизм прост в исполнении и обслуживании. Однако наличие зазоров в приводе, отсутствие механизма фиксатора игольницы вызывает необходимость сложной конструкции направляющих игольницы, чтобы скомпенсировать возможные колебания игольницы. Простая конструкция механизма нитепритягивателя; малое число оригинальных деталей.

Устройство освобождения регулятора натяжения нитки

В вышивальных полуавтоматах фирмы ZSK реализована следующая конструкция, с приводом от электродвигателя с встроенным редуктором, имеющая регулируемые направляющие. От шагового электродвигателя вал с эксцентриками воздействует на отжимную пластину.

На вышивальном полуавтомате освобождение нитки осуществляется электромагнитами. Соосно каждому регулятору натяжения нитки установлен электромагнит, шток которого при включении перемещает шпильку, освобождающую прижимные пластины регулятора натяжения нитки.

Устройство может содержать регулятор натяжения нитки, воздействующий посредством пневмоцилиндра на рычаг, к которому

шарнирно присоединен рычаг с вильчатым отростком, непосредственно воздействующим на пружину, опирающуюся на прижимные пластины.

Механизм автоматического улавливания и удержания концов игольных ниток

В полуавтоматах ZSK улавливание конца игольной нитки осуществляется при прямолинейном перемещении ловителя вниз. При этом происходит захват нитки крючком ловителя, вытягивание ее из ткани, втягивание между удерживающих пластин. Это осуществляется механизмом, имеющим шаговый привод со встроенным редуктором.

Встречаются устройства с приводом от электромагнита посредством системы рычагов, перемещение передается ловителю с крючком на конце, который перемещается в лотке по направляющим и заводит свободный конец игольной нитки между удерживающих пластин.

Системы микропроцессорного управления

На основе анализа отечественных и зарубежных аналогов вышивальных полуавтоматов была разработана классификация систем управления вышивальных полуавтоматов:

1. Перенос и хранение информации по средствам съемного блока. Съемный блок устанавливается в программатор, программируется микропроцессор на необходимый файл вышивки. Недостатком данного варианта является необходимость в дополнительном оборудовании и невозможность унификации оборудования.

2. Загрузка файла вышивки с компакт-диска, USB-носителя. Достоинством является универсальность используемого носителя информации, уменьшение стоимости оборудования, так как нет необходимости использования в компьютере различных дополнительных устройств. Удобство пользования, сравнительная дешевизна носителя информации. Недостатком является невозможность редактирования файла вышивки, что устраняется подключением компьютера к вышивальному полуавтомату. Возможный выход из строя носителей информации, необходимость наличия дублирующего носителя хранения информации.

Возможны варианты использования данной системы управления без дисководов. Используется съемный жесткий диск или USB-носитель, который может выниматься из накопителя и заменяться другим аналогичным устройством. Использование данных запоминающих устройств позволяет обойтись использованием одной из областей ОЗУ – базовая память. В данном системном блоке

управления отсутствует необходимость областей верхней памяти (UPA), нарощенной памяти (XMB), расширенной памяти (EMS). Используется буфер ввода/вывода и буфер команд, сохраняющий буфер, который сохраняет данные, используемые в предыдущих операциях, отсутствуют буфер монитора и буфер обмена.

3. Неперепрограммируемые. Файл вышивки зашит непосредственно в ПЗУ. Наиболее дешевый вариант реализации системы управления ввиду отсутствия компьютера, дисковод, интерфейса ввода/вывода, ОЗУ. Недостаток – невозможность проектирования и загрузки файлов вышивки.

Используется дисковый буфер – КЭШ-память, которая располагается непосредственно на самом носителе. Ее объем 64÷2048 кбайт. Накопители могут кэшировать как чтение, так и передачу данных. Необходимо наличие сохраняющего буфера.

4. С использованием микросхемы оперативной памяти FPM DRAM (или аналогов). Работает медленнее, чем вид оперативной полупроводниковой памяти SRAM, но имеет меньшую стоимость. Микросхемы DRAM работают при частоте шины 25÷33 МГц и имеют пропускную способность до 90 Мбайт/с. Используются в качестве стандартной ОЗУ компьютеры класса PC/AT с микропроцессорами i486 и ниже, и разработанных на их базе блоков системного управления вышивальными полуавтоматами, в которых возможно использование микросхем EDO DRAM/RAM.

Возможно использование внешнего запоминающего устройства: USB, магнитных барабанов, магнитных карт, магнито-оптических дисков, оптических дисков, адаптера связи – устройства сопряжения, обеспечивающего присоединение одной или нескольких линий связи; использование группового адаптера позволяет обеспечивать взаимодействие с несколькими каналами передачи данных и многими пользователями, т. е. возможно подключение к системному блоку нескольких вышивальных полуавтоматов.

Оценка работы принципиальной схемы блока управления

Оценка работы системы управления выполнена на базе работы одноголовочного многоигольного вышивального полуавтомата ПВ-1-5 с учетом работ различных авторов [183, 184, 190]. Полуавтомат создан на базе одноголовочного вышивального полуавтомата ПВ-1-1 с микропроцессорным управлением и швейной машины 31-го ряда. Отработанные технологии и разработанные методики использовались для модернизации и оптимизации вышивального оборудования различных иностранных фирм.

Разработанный блок микропроцессорного управления (МПУ) для одноголовочного вышивального полуавтомата позволяет

производить вышивки узоров и монограмм различной сложности, обеспечивая при этом производительность до 800 стежков/мин и возможность записи с дискеты и хранения до 999 рабочих программ. Обеспечивает оперативное перенастраивание на другую вышивку, масштабирование и поворот вышивки относительно поля вышивки, хранение информации, повторение программ файлов вышивок в любой последовательности. Блок микропроцессорного управления выполнен на основе материнской платы Pentium, к которой подключены: накопитель на жестких магнитных дисках (HDD), Floppi-дискковод 3,5'', видеокарта SVGA, входящие в стандартную конфигурацию системного блока Pentium. В слот ISA материнской платы подключается разработанная плата интерфейса ввода-вывода, реализующая следующий алгоритм управления вышивальным полуавтоматом:

- 1) стартстопное управление двухкоординатной системой перемещения пялец;
- 2) дистанционное управление автоматизированным электроприводом швейной головки;
- 3) синхронизацию работы швейной головки с двухкоординатной системой механизма перемещения пялец;
- 4) формирование сигнала обрыва нитки и автоматический останов полуавтомата при этом;
- 5) управление шаговым электродвигателем привода игольницы;
- 6) управление устройством освобождения регулятора натяжения нитки.

Разработанное программное обеспечение блока МПУ поддерживает оптимальный режим работы шаговых приводов, а также обеспечивает все необходимые функции управления одноголовочным вышивальным полуавтоматом, с возможностью использования на многоголовочных версиях вышивального оборудования.

С помощью пульта управления выполняются следующие функции: выбор программы вышивки, запуск полуавтомата в текстовом режиме, диагностика работы механизмов полуавтомата.

Для получения заданных технических характеристик блок МПУ должен обеспечивать программное управление разгоном и торможением шаговых приводов, параметры режимов разгона и торможения (скорость и ускорение) доступны для корректировки с помощью файла конфигурации (sul/cfg), хранящегося в рабочем каталоге SU1, доступ к которому из рабочего режима осуществляется нажатием на пульте управления полуавтоматом кнопки «ОС». Структурная электрическая схема блока МПУ приведена на рисунке 4.1.

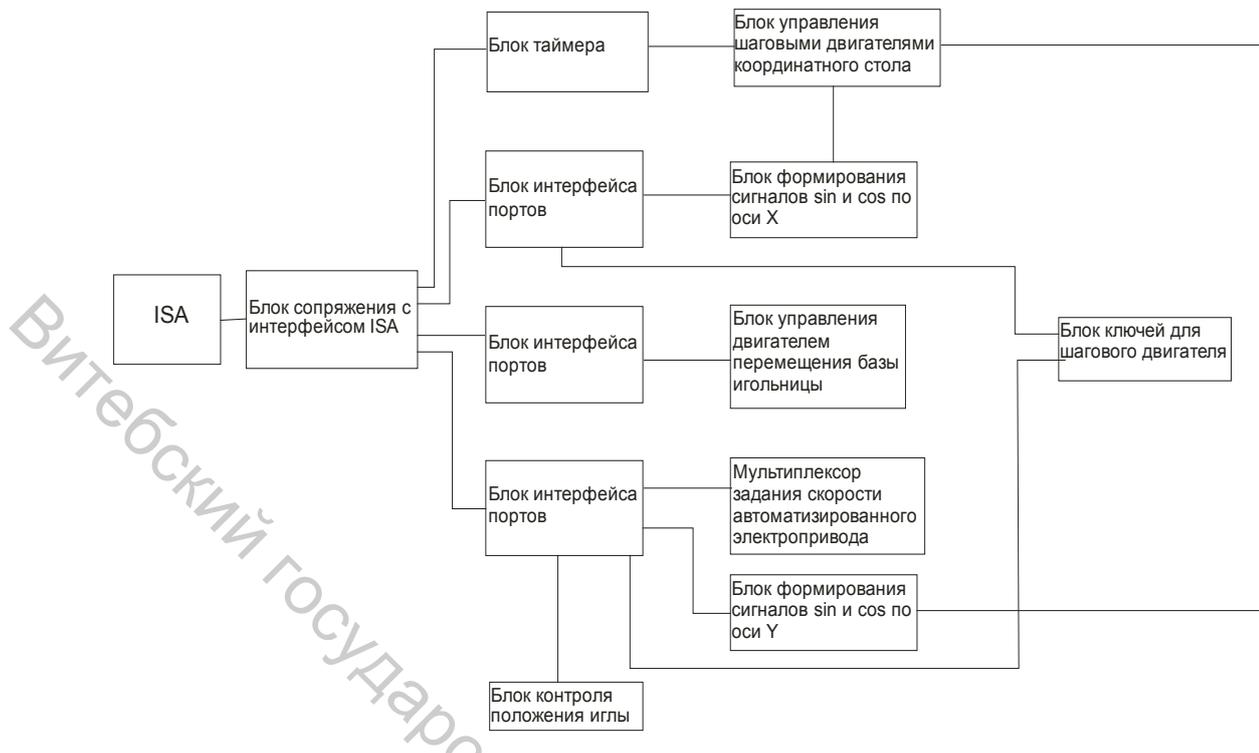


Рисунок 4.1 – Структурная электрическая схема

Блоки структурной электрической схемы соответствуют следующим пронумерованным блокам на принципиальной электрической схеме:

- 1 – разъем ISA;
- 2 – блок сопряжения с интерфейсом ISA;
- 3 – блок таймера;
- 4, 5, 6 – блоки интерфейса портов;
- 7 – блок управления двигателем перемещения базы игольницы;
- 8 – мультиплексор задания скорости автоматизированного электропривода;
- 9 – блок ключей для шагового двигателя;
- 10 – блок формирования сигналов \sin и \cos по оси X;
- 11 – блок формирования сигналов \sin и \cos по оси Y;
- 12 – блок управления шаговыми двигателями координатного стола;
- 13 – блок контроля положения иглы.

Интерфейс ввода-вывода подключен к системному каналу ввода/вывода материнской платы (слот ISA). С помощью входного разъема XS1 осуществляется связь устройства управления с автоматизированным электроприводом типа Limi Stop Z (запуск привода по программе и регулирование его скорости в зависимости от отрабатываемой длины стежка), а также синхронизации координатной системы перемещения пялец с главным валом привода швейной

головки с помощью индуктивного датчика, фиксирующего отрыв иглы швейной головки от ткани. Для управления двухкоординатной системой на шаговых двигателях ДШИ-200-3 используется схема, состоящая из коммутаторов импульсов, формирующего четырехтактную последовательность импульсов, обеспечивающих требуемый закон коммутации четырех фаз шагового двигателя, схемы дробления основного конструктивного шага двигателя на четыре, которая обеспечивает повышение частоты приемистости шагового двигателя при заданном моменте нагрузки и повышение точности отработки основного шага.

Выходные логические сигналы для управления ШД через разъемы XP3 и XP4 (соответственно для координаты X и Y) поступают на плату выходных ключей, которая формирует токовые сигналы коммутации фаз шаговых двигателей (ток в фазе до 1,5 А) с помощью источника питания ШД (30 В).

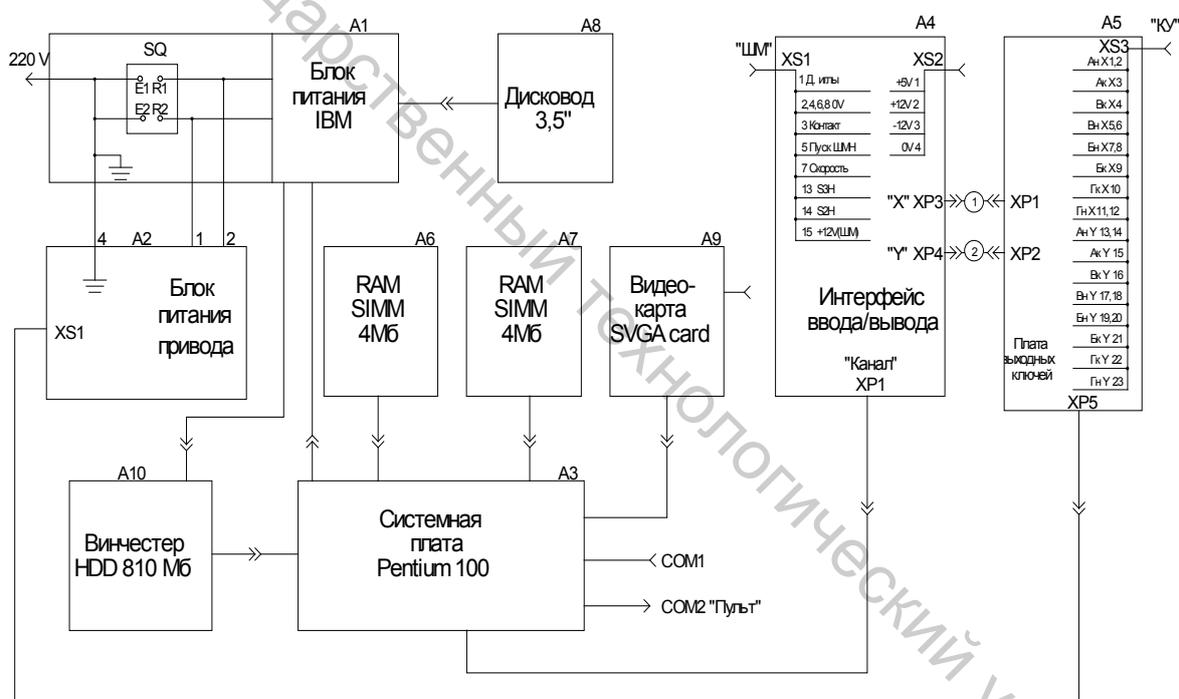


Рисунок 4.2 – Структурно-электрическая схема блока МПУ

Промышленный стол является несущей конструкцией. На нем закреплены автоматизированный электропривод, швейная головка, координатное устройство и установлен блок микропроцессорного управления.

Пульт управления выполнен на базе микропроцессора и служит для управления работой полуавтомата оператором.

Принцип работы электрической схемы.

При получении сигнала через разъем ISA он поступает на блок сопряжения (2), который приводит полученный сигнал к виду, необходимому для микропроцессоров. Далее он поступает на блок таймера (3), который генерирует сигнал с частотой модуляции $F_{\text{мод}}$, и на блоки интерфейса портов (4,5,6), предназначенные для приема и запоминания кодов, определяющих последовательность переключения обмоток шаговых двигателей, а также кодов положительных полувольт синусно-косинусных сигналов. С блоков интерфейса портов сигнал поступает на следующие блоки:

Блоки формирования синусно-косинусных сигналов по осям X и Y (10,11) предназначенных для дробления шага двигателя, количество дроблений определяет уменьшение шага на эту величину.

Блок управления двигателем перемещения базы игольницы (7), который формирует сигналы переключения обмоток шагового двигателя, перемещающего базу игольницы при смене иглы, а также при включении вышивального полуавтомата для точного позиционирования иглы относительно носика челнока. Также этот блок формирует сигналы обратной связи, которые задают ширину импульса ШИМ-сигнала. Ширина импульса определяет величину тока в фазе.

Мультиплексор задания скорости автоматизированного электропривода (8), который по средствам изменения сопротивления нагрузки изменяет напряжение на электромагните, управляющем скоростью главного вала через электромагнитные муфты.

Блок ключей для шагового двигателя (9), состоящего из ключевых схем, нагрузкой каждого из которых является одна обмотка шагового двигателя, предназначенных для включения обмоток шаговых двигателей.

Блок управления шаговыми двигателями координатного стола (12), представленного в виде импульсных усилителей широтно-модулированных импульсных последовательностей, нагрузкой каждого из которых являются две обмотки шагового двигателя.

Блок контроля положения иглы, который принимает сигналы с датчика угла поворота главного вала и по средствам счетчика D30 определяет положение иглы в данный момент времени.

Пульт управления полуавтомата

Пульт управления предназначен для задания режимов работы вышивального полуавтомата. Пульт подключается к системному блоку посредством интерфейса RS-232C. На цифровых индикаторах пульта отображается информация о текущем состоянии полуавтомата. В процессе вышивания на индикаторах высвечивается номер программы. После окончания загрузки управляющей программы, вышивальный полуавтомат готов к работе. Устанавливаются пальцы с тканью в держатель, базируются в начальную точку вышивки, предварительно

отмеченную на ткани – для рисунка вышивки, под острие иглы швейной машины. Начинается процесс вышивания после запуска файла вышивки.

При обрыве игольной нитки полуавтомат автоматически останавливается, при этом на пульте загорается индикатор «ОБРЫВ НИТИ». Необходимо заправить игольную нитку в иглу, нажатиями на кнопку возврат пошагово вернуть пальцы в положение, соответствующее моменту обрыва игольной нитки, продолжить вышивание.

4.2. Исследование и прогнозирование привода механизма позиционирования игольницы

Исследованию и проектированию механизмов автоматизированных полуавтоматов посвящены работы [178, 179, 180, 183, 190]. В этих работах рассмотрено перемещение и взаимодействие механизмов, входящих в состав вышивальных полуавтоматов.

Необходимо построить тактограмму работы механизмов от положения главного вала швейной головки. Тактограмму работы вышивального полуавтомата рассмотрим на примере многоигольного вышивального полуавтомата ПВ-1-5. У многоголовочных полуавтоматов тактограмма рассматривается для одной головки, так как одноименные механизмы на швейных головках, входящих в состав полуавтомата, работают в синхронном режиме.

Тактограмма работы вышивального полуавтомата представлена на рисунке 4.3. В данной тактограмме представлен вариант, когда игольница изначально находилась в первой позиции. Тактограмма изображена для выполнения файла вышивки нитками двух цветов, которые соответствуют 1-й и 3-й игле.

Оптимальный вариант базирования игольницы перед запуском программы вышивки – это базирование игольницы перемещением ее из первой позиции во вторую, и обратно – в первую. После базирования полуавтомат переходит в режим ожидания загрузки файла вышивки. Загружается файл вышивки, т. к. игольница находилась в 1-й позиции, а файл вышивки содержит рисунок, состоящий из двух цветов (соответствующих 1-й и 3-й иглам), то для сокращения времени технологического процесса вышивка начинается с цвета, соответствующего первой игле.

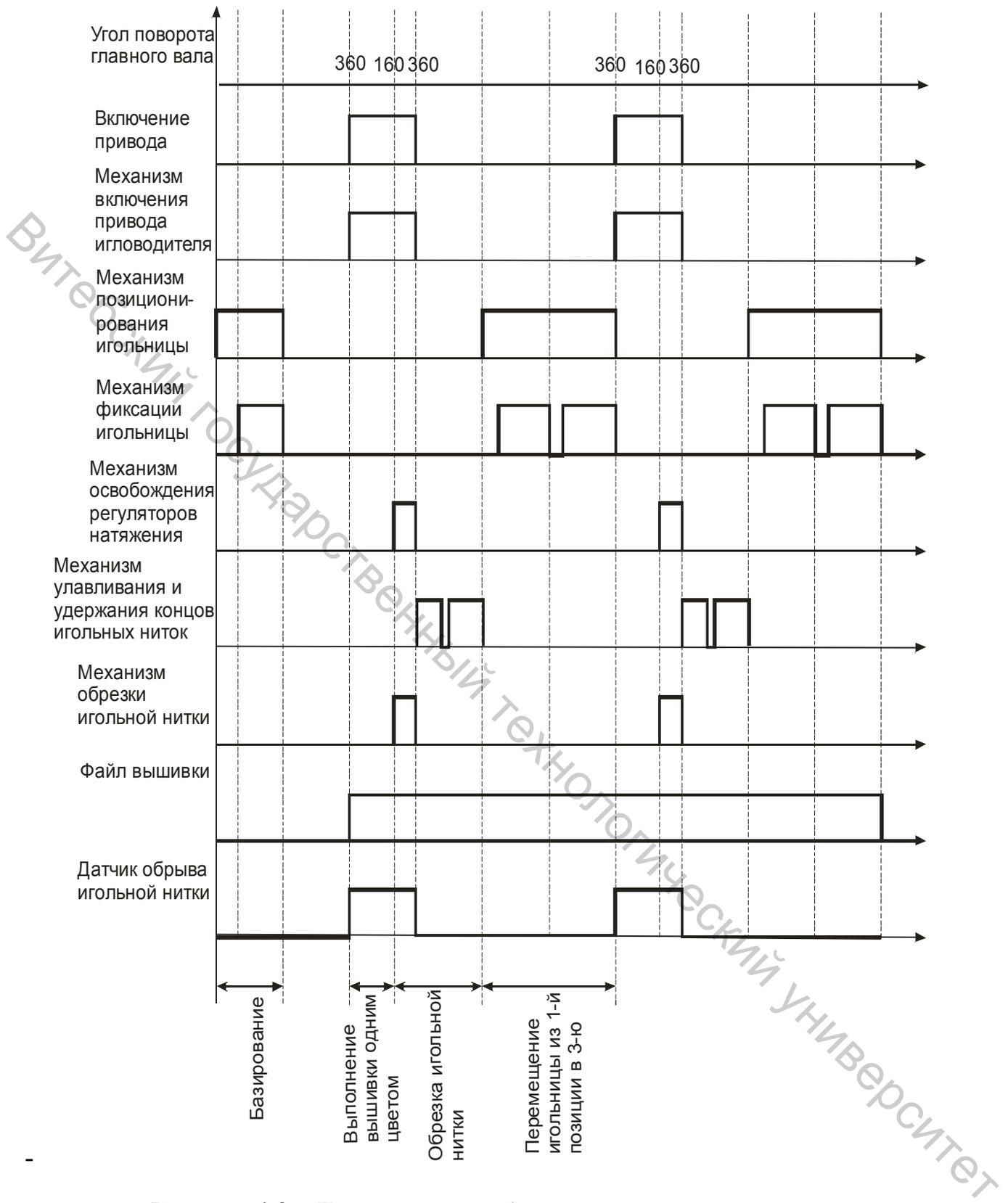


Рисунок 4.3 – Тактограмма работы вышивального полуавтомата

При завершении фрагмента вышивки одним цветом происходит обрезка нитки (срабатывают механизм освобождения регуляторов натяжения игольной нитки и механизм обрезки игольной нитки, затем

срабатывает механизм улавливания и удержания концов игольной нитки). Игольница переводится в позицию, соответствующую игле с необходимым цветом нитки, и процесс вышивки продолжается. Во время работы механизма игловодителя работает датчик обрыва игольной нитки.

Режим сбоя аналогичен окончанию процесса вышивки на одной из игл.

Выбор привода и шагового двигателя [139, 140, 150, 164] рекомендуется осуществлять с учетом моментов инерции и сопротивления механизма привода.

Плоская кинематическая схема механизма привода представлена на рисунке 4.4.

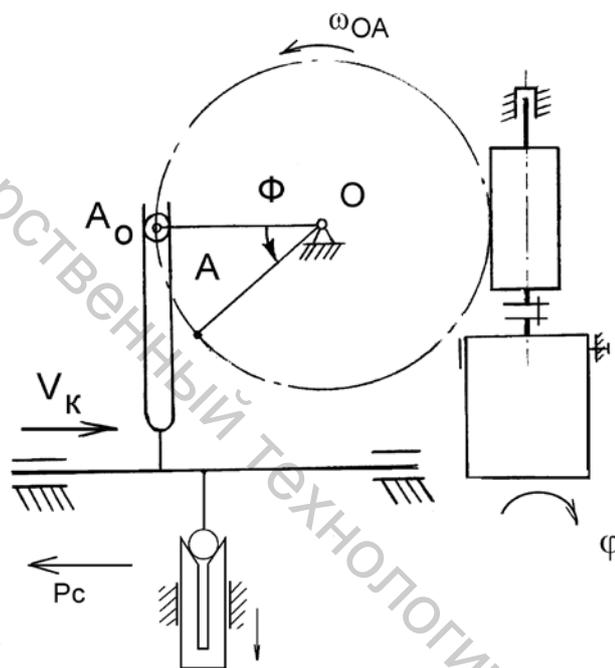


Рисунок 4.4 – Кинематическая схема механизма привода игольницы

$$U_2 = \frac{1}{0,006 \cdot \sin \varphi} = \frac{166,7}{\sin \varphi} \quad (4.1)$$

Определяем общее передаточное отношение механизма (4.2).

$$U_{\text{общ}} = U_1 \cdot U_2, \quad (4.2)$$

где $U_{\text{общ}}$ – общее передаточное отношение механизма, рад/м, U_1 – передаточное отношение редуктора.

Подставляя значения в выражение (4.1), определяем общее передаточное отношение механизма:

$$U_{\text{общ}} = \frac{1166,9}{\sin \varphi}. \quad (4.3)$$

-

Определение приведенного момента сопротивления.

Для расчета принимаем силу сопротивления движению игольницы $P_c = \text{const}$. Значение силы сопротивления определено экспериментальным путем.

Приведенный момент сопротивления определяется из уравнения (4.4).

$$M_{\text{сnp}} = \frac{P_c}{U_{\text{общ}}}, \quad (4.4)$$

-

где $M_{\text{сnp}}$ – приведенный момент сопротивления, Н·м; P_c – сила сопротивления движению игольницы, Н (12,07).

Подставляя значение силы сопротивления и (4.3) в (4.4), определяем приведенный момент сопротивления (4.5).

$$M_{\text{сnp}} = 0,01 \sin \varphi \text{ Н·м}. \quad (4.5)$$

Возможна двухтактная, четырехтактная и восьмитактная коммутация шагового двигателя привода [172, 178, 179, 180]. Переход от четырехтактной к восьмитактной коммутации соответствует естественному дроблению шага. Двухтактная система коммутации для работы использует электронный коммутатор, задающий направление движения. Без коммутатора ротор может попасть в состояние неустойчивого равновесия. Этот тип коммутации применяется при работе шагового электродвигателя в режиме самокоммутации.

Анализ возможностей 4-обмоточного шагового электродвигателя показывает, что можно производить ступенчатое изменение его алгоритмов коммутации в широких пределах, и варьировать шаг и развиваемый момент.

Соединяется устройство с драйвером, датчиками и блоком питания согласно монтажной схеме (рис. 4.5).

Подключается устройство к персональному компьютеру при помощи входящего в комплект поставки интерфейсного кабеля.

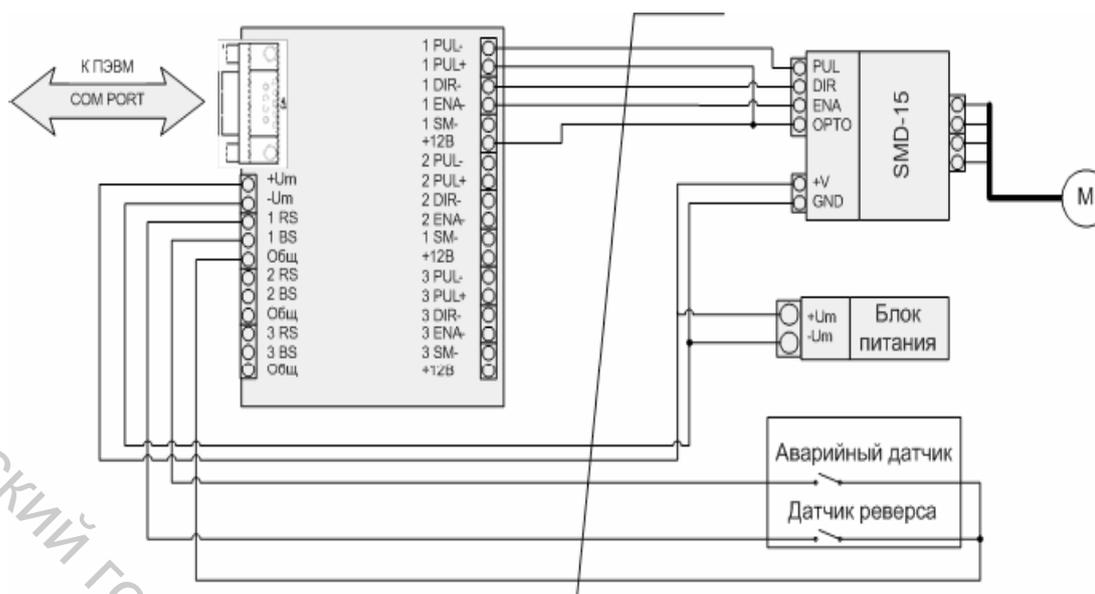


Рисунок 4.5 – Схема подключения устройства к драйверу SMD-15

Блок управления

В качестве драйвера используется совместимый с контроллером SMC-3-1 блок управления SMD-15. Блок управления шаговым двигателем SMD-15 предназначен для управления двух- и четырехфазными гибридными шаговыми двигателями с током фазы до 1,5А. Блок позволяет управлять любыми 4, 6 и 8-выводными шаговыми двигателями и обеспечивает высокую точность, высокую скорость и низкий уровень вибрации. Блок управления может осуществлять дробление шага, задавать направление вращения, как дополнительную функцию можно выделить подключение и управление блоком (и соответственно, двигателем) от компьютера.

В блоке используются дифференциальные входы для улучшения помехоустойчивости и гибкости интерфейса. Интерфейс позволяет принимать однонаправленные управляющие сигналы от контроллера. Для питания блока нужен источник постоянного тока 15–40 В, а также источник 5 В. Возможно использование нескольких блоков с одним источником питания, а также параллельное подключение нескольких двигателей.

Блок обеспечивает два способа управления шаговым двигателем:

- управление шаговым двигателем посредством логических сигналов: «ШАГ», «НАПРАВЛЕНИЕ» и «РАЗРЕШЕНИЕ». Подача сигналов осуществляется импульсами от внешнего устройства;
- управление шаговым двигателем от компьютера через LPT-порт с использованием программы StepMotor_LPT.

Габаритные и присоединительные размеры блока управления шаговым двигателем SMD-15 изображены на рисунке 4.6.

Схема подключения блока SMD-15 изображена на рисунке 4.6.

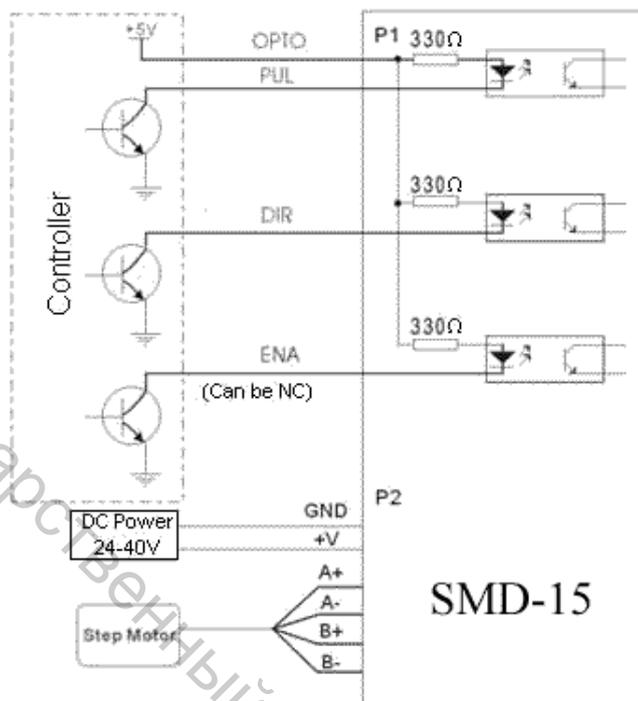


Рисунок 4.6 – Подключение блока SMD-15

4.3 Выбор управляющего устройства

Система управления шаговым двигателем привода состоит из трех основных элементов: пользовательский интерфейс (персональный компьютер), контроллер (микропроцессор, способный генерировать импульсы шагов и сигналы направления драйверу), драйвер (устройство, которое конвертирует сигналы контроллера в ток, необходимый для питания обмоток двигателя).

В качестве контроллера выбираем устройство управления шаговыми двигателями SMC-3-1.

Функциональные возможности устройства:

- выдача управляющих сигналов для приводов шаговых двигателей по программе, хранящейся в устройстве;
- запись управляющей программы с помощью ПК отдельно по каналам;
- выдача кодов управляющей программы в ПК;

- автоматический останов шагового двигателя при поступлении сигнала от аварийного датчика;
- автоматическое переключение направления вращения двигателя при поступлении сигнала от датчика реверса;
- автоматический останов шагового двигателя при обнаружении ошибки управляющей программы;
- возможность работы в ручном режиме (поканально);
- стабилизация выходного тока линий управления.

Для уменьшения помех и увеличения длины линий связи устройство имеет балансные выходы по линиям импульсов переключения nPUL. Каждый из каналов устройства имеет четыре выходных линии управления входами драйверов и две входных линии сигнализации.

Составлен алгоритм функционирования, который представлен на рисунке 4.7.

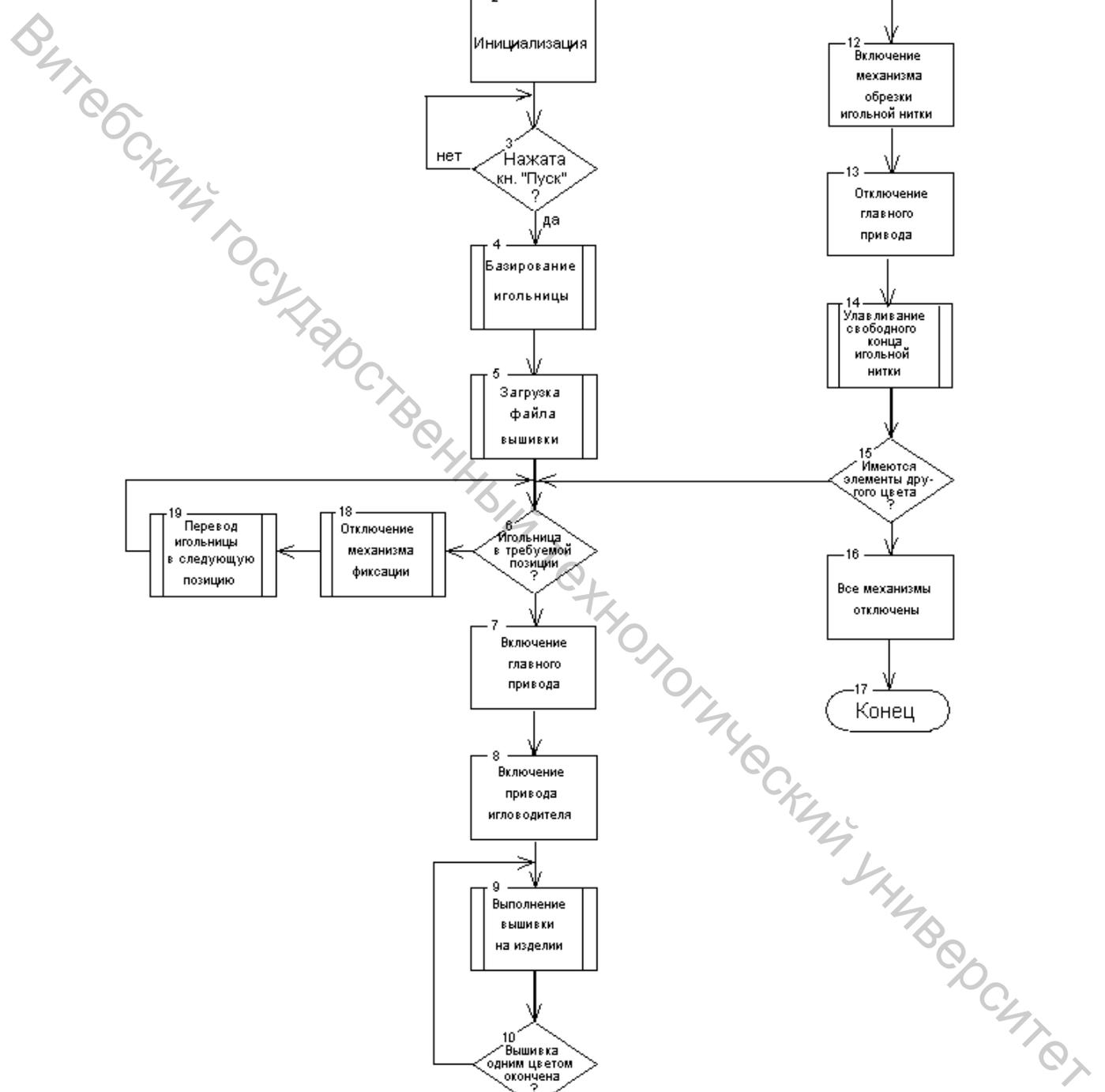


Рисунок 4.7 – Алгоритм функционирования

ВЫВОДЫ

1. Выполнен обзор оборудования для выполнения многоцветной вышивки, одноголовочных вышивальных многоигольных полуавтоматов. Отмечено, что наиболее важным в вышивальном многоигольном полуавтомате для выполнения многоцветной вышивки является механизм позиционирования многоигольной игольницы. Обоснована необходимость разработки отечественного швейного полуавтомата для выполнения многоцветной вышивки.

2. Выявлены ближайшие по классу одноголовочные многоигольные вышивальные полуавтоматы. Выполнен сравнительный анализ существующих конструкций основных механизмов и устройств вышивальных одноголовочных многоигольных полуавтоматов. Обоснование выбора основных конструктивных частей для разрабатываемого швейного полуавтомата послужило основанием к разработке конструкции вышивального одноголовочного многоигольного полуавтомата.

3. В результате анализа современного состояния вышивальных одноголовочных многоигольных полуавтоматов для многоцветной вышивки выявлены основные направления выбора базовой конструкции и конструктивных особенностей механизмов и устройств, а именно:

- расположение игольницы вышивального полуавтомата вдоль рукава швейной головки; способ позиционирования многоигольной игольницы – шаговый привод, содержащий червячный редуктор, синусный механизм;

- привод игловодителя и нитепритягивателя – кривошипно-кулисный; конструкции направляющих игловодителя и механизма привода игловодителя приняты конструктивно близкими к применяемым на полуавтоматах;

- принято решение о разработке оригинального устройства регуляторов натяжения нитки и механизма автоматического улавливания и удержания концов игольных ниток, с приводом от шагового электродвигателя со средствами кинематической связи, позволяющими помещать нить в накопитель с последующим удержанием.

4. Выполнено описание конструкции, технических характеристик, кинематической схемы вышивального одноголовочного многоигольного полуавтомата.

5. Сотрудниками ОАО «НП ОКБ машиностроение» г. Витебска и УО «ВГТУ» разработан вышивальный одноголовочный многоигольный полуавтомат с компьютерным блоком управления, отличительной особенностью конструкции которого является простота изготовления и обеспечение высокой точности при выполнении вышивки, низкие затраты на его серийное освоение и эксплуатацию. Получен патент Республики Беларусь № 6084 «Вышивальный полуавтомат».

5 ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВКЛЮЧЕНИЯ И ОТКЛЮЧЕНИЯ ИГЛ

5.1 Состояние вопроса и постановка задачи

Исследования опытного образца вышивального полуавтомата показали, что при срабатывании механизма включения и отключения игл могут иметь место отказы.

Кинематическая схема механизма включения и отключения игл показана на рисунке 5.1. На рисунке обозначены: 1 – электромагнит, 2 – пружина, 3 – центровые шпильки, 4 – игловодитель, 5 – ползун, 6 – защелка, 7 – рычаг, 8 – пружина, 9 – шатун, 10 – главный вал, 11 – направляющая игловодителя, 12 – кривошип, 13 – валик, 14 – ось, 15 – неподвижная пластина, 16 – нитепритягиватель, 17 – ось, 18 – направляющая, 19 – поводок, 20 – направляющая, 21 – стержень, 22 – игла, 23 – втулка с пазом, 24 – направляющая игольницы, 25 – камень, 26 – стержень, 27 – иглодержатель, 28 – якорь электромагнита, 29 – кронштейн, 30 – гайка.

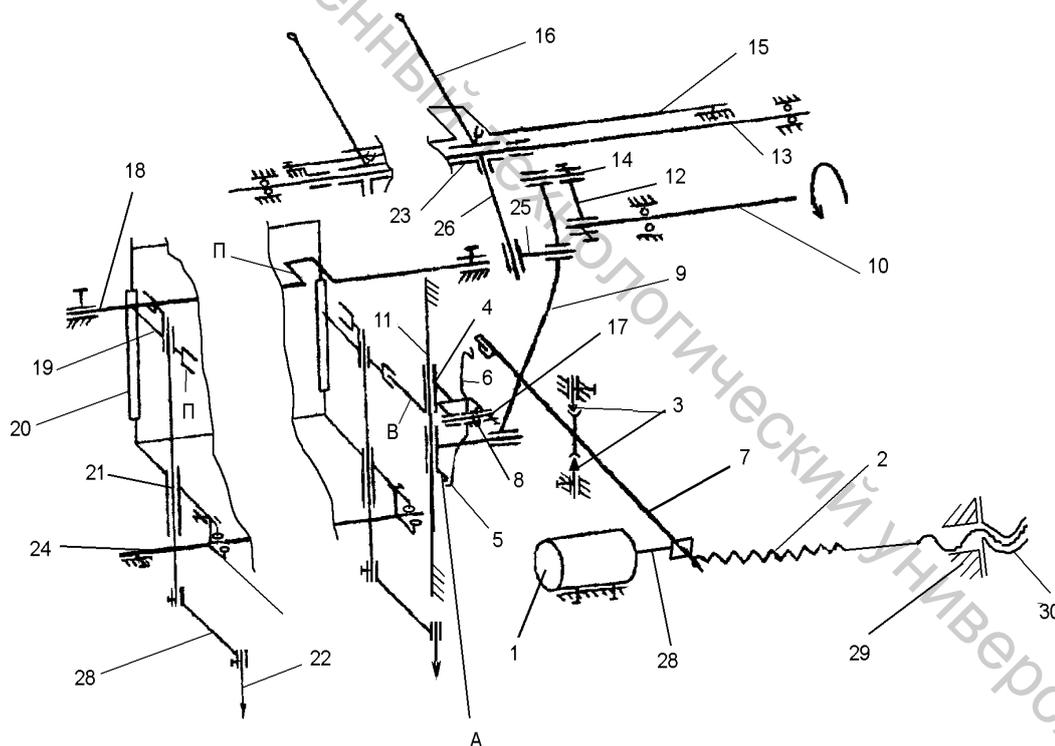


Рисунок 5.1 – Кинематическая схема механизма включения и отключения игл

При отсутствии напряжения в катушке электромагнита 1 поворотный рычаг 7 удерживает защелку 6. При вращении главного вала 10, посредством кривошипа 12, шатуна 9, ползун 5 осуществляет

возвратно-поступательное движение по направляющей 11, а игловодитель 4 удерживается защелкой 6 в крайнем верхнем положении. При подаче напряжения на электромагнит 1 рычаг 7 поворачивается по часовой стрелке и выходит из зацепления с верхним крючком защелки 6. Ползун 5 перемещается вверх по направляющей 11, выступом А входит в зацепление с нижним зубом защелки 6 и игловодителя 4 и после этого осуществляет совместное движение с ползуном 5 по направляющей 11 посредством прямоугольного выступа В, входящего в зацепление с прямоугольным пазом П поводка 19 одного из стержней 21. Движение от игловодителя 4 передается иглодержателю 27. При окончании процесса вышивки, в нижнем положении иглы 22, прекращается подача напряжения на электромагнит 1. Под действием пружины 2 поворотный рычаг 7 возвращается в исходное положение. При перемещении ползуна 5 и игловодителя 4 вверх верхний зуб защелки 6 входит в зацепление с поворотным рычагом 7, игловодитель фиксируется в верхнем положении вместе с другими игловодителями.

Конструкция устройства сцепления иглодержателей с игловодителем показана на рисунке 5.2 а, вид сверху – на рисунке 5.2 б, где сохранены те же обозначения: 1 – электромагнит, 2 – пружина, 3 – центровые шпильки, 4 – игловодитель, 5 – ползун, 6 – защелка, 7 – поворотный рычаг, 8 – пружина, 9 – шатун, 10 – главный вал, 11 – направляющая игловодителя, 12 – кривошип, 13 – валик, 14 – ось, 15 – неподвижная пластина, 16 – нитепритягиватель, 17 – ось, 18 – плоская направляющая, 19 – поводок, 20 – прямоугольная направляющая, 21 – стержень, 22 – игла, 23 – втулка, 24 – направляющая игольницы, 25 – камень, 26 – цилиндрическая кулиса, 27 – иглодержатель, 28 – якорь, 29 – опора, 30 – винт.

Механизм включения и отключения игл должен обеспечивать:

– надежное сцепление верхнего зуба защелки 6 с левым концом поворотного рычага 7 при движении ползуна 5 из крайнего нижнего положения вверх по окончании цикла вышивания;

– надежное сцепление нижнего зуба защелки 6 с выступом А ползуна 5 после освобождения ее поворотным рычагом 7 при движении ползуна 5 из исходного положения сначала вниз, а затем вверх в начале нового цикла вышивания.

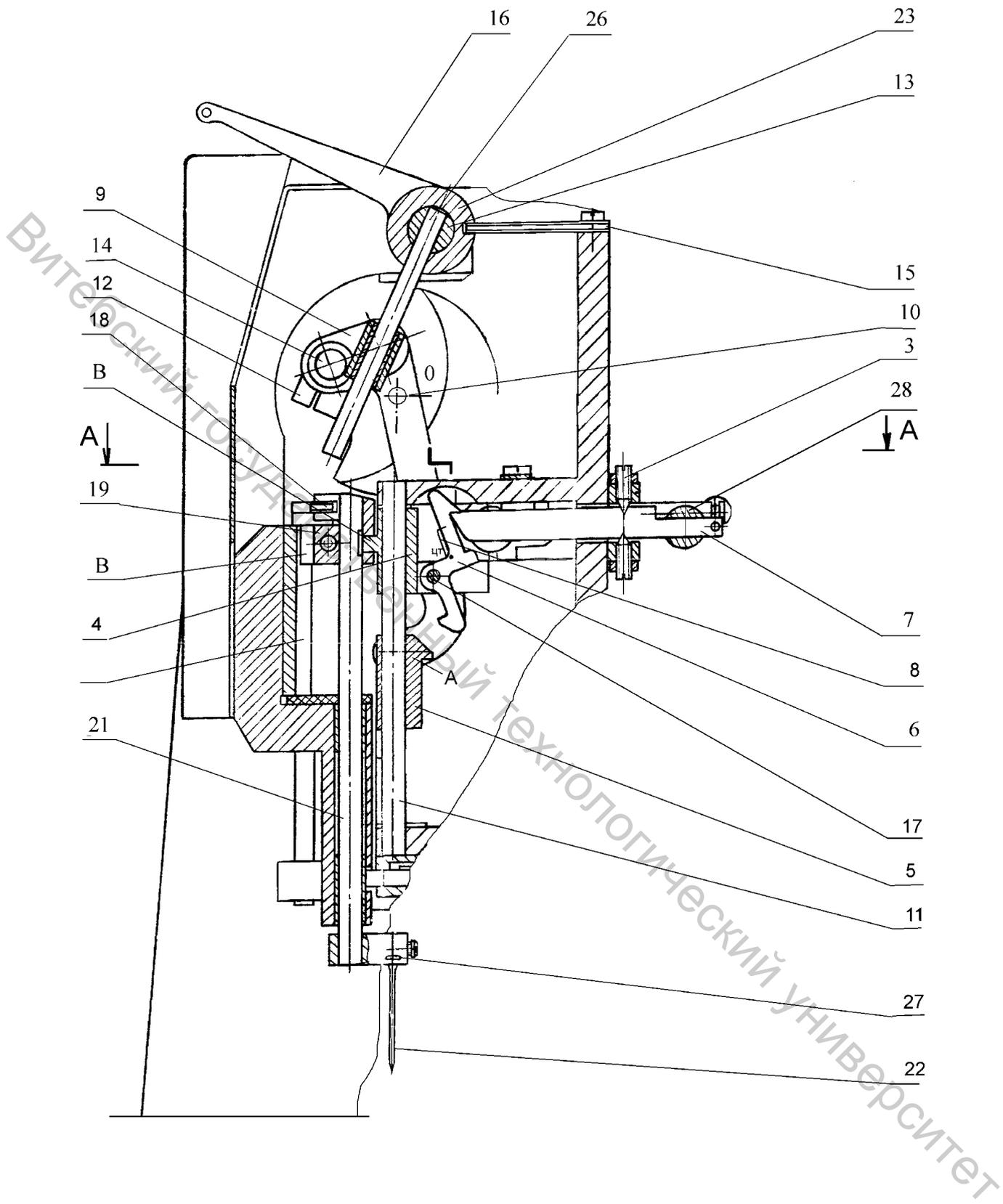


Рисунок 5.2 а – Механизм включения и отключения игл

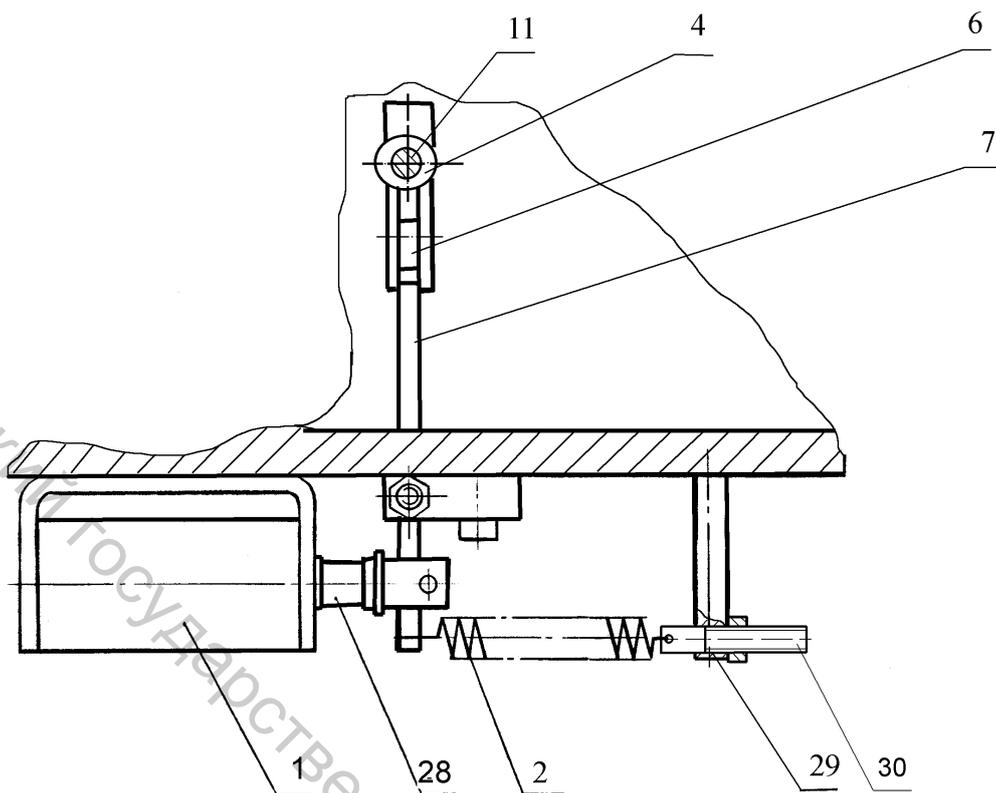


Рисунок 5.2 б – Механизм включения и отключения игл
(вид сверху)

Исследования опытного образца вышивального полуавтомата показали, что механизм включения и отключения игл недостаточно надежен. В работе механизма могут иметь место отказы:

- в конце цикла шитья игловодитель 4 не фиксируется в крайнем верхнем положении;
- в начале цикла шитья не происходит сцепление нижнего зуба А защелки 6 с выступом ползуна 5, в результате иглодержатель 21 не получает возвратно-поступательного движения.

5.2 Теоретическое исследование работы механизма включения и отключения игл

Процесс отключения игл

На рисунке 5.3 приведена циклограмма полуавтомата при отключении игл. На циклограмме показаны состояния ползуна 4, игловодителя 5, защелки 6, поворотного рычага 7 и катушки электромагнита 1 в функции углов поворота φ кривошипа механизма

ползуна 4. За начало отсчета углов φ принято положение кривошипа при верхнем положении ползуна 4.

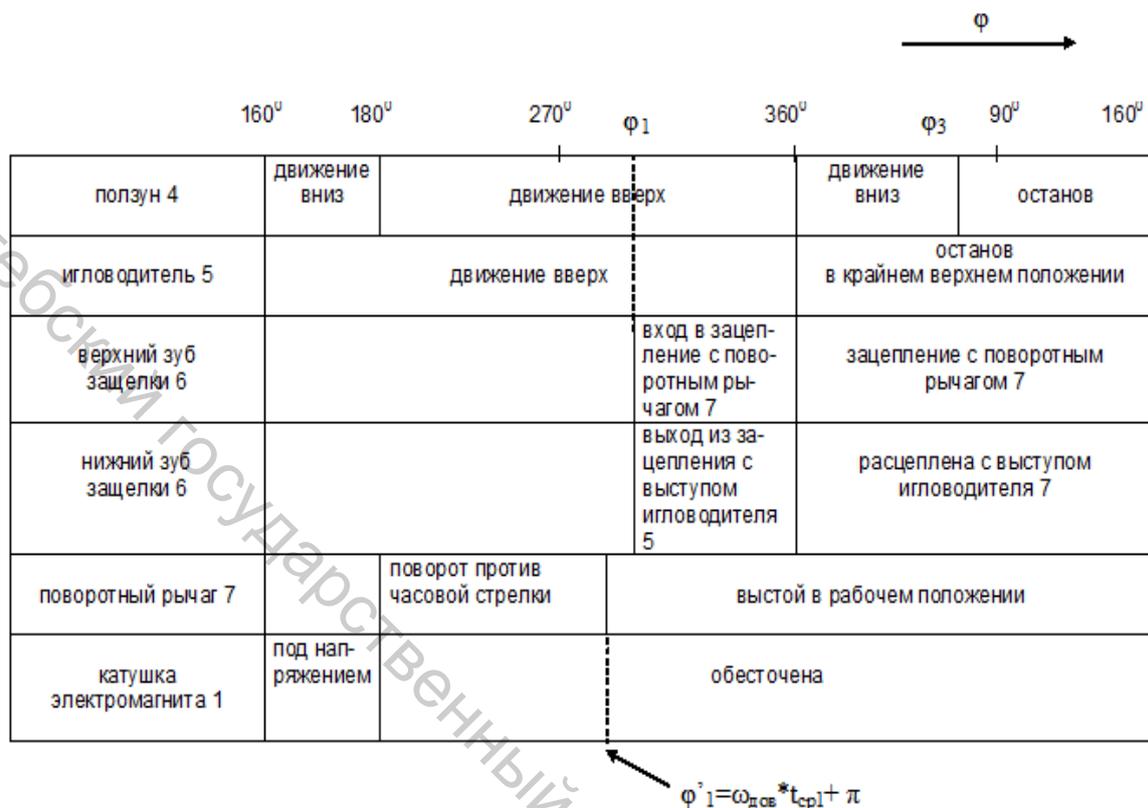


Рисунок 5.3 – Циклограмма полуавтомата при отключении иглы

В крайнем нижнем положении ползуна 4 ($\varphi=180^\circ$) катушка электромагнита 1, находящаяся в процессе шитья под напряжением, обесточивается, в результате пружина 2 (рис. 5.2 б) поворачивает поворотный рычаг 7 против часовой стрелки в рабочее положение. Одновременно угловая скорость главного вала снижается от рабочей до скорости доводки и начинается медленное вращение главного вала. Время поворота $t_{сп1}$ может быть определено теоретически или экспериментально.

Угол поворота главного вала φ'_1 , соответствующий установке поворотного рычага в рабочее положение, определится из равенства

$$\varphi'_1 = \pi + \omega_{дов} \cdot t_{сп1}, \quad (5.1)$$

где $\omega_{дов}$ – угловая скорость главного вала при доводке. При $\varphi=180^\circ$ ползун 5 и игловодитель 4 находятся в соединении посредством нижнего зуба защелки 6 в крайнем нижнем положении. При доводке главного вала ползун 5 и игловодитель 4 перемещаются вверх до

момента касания верхним зубом защелки 6 нижней поверхности поворотного рычага 7. На рисунке 5.4 показаны положения ползуна 4, игловодителя 5, защелки 6, поворотного рычага 7, кривошипа OA_1 и шатуна AB_1 в этот момент. Угол поворота кривошипа OA_1 определяется из равенства

$$\varphi_1 = \pi + \arccos \frac{r^2 + y_1^2 - l^2}{2 \cdot r \cdot y_1}, \quad (5.2)$$

где $r = OA$, $l = AB$.

$$y_1 = h + c + b + a. \quad (5.3)$$

Подставляя в (5.3) и (5.2) конструктивные параметры $r=18$ мм, $l=78$ мм, $h=32$ мм, $c=9$ мм, $b=21$ мм, $a=9$ мм, определим $\varphi_1=4,626$ рад.

На рисунке 5.5 приведены положения ползуна 4, игловодителя 5, защелки 6, поворотного рычага 7, кривошипа OA_3 и шатуна A_3B_3 в момент зацепления верхнего зуба защелки 6 с поворотным рычагом 7.

Необходимым условием зацепления верхнего зуба защелки 6 с поворотным рычагом 7 является неравенство

$$\varphi'_1 < \varphi_1.$$

Откуда имеем:

$$\pi + \omega_{оов} \cdot t_{cp1} < \varphi_1,$$

$$\omega_{оов} < \frac{\varphi_1 - \pi}{t_{cp1}}. \quad (5.4)$$

Проверка выполнения этого условия требует определения времени t_{cp1} .

Процесс включения игл

На рисунке 5.6 приведена циклограмма полуавтомата при включении иглы.

В исходном состоянии $\varphi = \varphi_3$ и полуавтомат не работает. Ползун 5 находится в крайнем верхнем положении и зацеплен посредством верхнего зуба защелки 6 с поворотным рычагом 7 (см. рис. 5.5) При включении швейной головки одновременно подается напряжение на катушку электромагнита 1. Якорь 28 (см. рис. 5.2 а) электромагнита втягивается в катушку и поворачивается рычаг 7 по часовой стрелке, переводя его из нерабочего положения в рабочее. Верхний зуб защелки 6 выходит из зацепления с поворотным рычагом и под действием спиральной пружины 8 (см. рис. 5.1) защелка 6 поворачивается по часовой стрелке в исходное положение (рис. 5.4).

Время срабатывания t_{cp2} электромагнита 1 при включении может быть определено теоретически и экспериментально. Угол поворота φ'_4 главного вала к моменту установки поворотного рычага 7 в нерабочее положение определится из равенства

$$\varphi'_4 = \pi + \omega_p \cdot t_{cp2}, \quad (5.4 \text{ a})$$

где ω_p – рабочая угловая скорость главного вала.

На рисунке 5.7 показаны положения ползуна 4, игловодителя 5, защелки 6, кривошипа OA_4 и шатуна A_4B_4 в момент касания наклонной плоскости выступа ползуна 4 и наклонной плоскости нижнего зуба защелки 6, т. е. в начале зацепления защелки 6, находящейся вместе с игловодителем 5 в крайнем верхнем положении, и выступа ползуна 4.

В этом положении шарнир B_4 шатуна отстоит от крайнего верхнего положения B_2 на расстояние e .

Угол поворота φ_4 кривошипа OA_4 к моменту касания наклонных плоскостей выступа ползуна 4 и нижнего зуба защелки 6 определится из равенства

$$\varphi_4 = \pi + \arccos \frac{r^2 + y_4^2 - l^2}{2 \cdot r \cdot y_4}, \quad (5.5)$$

где $y_4 = Z - r + e$.

Расстояние e можно определить с достаточной точностью посредством графических построений $e = 5,5$ мм. Тогда из (5.5) определим $\varphi_4 = 5,376$ рад.

Необходимым условием зацепления нижнего зуба защелки 6 с выступом ползуна 4 является неравенство

$$\varphi'_4 < \varphi_4.$$

Откуда имеем:

$$\begin{aligned} \pi + \omega_p \cdot t_{cp2} &< \varphi_4, \\ \omega_p &< \frac{\varphi_4 - \pi}{t_{cp2}}. \end{aligned} \quad (5.6)$$

Проверка выполнения неравенства (5.6) возможна при известном t_{cp2} .

где $t_{П1}$ – время подготовительного периода, в котором происходит снижение тягового усилия электромагнита при неподвижном якоре; $t_{ДВ1}$ – время движения якоря 28 при повороте рычага 7.

Определение времени подготовительного периода при отключении игл ($t_{П1}$)

При отключении катушки электромагнита изменение тока происходит согласно уравнению:

$$i = \frac{U}{R \cdot e^{\frac{t}{T_1}}}, \quad (5.7)$$

где T_1 – электромагнитная постоянная времени; R – сопротивление катушки; U – напряжение; t – текущее время.

$$T_1 = \frac{L(x)}{R}, \quad (5.8)$$

где $L(x)$ – индуктивность катушки; Гн; R – сопротивление катушки, Ом.

Тяговое усилие электромагнита в подготовительном периоде изменяется по формуле

$$F_M(x) = \frac{i^2}{2} \cdot \left(\frac{dL(x)}{dx} \right). \quad (5.9)$$

Подготовительный период заканчивается при выполнении условия

$$F_M(x) = P_0 + k \cdot x, \quad (5.10)$$

где k – жесткость пружины; x – перемещение якоря электромагнита.

Подставив полученное из (5.10) значение $F_M(x)$ в (5.9), определим:

$$i = \sqrt{\frac{2 \cdot F_M(x)}{\frac{dL(x)}{dx}}}.$$

Затем при известном значении i из (5.7) определим:

$$t_{П1} = T_1 \cdot \ln \frac{U}{i \cdot R}. \quad (5.11)$$

Определение времени движения якоря

Для определения $t_{дв1}$ необходимо решить уравнение движения якоря электромагнита:

$$m_{np} \frac{d^2 x}{dt^2} = P_0 + kx - F_M(x), \quad (5.12)$$

где m_{np} – приведенная к якорю электромагнита масса подвижных частей механизма.

При численном решении приращение Δi тока обмотки определится из формулы

$$\Delta i = \left(u - i \cdot R + i \cdot \frac{dL(x)}{dx} \cdot V \right) \cdot \frac{\Delta t}{L(x)}. \quad (5.13)$$

Приведенная масса к якорю электромагнита:

$$m_{np} = m_{я} + m_{np.p},$$

где $m_{я}$ – масса якоря; $m_{np.p}$ – масса рычага, приведенная к якорю электромагнита.

$$m_{np.p} = \frac{I_7}{U_7^2}, \quad (5.14)$$

где I_7 – момент инерции рычага 7; U_7 – передаточное число от якоря электромагнита к 7-му звену.

$$U_7 = \frac{V_M}{\omega_7}, \quad (5.15)$$

где V_M – скорость якоря электромагнита; ω_7 – угловая скорость рычага; U_7 – передаточное число 7-го звена.

$$V_M = \omega \cdot l, \quad (5.16)$$

где l – расстояние от оси вращения рычага до оси якоря электромагнита ($l=17$ мм).

Подставив (5.16) в (5.15), имеем:

$$U_7 = \frac{V_M}{V_V} \cdot l = l.$$

Приведенная к штоку электромагнита масса звеньев механизма рассчитана по известным формулам теории механизмов и машин [44], $m_{np} = 0,0304$ кг, координаты центра масс относительно оси вращения $x_s = 11,24$ мм, $y_s = 0$. Инерционные параметры звеньев механизма сведены в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Инерционные параметры звеньев механизма привода фиксатора

Параметры звеньев	Название звена				
	Якорь электромагнита	Защелка	Поворотный рычаг	Пружина	Штифт
1	2	3	4	5	6
Номер позиции	1	6	7	11	29
Масса, кг	0,0194	0,0058	0,0143	-	0,0017
Момент инерции, $кг \cdot м^2 \cdot 10^{-6}$	-	0,655	6,673	-	-

Электромагнитные параметры электромагнита определим экспериментально.

Схема экспериментальной установки [142] представлена на рисунке 5.5, где 1 – потенциометр (тип Е12-1А), применяемый для измерения индуктивности; 2 – исследуемый электромагнит; 3 – якорь электромагнита; 4 – измерительная линейка, жестко связанная с корпусом электромагнита. Потенциометр подключается к блоку питания. Электромагнит располагается горизонтально.

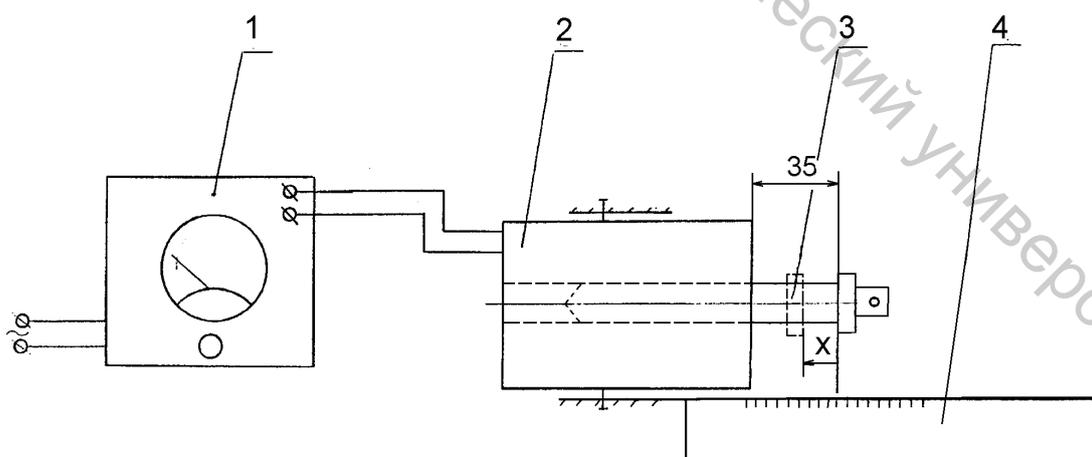


Рисунок 5.5 – Схема экспериментальной установки для определения изменения индуктивности от положения якоря электромагнита

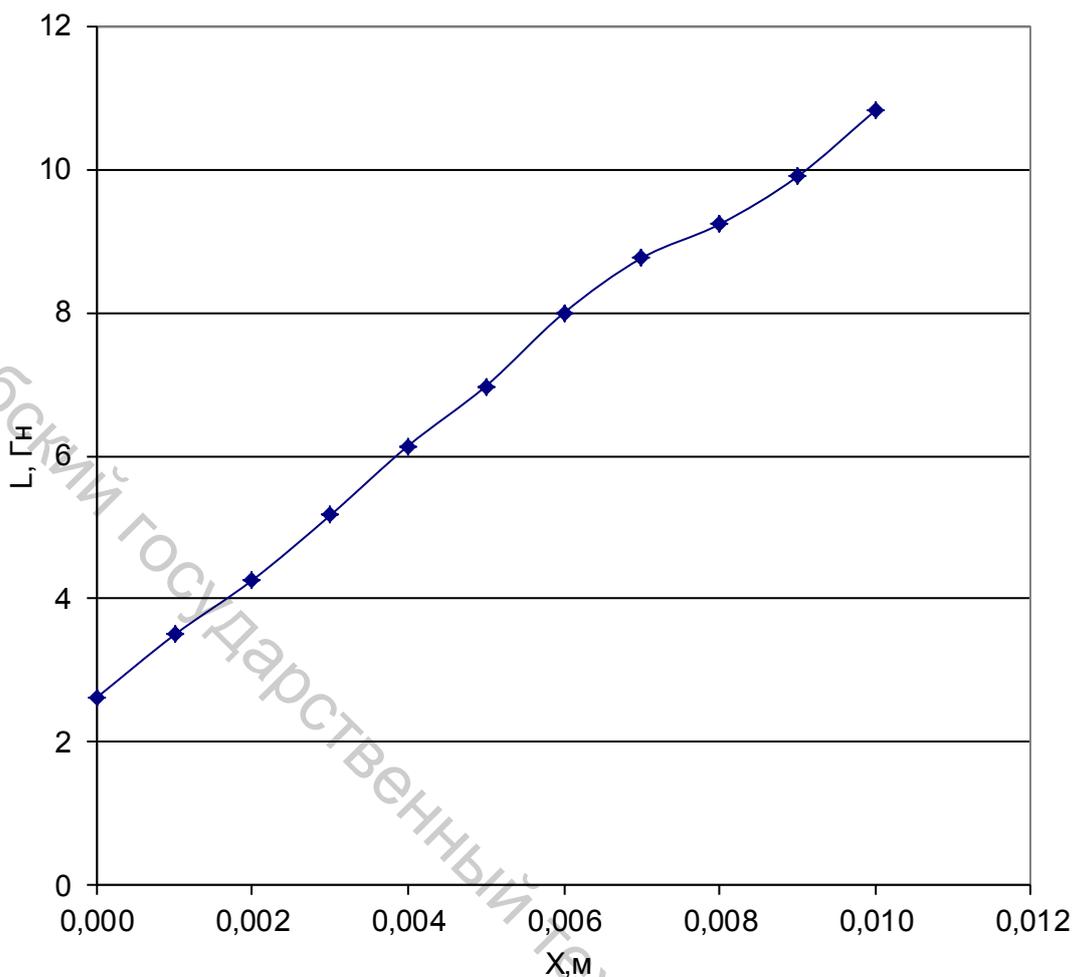


Рисунок 5.6 – График зависимости индуктивности от положения якоря электромагнита

Последовательность проведения эксперимента. Якорь 3 электромагнита 2 (рис. 5.5) устанавливался на максимально возможное устойчивое положение, что соответствует удалению опорной плоскости якоря 3 от корпуса 2 электромагнита на 35 мм. Указанное положение якоря принималось за начало отсчета координаты x . Фиксировали показания потенциометра, измеренное численное значение величины индуктивности в обмотке электромагнита заносится в таблицу. Якорь электромагнита 3 перемещался на $x=1$ мм в направлении корпуса 2. Измерения осуществлялись аналогично. Измерения повторялись десять раз, последнее измерение осуществлялось при положении штока электромагнита 25 мм. Результаты экспериментальных значений индуктивности помещены в таблицу 5.2.

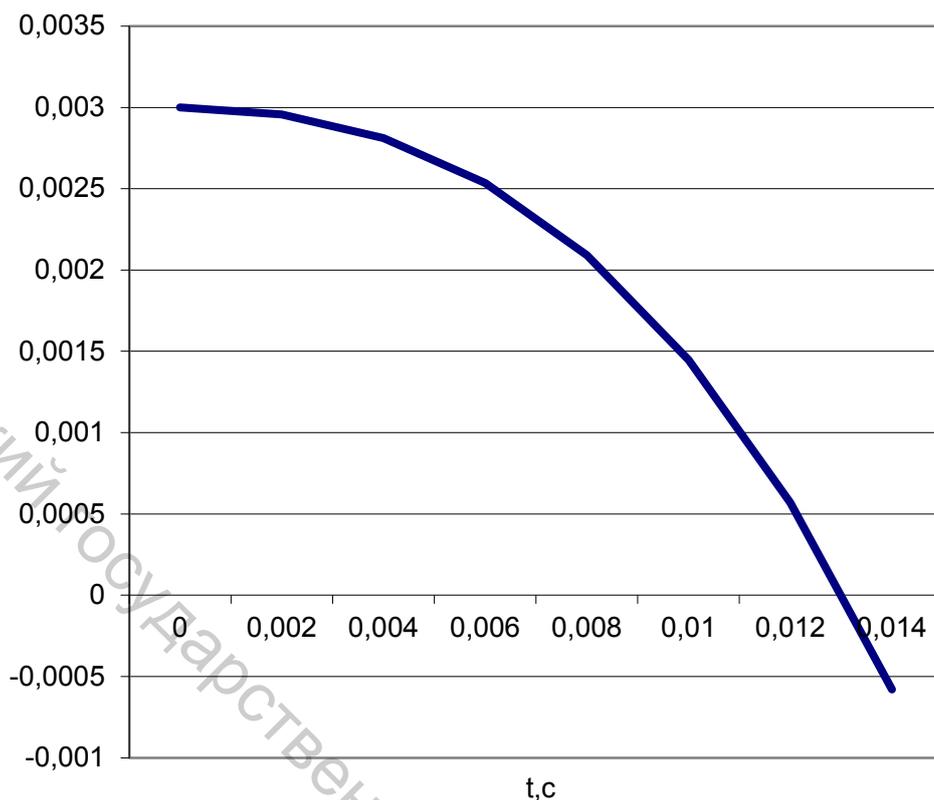


Рисунок 5.7 – Зависимость положения якоря электромагнита от времени

По численным данным индуктивности электромагнита построим график зависимости индуктивности в обмотках от положения якоря электромагнита (рис. 5.7). Аппроксимируя кривую линейной зависимостью по методу наименьших квадратов, получаем зависимость индуктивности в обмотках электромагнита от перемещения якоря электромагнита:

$$L(x) = 820x + 8,34 .$$

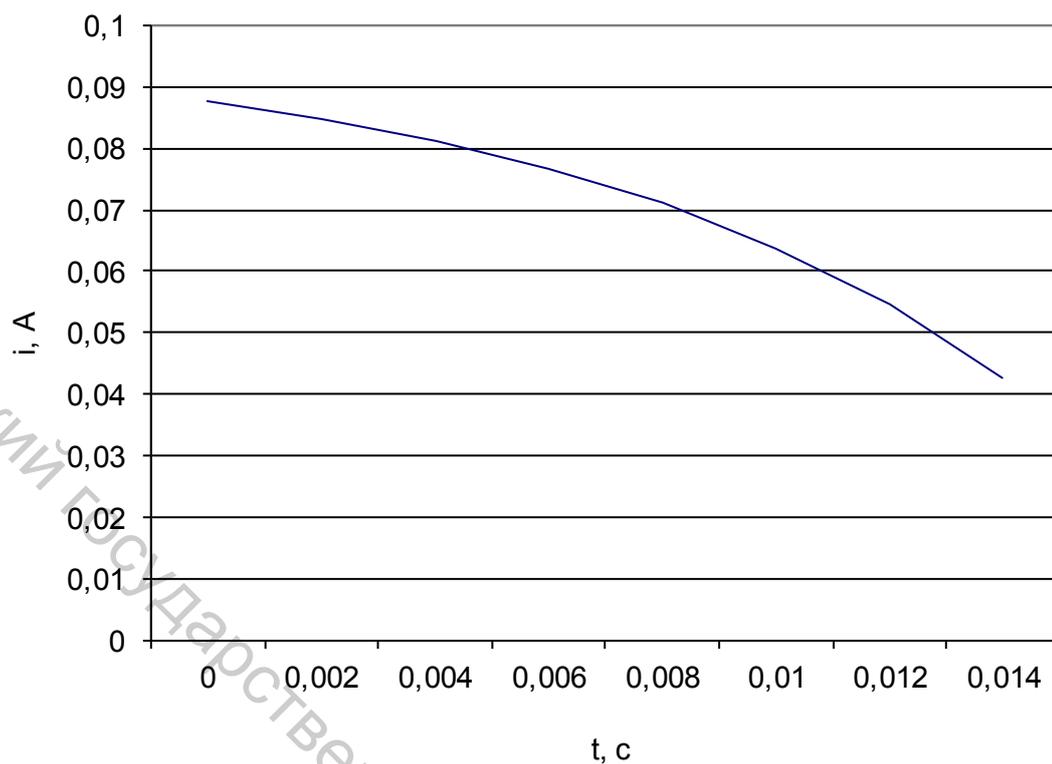


Рисунок 5.8 – Зависимость силы тока в обмотке электромагнита от времени

Таблица 5.2 – Изменение индуктивности от положения якоря электромагнита

X, мм	Индуктивность L, Гн										Сред- нее значе- ние
	Номер опыта										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	3,22	1,98	2,98	2,95	3,41	2,19	2,17	2,48	2,27	2,58	2,623
1	3,86	3,63	3,35	3,47	4,18	2,95	3,17	3,58	3,26	3,55	3,5
2	4,41	4,26	4,11	4,15	4,75	3,97	3,97	4,4	4,08	4,53	4,263
3	5,2	4,98	5,19	5,22	5,58	5,04	4,97	5,38	4,84	5,28	5,168

Окончание таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	6,2	5,97	6,12	6,14	6,44	6	5,98	6,26	5,95	6,32	6,138
5	7	6,95	6,93	6,77	7,14	6,93	6,86	7,02	6,89	7,24	6,973
6	7,96	8,12	7,9	7,78	8,19	8,14	7,7	8,04	7,93	8,17	7,993
7	8,78	9,1	8,53	8,49	8,75	8,96	8,54	8,81	8,73	8,92	8,761
8	9,3	8,9	9,4	9,53	9,4	9,1	9	9,3	9,3	9,1	9,233
9	9,68	9,9	9,88	9,79	10,14	9,79	9,81	9,96	10,01	9,99	9,898
10	10,2	10,6	10,78	11,02	11,03	10,72	10,98	11,04	10,95	10,88	10,82

Дифференцируя полученную зависимость $f(x)$ по x , определим $F(x)$ – зависимость индуктивности от перемещения якоря электромагнита:

$$F(x) = \frac{dL}{dx} = 820 \text{ Н.}$$

Численное решение при начальных условиях: $R=147 \text{ Ом}$, $U=30 \text{ В}$, $x=0,003 \text{ м}$, $\frac{dL(x)}{dx} = 981 \text{ Гн/м}$, $P_0=3,4 \text{ Н}$.

Определим жесткость пружины:

$$k = \frac{1000 \cdot d^4}{D_0^3 \cdot n},$$

где d_4 – диаметр проволоки пружины, $d_4 = 0,65 \text{ мм}$; D_0 – средний диаметр пружины, $D_0 = 5,35 \text{ мм}$; n – количество витков, $n = 34$. Откуда получаем $k = 342,9 \text{ Н/м}$.

При положении якоря электромагнита $x = 3 \text{ мм}$ рассчитаем численное значение P :

$$P = P_0 + k \cdot x = 3,4 + 340 \cdot 0,003 = 4,42 \text{ Н.}$$

С учетом этого имеем:

$$i = \sqrt{\frac{2 \cdot F_M(x)}{\frac{dL(x)}{dx}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4,42}{981}} = 0,09 \text{ А.}$$

Электромагнитная постоянная времени при включенном электромагните

$$T_1 = \frac{L(x_0)}{R}.$$

При $x = 0,003$, и $L(x) = 981 \times 0,003 + 12,03 = 14,97$ Гн, T_1 имеет численное значение:

$$T_1 = \frac{14,97}{147} = 0,1 \text{ с.}$$

Тогда имеем:

$$t_{\text{пл}} = T_1 \cdot \ln \frac{U}{i \cdot R} = 0,1 \cdot \ln \frac{30}{0,09 \cdot 147} = 0,082 \text{ с.}$$

Определение времени движения якоря в исходное положение

Для численного решения системы уравнений методом Эйлера была составлена программа на языке Turbo Pascal, представленная в приложении.

Начальные условия : $\Delta t = 0,002$ с; $R = 147$ Ом; $u = 30$ В; $T_1 = 0,1$; $i = 0,09$ А; $m_{\text{пр}} = 0,0302$ кг; $x = 0,003$ м; $t_0 = 0$; $V_0 = 0$; $P_{\text{пр}} = 4,42$ Н; $L(x) = 14,97$ Гн; $\frac{dL(x)}{dx} = 981$ Гн/м.

Численный расчет выполняется в следующей последовательности.

1. $\Delta t = 0,002$; $t_j = t_{j-1} + \Delta t$; $j = 1, 2, \dots$
2. $L(x)_j = 820 \cdot x_{j-1} + 12,03$, $\left(\frac{dL}{dx}\right)_j = 981$.
3. $F_{\text{прС}}(x)_j = k \cdot x_{j-1} + P_0$.
4. $F_M(x)_j = \frac{i_{j-1}^2}{2} \cdot \left(\frac{dL(x)}{dx}\right)_j$.
5. $m = m_{\text{пр}}$.
6. $a_j = \frac{F_{\text{прС}}(x)_j - F_M(x)_j}{m}$.
7. $\Delta V_j = a_j \cdot \Delta t$; $V_j = V_{j-1} + \Delta V_j$.
8. $\Delta x_j = \frac{V_{j-1} - V_j}{2} \cdot \Delta t$; $x_j = x_{j-1} + \Delta x_j$.
9. $\Delta i_j = \left(u - i_{j-1} \cdot R - i_{j-1} \cdot v_j \cdot \left(\frac{dL}{dx}\right)_j\right) \cdot \frac{\Delta t}{L_j}$; $i_j = i_{j-1} - \Delta i_j$.

Распечатка результатов расчета приведена в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Определение времени движения якоря в исходное положение

$t_{дв1},$ С	L, Гн	dl/ dx	F _m , Н	F _{прС} , Н	a, м/с ²	dV, м/с	V, м/с	dx, м	x, м	Δi, А	i, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	12,03	981	0	3,4	0	0	0	0	0	0,002	0,09
0,002	12,03	981	4,22	3,4	27,433	0,054	0,054	5,5E-05	5,5E-05	0,003	0,09
0,004	12,07	981	4,55	3,41	37,926	0,075	0,130	0,00019	0,00024	0,004	0,10
0,006	12,22	981	5,01	3,48	50,961	0,101	0,232	0,00036	0,0006	0,006	0,10
0,008	12,52	981	5,63	3,60	67,622	0,135	0,367	0,0006	0,0012	0,007	0,11
0,01	13,01	981	6,49	3,80	89,388	0,178	0,546	0,00091	0,00212	0,009	0,12
0,012	13,76	981	7,66	4,12	118,24	0,236	0,783	0,00133	0,00345	0,012	0,13

Расчетное время движения якоря $t_{дв1} = 0,014$ с. Откуда имеем:

$$t_{CP1} = t_{П1} + t_{дв1} = 0,082 + 0,014 = 0,096 \text{ с.}$$

5.4 Расчет времени срабатывания при включении игл (t_{CP2})

Время t_{CP2} определяется по формуле

$$t_{CP2} = t_{П2} + t_{дв2},$$

где $t_{П2}$ – время подготовительного периода, в котором происходит увеличение тягового усилия электромагнита при неподвижном якоре; $t_{дв2}$ – время движения якоря 28 при повороте рычага 7.

Движение рычага 7 происходит под действием штока электромагнита, преодолевающего силу сопротивления пружины, сил инерции звеньев системы и сил трения. Изменение тока в обмотке электромагнита, с учетом того, что $x=0$ до момента, когда шток приходит в движение, имеет вид:

$$i = \frac{u}{R} \cdot (1 - \exp(\frac{-t}{T_1})), \quad (5.17)$$

где T_1 – электромагнитная постоянная времени при включенном электромагните.

$$T_1 = \frac{L(x_0)}{R}. \quad (5.18)$$

Тяговое усилие электромагнита изменяется по формуле

$$F_M(x) = \frac{i^2}{2} \cdot \left(\frac{dL(x)}{dx} \right). \quad (5.19)$$

Подготовительный период заканчивается при

$$F_M(x) = P_0 + k \cdot x. \quad (5.20)$$

При известном i из (5.15) определим

$$t_2 = T_1 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{i \cdot R}{u}}. \quad (5.21)$$

Для определения $t_{дв}$ необходимо решить уравнение движения якоря электромагнита

$$m_{np} \frac{d^2 x}{dt^2} = F_M(x) - P_0 - kx, \quad (5.22)$$

где m_{np0} – приведенная к якорю электромагнита масса подвижных звеньев механизма.

При численном решении приращение Δi тока обмотки определим из формулы

$$\Delta i = \left(u - i \cdot R + i \cdot \left(\frac{dL}{dx} \right) \cdot V \right) \cdot \frac{\Delta t}{L}. \quad (5.23)$$

Численное решение $t_{п2}$ при начальных условиях: $R = 147$ Ом; $u = 30$ В; $x_0 = 0$; $m_{np} = 0,0302$ кг; $P_0 = 3,4$ Н; $L(x) = 12,03$ Гн;

$$\frac{dL(x)}{dx} = 981 \text{ Гн/м.}$$

$$i = \sqrt{\frac{2 \cdot F_M(x)}{\frac{dL(x)}{dx}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,4}{981}} = 0,083 \text{ А.}$$

$$T_1 = \frac{L(x)}{R} = \frac{12,03}{147} = 0,082 \text{ с.}$$

Из (5.21) имеем:

$$t_{п2} = T_1 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{i \cdot R}{u}} = 0,082 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{0,083 \cdot 147}{30}} = 0,048 \text{ с.}$$

Расчет времени движения якоря

Для численного решения системы уравнений была составлена программа на языке Turbo Pascal.

Начальные условия:

$$\Delta t = 0,002 \text{ с; } R = 147 \text{ Ом; } u = 30 \text{ В; } T_1 = 0,032; I_{уст} = 0,204 \text{ А; } m_{пр} = 0,0302 \text{ кг;}$$

$$x_0 = 0; t_0 = 0; V_0 = 0; i = 0,09 \text{ А; } P_0 = 3,4 \text{ Н; } L(x_0) = 12,03 \text{ Гн; } \frac{dL(x)}{dx} = 981 \text{ Гн/м.}$$

Численный расчет выполняется в следующей последовательности:

$$1. \Delta t = 0,002; t_j = t_{j-1} + \Delta t; j = 1, 2, \dots$$

$$2. L(x)_j = 820 \cdot x_{j-1} + 12,03, \left(\frac{dL}{dx} \right) = 981.$$

$$3. F_{прС}(x)_j = k \cdot x_{j-1} + P_0.$$

$$4. F_M(x)_j = \frac{i_{j-1}^2}{2} \cdot \left(\frac{dL(x)}{dx} \right)_j.$$

$$5. m = m_{пр}.$$

$$6. a_j = \frac{F_M(x)_j - F_{прС}(x)_j}{m}.$$

$$7. \Delta V_j = a_j \cdot \Delta t; V_j = V_{j-1} + \Delta V_j.$$

$$8. \Delta x_J = \frac{V_J + V_{J-1}}{2} \cdot \Delta t; \quad x_J = x_{J-1} + \Delta x_J.$$

$$9. \Delta i_J = \left(u - i_{J-1} \cdot R - i_{J-1} \cdot v_J \cdot \left(\frac{dL}{dx} \right)_J \right) \cdot \frac{\Delta t}{L_J}; \quad i_J = i_{J-1} + \Delta i_J.$$

Распечатка результатов расчета приведена в таблице 5.4. На рисунках 5.9–5.14 построены графики зависимости положения якоря, силы сопротивления, силы тока в обмотке, движущей силы, силы сопротивления пружины от времени.

Таблица 5.4 – Расчет времени движения якоря

$t_{дв2},$ С	$L,$ Гн	$dl/$ dx	$F_m,$ Н	$F_{прС},$ Н	$a,$ м/с ²	$dV,$ м/с	$V,$ м/с	$dX,$ м	$X,$ м	$\Delta i,$ А	$i,$ А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	14,490	981	4,42	4,42	0	0	0	0	0,003	0,002	0,08
0,002	14,490	981	3,77	4,42	21,62	0,043	0,043	4,3E-05	0,0029	0,002	0,08
0,004	14,454	981	3,53	4,40	29,14	0,058	0,101	0,0001	0,0028	0,003	0,08
0,006	14,335	981	3,24	4,35	37,17	0,074	0,175	0,0002	0,0025	0,004	0,07
0,008	14,108	981	2,89	4,26	45,68	0,091	0,267	0,0004	0,0020	0,005	0,07
0,01	13,744	981	2,47	4,11	54,48	0,108	0,376	0,0006	0,0014	0,007	0,06
0,012	13,217	981	1,99	3,89	63,23	0,126	0,502	0,0008	0,0005	0,009	0,05
0,014	12,496	981	1,45	3,59	71,16	0,142	0,645	0,0011	-0,000	0,011	0,0

Расчетное время движения якоря $t_{дв2} = 0,012$ с. Откуда имеем:

$$t_{ср2} = t_{п2} + t_{дв2} = 0,048 + 0,012 = 0,06 \text{ с.}$$

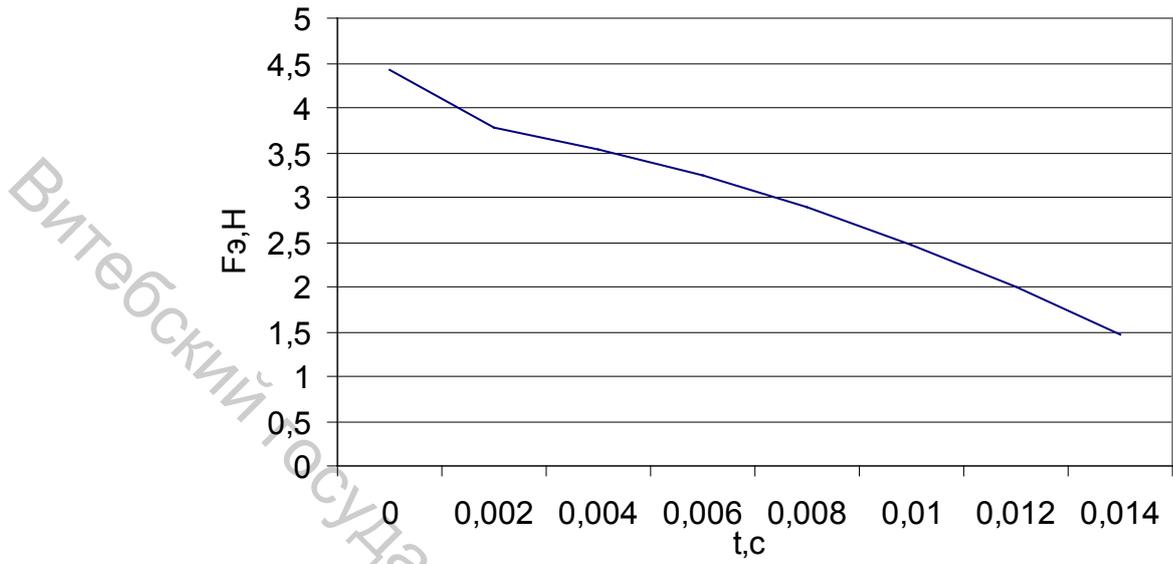


Рисунок 5.9 – Зависимость движущей силы электромагнита от времени

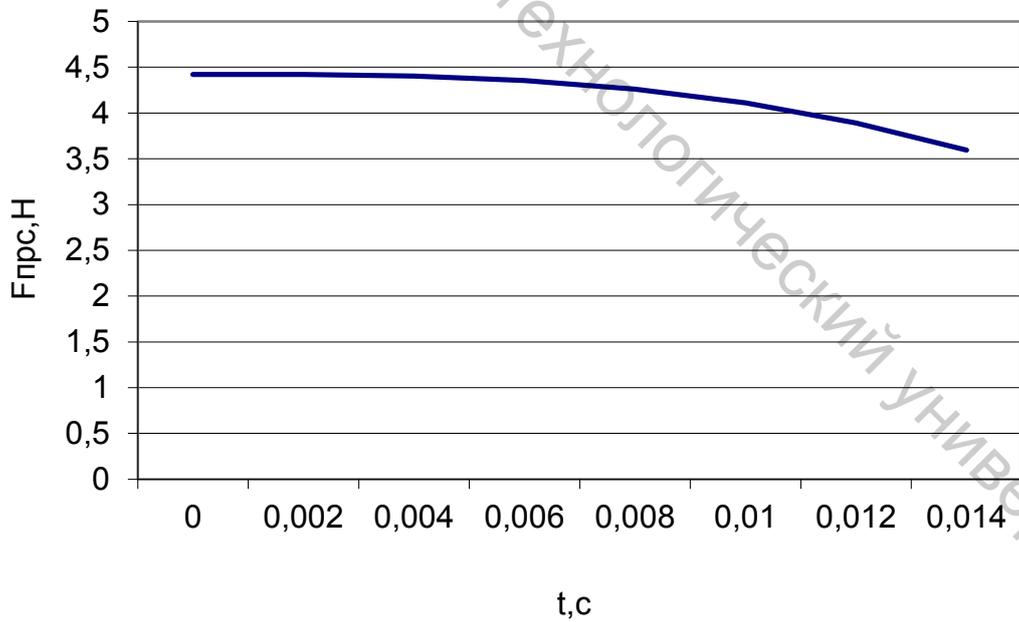


Рисунок 5.10 – Зависимость силы сопротивления от времени

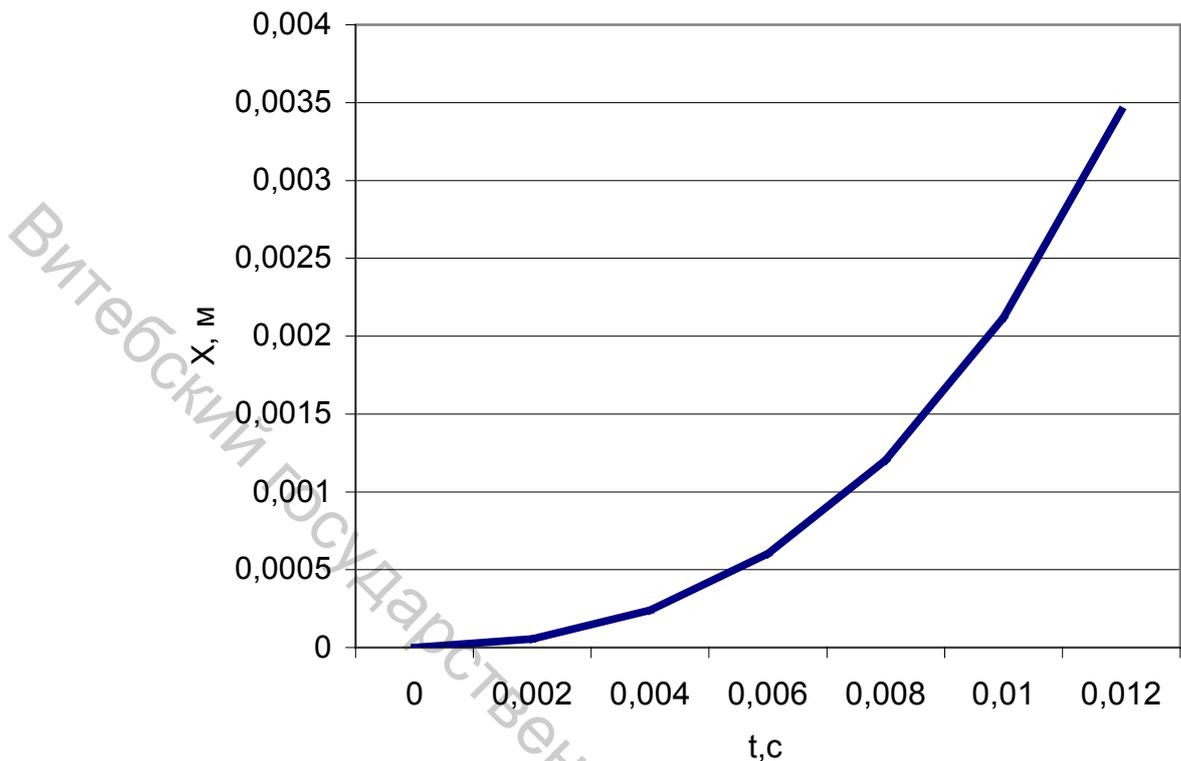


Рисунок 5.11 – Зависимость положения якоря электромагнита от времени

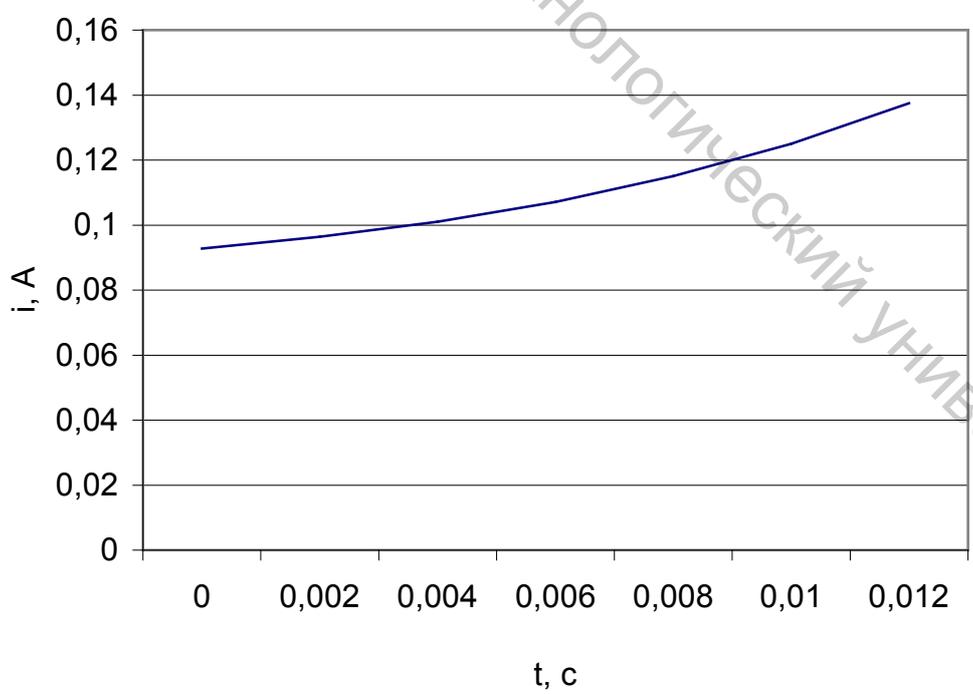


Рисунок 5.12 – Зависимость силы тока в обмотке электромагнита от времени

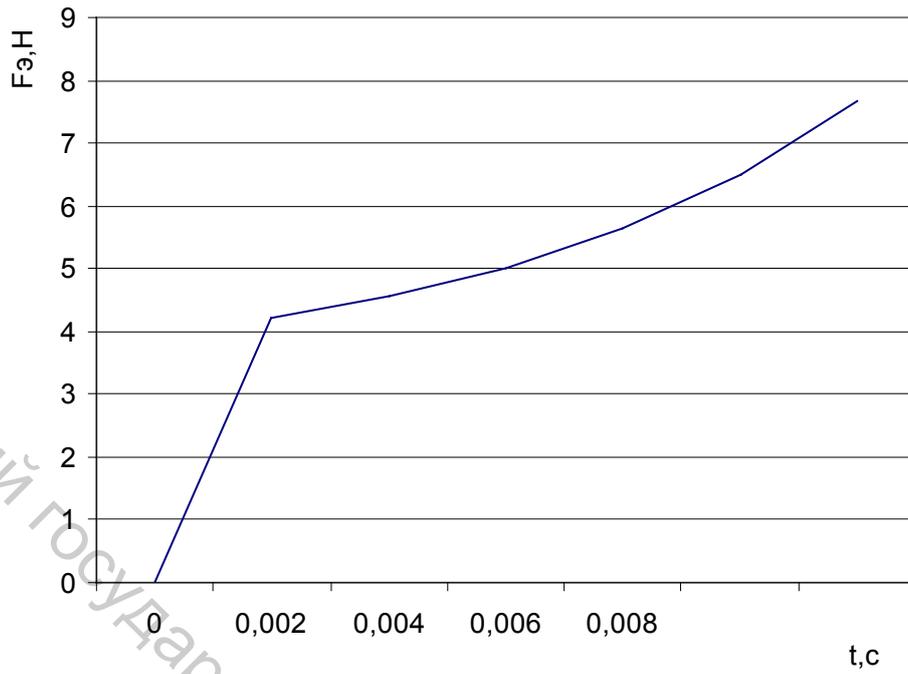


Рисунок 5.13 – Зависимость движущей силы электромагнита от времени

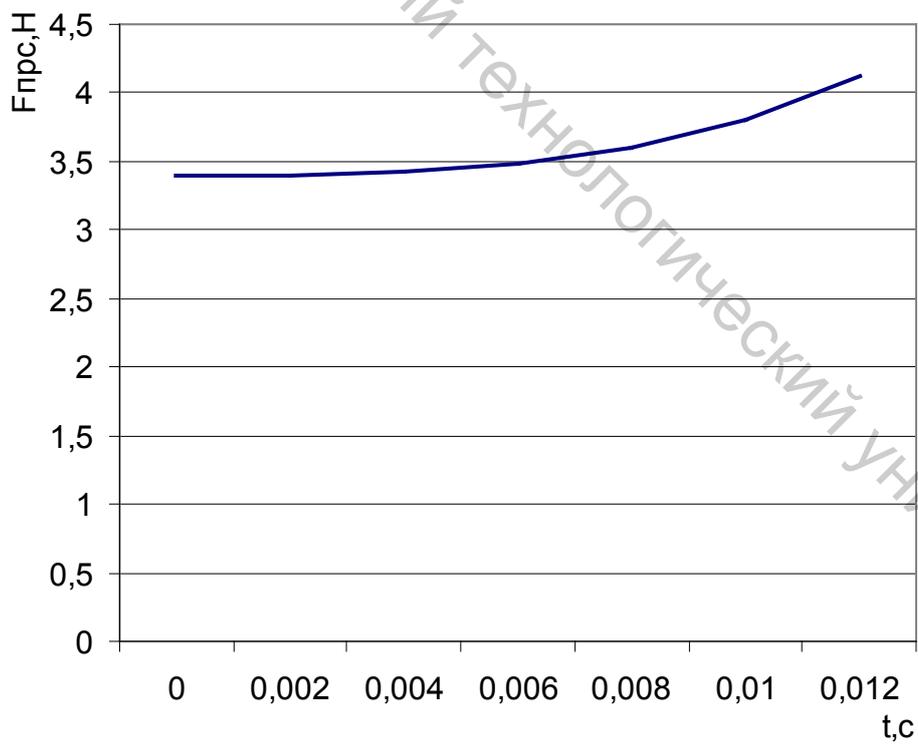


Рисунок 5.14 – Зависимость силы сопротивления от времени

5.5 Анализ режимов работы механизма включения и отключения игл

Возможные сбои в работе вышивального полуавтомата связаны с неправильной настройкой начального натяжения возвратной пружины. Начальное усилие P_0 пружины изменяется регулировочным винтом 30 (рис. 5.2 б). При излишней величине P_0 нижний ползун не входит в зацепление с защелкой во время первого оборота главного вала, что приводит к пропуску стежков в начале шитья. Если усилие P_0 недостаточное, то поворотный рычаг не успевает повернуться под действием пружины в исходное положение за время последнего оборота главного вала. Это приводит к эффекту «зависания» игловодителя в нижнем положении. Необходимо провести анализ режимов работы механизма и выбрать оптимальный.

Анализ работы механизма при отключении

Зададимся начальным усилием P_0 при крайнем положении якоря: $P_0 = 1 \dots 8$ Н, с интервалом 0,2 Н.

Время выключения:

$$t_{CP1} = t_{П1} + t_{ДВ1},$$

где

$$t_{П1} = T_1 \cdot \ln \frac{u}{i \cdot R}.$$

Сила тока

$$i = \sqrt{\frac{2 \cdot F_M(x)}{\frac{dL(x)}{dx}}}.$$

Подготовительный период заканчивается при

$$F_M(x) = k \cdot x + P_0,$$

где k – жесткость пружины; x – перемещение якоря электромагнита.

Надежное отключение игл происходит при выполнении неравенства (5.4), при этом

$$t_{CP1} < \frac{\varphi_1 - \pi}{\omega_{дог}}.$$

Откуда имеем:

$$\omega_{\text{дов}} < \frac{\varphi_1 - \pi}{t_{\text{сп1}}} . \quad (5.24)$$

Время включения составит:

$$t_{\text{СП2}} = t_{\text{П2}} + t_{\text{ДВ2}} ,$$

где

$$t_{\text{П2}} = T_1 \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{i \cdot R}{u}} .$$

Сила тока:

$$i = \sqrt{\frac{2 \cdot F_M(x)}{\frac{dL(x)}{dx}}} .$$

Подготовительный период заканчивается при

$$F_M(x) = P_0 + k \cdot x ,$$

где k – жесткость пружины; x – перемещение якоря электромагнита.

Максимальная рабочая скорость доводки $n_{\text{дов}}$, при которой обеспечивается надежное включение игл, определится из неравенства (5.6)

$$\omega_P < \frac{\varphi_4 - \pi}{t_{\text{сп2}}} . \quad (5.25)$$

Для механизма включения и отключения игл: $\varphi_1 = 4,626 \text{ рад}$; $\varphi_4 = 5,376 \text{ рад}$.

Проведем расчеты минимальных значений угловой скорости доводки $\omega_{\text{дов}}$ согласно (5.24) и соответствующих максимальных значений рабочей скорости ω_P полуавтомата, при которых обеспечивается надежная работа механизмов отключения и включения игл для $P_0 = (2, 2 \dots 5)$ Н. Эти значения $\omega_{\text{дов}}$ и ω_P представлены в таблице 5.5.

На рисунке 5.15 приведен график зависимостей ω_P от $\omega_{\text{дов}}$ и P_0 от $\omega_{\text{дов}}$. Из графика следует, что надежная работа механизмов

отключения игл при $\omega_p = 81$ рад/с обеспечивается при скорости доводки $\omega_{дов} = 9,4$ рад/с и $P_0 = 1$ Н.

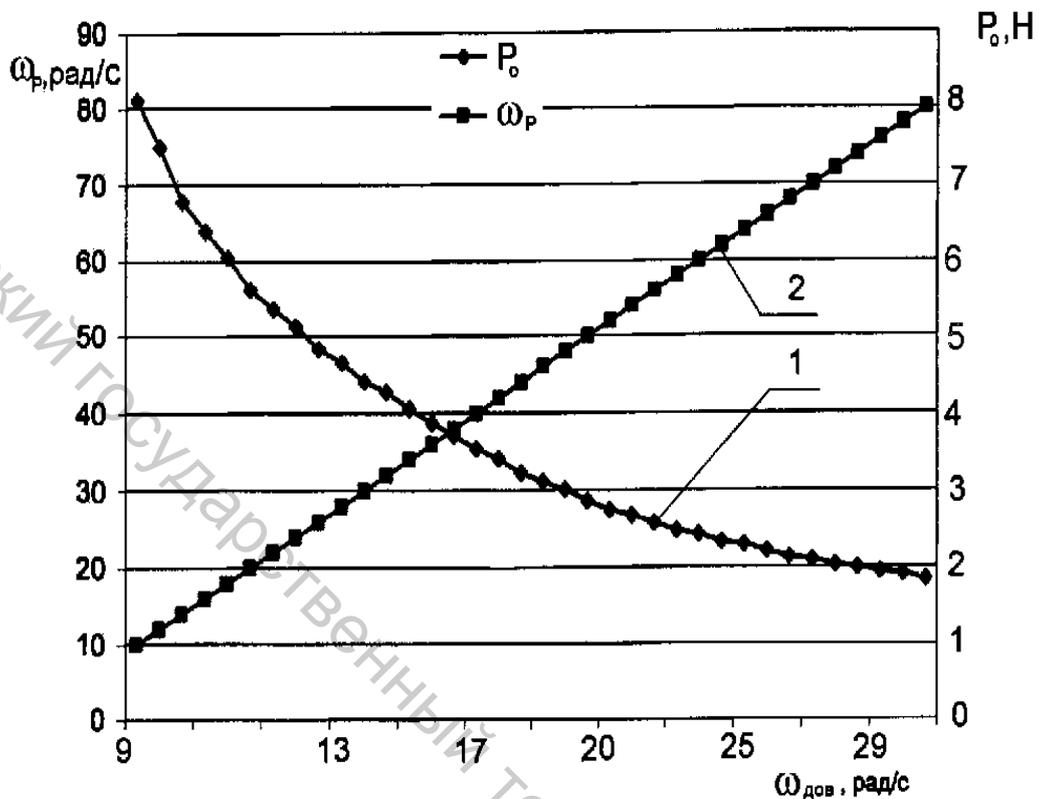


Рисунок 5.15 – Зависимость скорости доводки от рабочей скорости (линия 2), усилия возвратной пружины (линия 1)

5.6 Экспериментальное исследование надежности срабатывания механизма включения и отключения игл

Были проведены экспериментальные исследования надежности работы механизма включения и отключения игл при $\omega_{дов} = 10,48$ рад/с и $P_0 = 1,35$ Н [54]. Рабочая угловая скорость вышивания ω_p не превышала 70 рад/с, $\omega_{дов}$ устанавливалась в управляющей программе вышивального полуавтомата.

Исследование надежности механизма включения и отключения игл в течение 10 часов машинного времени при выполнении многоцветной вышивки «виноград». Фиксировались сбои в работе механизма включения и отключения игл.

Сбои механизма включения и отключения игл возможны, если при угле поворота главного вала рычаг механизма, приводимого в

движение от электромагнита, не успеет за время срабатывания повернуться в рабочее положение при отключении, в нерабочее положение – при включении. Начало вращения главного вала и останов производится в начале и конце файла вышивки, после перевода игольницы вышивального полуавтомата из одной позиции в другую, при смене цвета нитки, при обрыве нитки, при остановке файла вышивки оператором.

Рисунок вышивки – четырехцветная вышивка выполняется четырьмя разными иглами. Первоначально вышивается одной иглой фрагмент А вышивки. Затем осуществляется перевод игольницы в другую позицию, вышивается фрагмент Б. После перевода игольницы в следующую позицию выполняется вышивка фрагмента В, аналогично вышивается ниткой другого цвета фрагмент Г. Продолжительность машинного времени многоцветной вышивки «виноград» составила 50 минут. Циклы вышивки: выполнение вышивки фрагмента А составило 10 минут, фрагмента Б – 8 минут, фрагмента В – 16 минут и фрагмента Г – также 16 минут. При выполнении одного изделия выполнялось по пять включений и отключений игл.

В течение 10 часов машинного времени, при выполнении многоцветной вышивки на вышивальном полуавтомате, было выполнено 12 вышивок, при этом было выполнено 60 включений и 60 отключений игл. Сбоев в работе механизма включения и отключения игл не зафиксировано, что свидетельствует о достаточной надежности механизмов включения и отключения игл при расчетных параметрах пружины и достоверности теоретических расчетов.

5.7 Методика проектирования механизма включения и отключения игл по условию надежности срабатывания

1. Строятся циклограммы полуавтомата при отключении и включении игл (см. рис. 5.3 и рис. 5.6).

2. По формуле (5.1) определяется требуемый угол поворота ϕ' – главного вала полуавтомата, соответствующий установке поворотного рычага в рабочее положение при отключении игл, а по формуле (5.2) определяется фактический угол поворота главного вала, соответствующий установке главного вала в рабочее положение.

3. По методике, изложенной в подразделе 5.3, определяется время срабатывания $t_{ср1}$ поворотного рычага.

4. Проверяется выполнение условия (5.4), если это условие не выполняется, то увеличить начальное натяжение пружины. По формуле (5.4 а) определяется требуемый угол поворота главного вала

при включении игл. По формуле (5.5) определяется фактический угол поворота главного вала к моменту установки рычага в рабочее положение.

5. Определяется время срабатывания t_{CP2} при включении игл (см. подраздел 5.4). Проверяется выполнение условия (5.6). Если условие не выполняется, принимаются меры для увеличения тягового усилия электромагнита.

6. По методике, изложенной в подразделе 5.5, можно построить диаграмму зависимости рабочей скорости от скорости доводки. С помощью этой диаграммы устанавливаются режимы работы полуавтомата, обеспечивающие надежную работу механизма включения и отключения игл.

ВЫВОДЫ

1. Проведено теоретическое исследование работы механизма включения и отключения игл. Определены углы поворота главного вала, соответствующие установке поворотного рычага в рабочее положение при отключении игл, в нерабочее положение – при включении игл. Выявлено, что на надежность работы механизма влияет время поворота рычага под действием пружины при отключении игл и электромагнита – при включении игл.

2. Приведена методика расчета времени срабатывания пружины при включении иглы и электромагнита при отключении иглы, зависящего от начального усилия пружины, тягового усилия электромагнита и его электромеханических параметров.

3. Выполнен анализ работы механизма включения и отключения при различных значениях начального натяжения возвратной пружины. Получены зависимости рабочей скорости, начального натяжения возвратной пружины от скорости доводки главного вала, обеспечивающие надежную работу механизма.

4. Проведено экспериментальное исследование надежности срабатывания механизма включения и отключения игл. Экспериментально доказана надежная работа механизма включения и отключения игл, при выборе расчетных значений скорости доводки и соответствующей ей рабочей скорости главного вала.

6 ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИГОЛЬНИЦЫ

6.1 Постановка задачи

Одним из критериев, определяющих качество рисунков вышивок на ткани и надежность шитья, является точность перемещения и позиционирования игольницы многоигольного вышивального полуавтомата. Оценкой точности механизмов и их перемещению посвящено много печатных работ [137, 139, 144, 146, 181, 188]. Оригинальные механизмы полуавтоматов требуют особого внимания, так как несколько механизмов связаны в единую автоматизированную систему [172, 183, 190].

На рисунке 6.1 показана схема расположения игл и челнока в исследуемом одноголовочном многоигольном вышивальном полуавтомате ПВ-1-5. На рисунке 6.1 обозначено: 1 – игла, 2 – челнок, 3 – игольница, 4 – поверхность протстола вышивального полуавтомата. На надежность захвата петли-напуска игольной нитки влияет зазор δ между иглой 1 и носиком челнока 2, который зависит от точности перемещения и позиционирования игольницы 3 многоигольного вышивального полуавтомата.

В процессе смены цвета нитки происходит позиционирование игольницы посредством перемещения иглы с нужным цветом нитки к челноку. Перемещение происходит в направлении, параллельном оси челнока. Зазор между иглой и носиком челнока должен составлять 0,05...0,1 мм [181]. Зазор устанавливается регулировкой. При смене цвета нитки игольница перемещается из позиции в позицию, соответствие зазора требованиям для очередной иглы обеспечивается точностью позиционирования игольницы, она должна составлять не менее $\pm 0,05$ мм.

На рисунке 6.2 приведена кинематическая схема механизма игольницы. Корпус 3 игольницы перемещается по неподвижным направляющим 1 и 2. Привод каретки осуществляется от шагового электродвигателя, игольница перемещается относительно неподвижной швейной головки. Происходит перемещение игольницы на величину, равную 12 мм. При этом очередная игла позиционируется относительно челнока.

Порядок работы следующий. Включением кнопки «Пуск» подается напряжение в обмотку шагового электродвигателя 11, последний по программе осуществляет базирование игольницы 3, позиционируя ее с помощью индуктивного датчика 12 в крайнем правом положении. Вышивальный полуавтомат готов к работе.

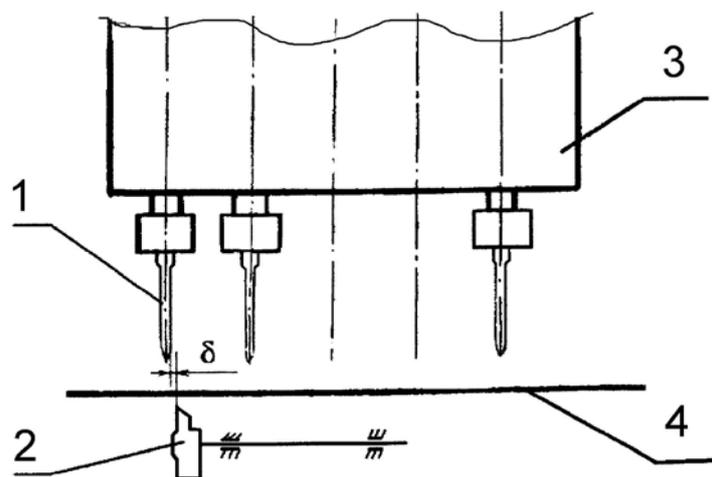


Рисунок 6.1 – Схема расположения игл

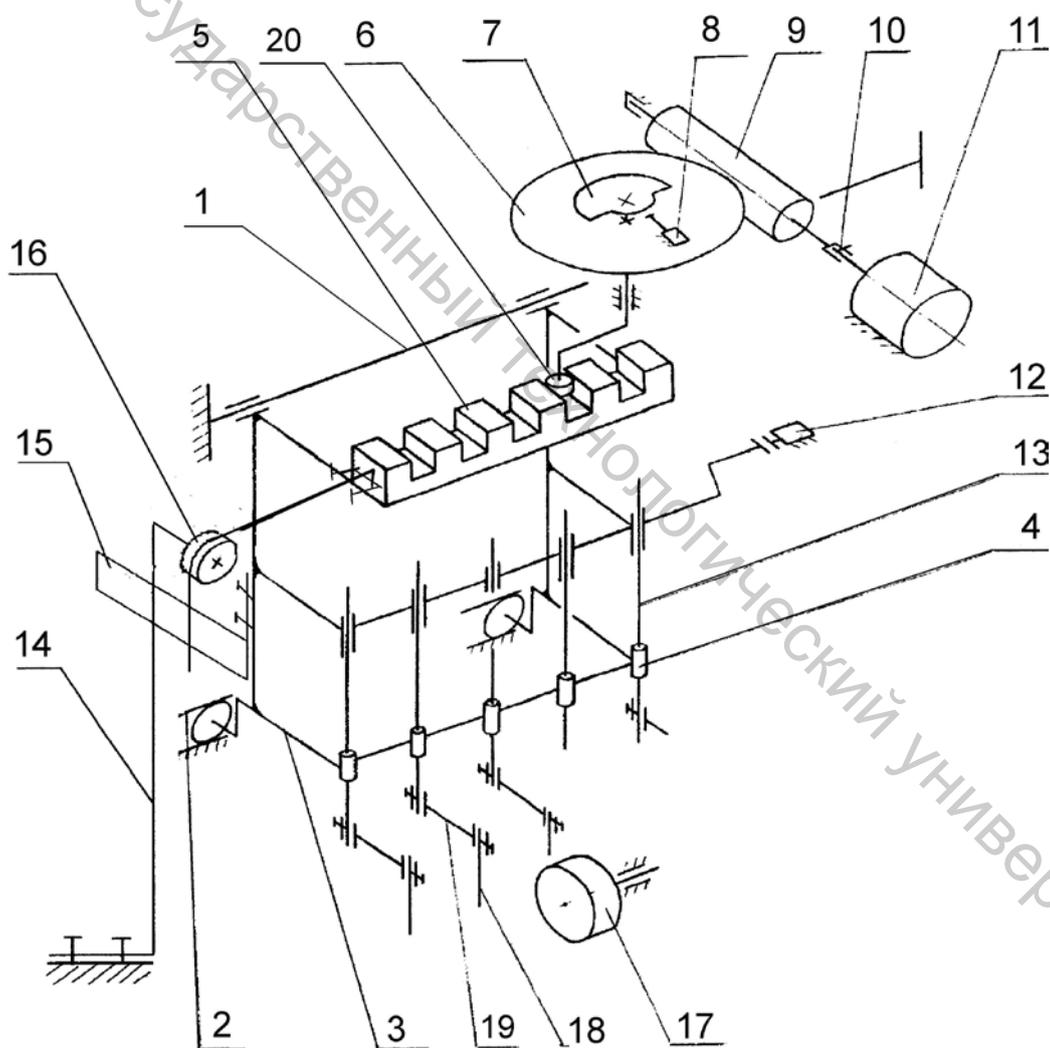


Рисунок 6.2 – Кинематическая схема механизма иглы

С помощью пульта управления (на рисунке не показан) вызывается программа вышивки. По окончании фрагмента вышивки

игольной ниткой одного цвета подается команда на останов, автоматизированный электропривод останавливает главный вал швейной головки в положении, соответствующем крайнему верхнему положению игловодителя 13. Происходит обрезка игольной нитки.

Механизм улавливания нитки помещает конец игольной нитки между удерживающими пластинами. В соответствии с программой шаговый электродвигатель 11 переводит игольницу в одну из позиций.

Предварительные исследования многоигольного вышивального полуавтомата при выполнении вышивки разным цветом нитки, осуществляя многократное перемещение (в зависимости от количества цветов ниток вышивки) игольницы с целью позиционирования i -й иглы относительно носика челнока (рис. 6.1), показали: погрешность превышает допустимое значение δ [162,166].

Возникает задача теоретического и экспериментального исследования точности позиционирования игольницы.

6.2 Теоретический анализ точности позиционирования игольницы

Рассмотрим расчет на точность плоского механизма позиционирования игольницы (рис. 2.3) [173]. В действительности механизм имеет пространственное строение, рассмотреть пространственную схему не представляется возможным, т. к. сложная конструкция, не известен закон распределения первичных ошибок.

На рисунке 2.3 кривошип OA механизма позиционирования показан в 2 положениях: в начале перемещения игольницы – OA₁ и в конце перемещения – OA₂. Примем за начало отсчета перемещений x оси паза a -а каретки ось y , ту же ось y примем за начало отсчета угловой координаты Φ кривошипа OA.

Величина перемещения x_{12} за один оборота кривошипа OA

$$x_{12} = x_2 - x_1,$$

где x_1, x_2 – координаты игольницы в начале и конце перемещения.

Согласно [101] ошибка перемещения равна

$$\Delta x_{12} = \Delta x_1 - \Delta x_2,$$

где $\Delta x_1, \Delta x_2$ – ошибки положений игольницы в крайних позициях.

Определим ошибки положений. Так как источниками ошибок положений в рассматриваемом механизме могут быть погрешность Δr в длине кривошипа OA и зазор δ между диаметром ролика d и шириной паза S , то суммарная ошибка положения определится из выражения

$$\Delta x = \Delta x_r + \Delta x_\delta,$$

где $\Delta x_r, \Delta x_\delta$ – ошибки положений, вызываемые погрешностью Δr и зазором δ .

Определим Δx_r .

$$\Delta x_r = \lambda_r \cdot \Delta r,$$

где λ_r – коэффициент значимости ошибки Δr .

Для определения λ_r составим аналитическое выражение координаты x оси паза a как функции r

$$x = r \cdot \cos\left(\Phi + \frac{\pi}{2}\right) = -r \cdot \sin(\Phi), \quad (6.1)$$

и возьмем частную производную

$$\lambda_r = \left(\frac{\partial x}{\partial r}\right)_{(0)} = -\sin \Phi. \quad (6.2)$$

Подставляя в (6.2) $\Phi = \frac{\pi}{2}$ для OA_1 и $\Phi = \frac{3}{2}\pi$ для OA_2 , получим

$$\Delta x_{r1} = -\Delta r, \quad \Delta x_{r2} = -\Delta r.$$

Тогда

$$\Delta x_{r \max} = \Delta x_{r2} - \Delta x_{r1} = 2\Delta r.$$

Величина Δr является случайной, характер ее распределения зависит от условий производства и может быть определен на основе статической обработки результатов обмера партии деталей. Для этого не имеется возможностей, т. к. опытный образец существует в одном экземпляре. Определим максимальную ошибку

$$\Delta x_{r\max} = \Delta x_{r2\max} - \Delta x_{r1\min} .$$

Из чертежа кривошипа имеем допуск на размер r : $\pm 0,1$ мм. Следовательно

$$\Delta x_{r2\max} = +0,1 \text{ мм}, \Delta x_{r1\min} = -0,1 \text{ мм и}$$

$$\Delta x_{r\max} = \Delta x_{r2\max} - \Delta x_{r1\min} = 0,2 \text{ мм}.$$

Для определения Δx_{δ} необходимо знать направление реакций ролика, находящегося в пазу игольницы, на стенку паза.

На рисунке 6.4 приведена плоская схема сил, действующих на игольницу в текущем положении, что определяем координатой Φ .

Где обозначены:

$P_{ИЗ}$ – сила инерции каретки;

P_C – сила сопротивления перемещению игольницы;

R_{23} – сила реакции ролика.

Запишем уравнение проекций сил на ось x

$$P_{ИЗ} + P_C + R_{23} = 0. \quad (6.3)$$

В этом уравнении в P_C учтены силы трения в направляющих. Для экспериментального определения силы сопротивления перемещению игольницы P_C применялась ранее известная методика [142, с. 130–133]. Гибкий тросик присоединялся к гребенке 5 (см. рис. 6.2). Вес грузов постепенно увеличивали от 2 Н до 10 Н. При перемещении игольницы на величину 10 мм фиксировался вес грузов. Экспериментальные данные были аппроксимированы с помощью пакета электронных таблиц Excel [150]. Сила сопротивления перемещению игольницы численно равна $P_C = 5,41$ Н.

Сила инерции определится из равенства

$$P_{ИЗ} = -m_3 \cdot \ddot{x},$$

где m_3 – масса каретки; \ddot{x} – ускорение игольницы.

Ускорение игольницы определится дифференцированием x из формулы (6.1)

$$\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2} = r \cdot \Omega^2 \cdot \cos \Phi ,$$

где Ω – угловая скорость кривошипа ОА.

Модуль силы инерции при $\Phi = \frac{\pi}{2}$ и $\Phi = \frac{3}{2}\pi$ определится из уравнения

$$P_{ИЗ} = m_3 \cdot r \cdot \Omega^2 .$$

Подставляя в это уравнение $m_3 = 3,5$ кг; $r = 0,006$ м; $\Omega = 2,24$ рад/с, получим $P_{ИЗ} = 0,105$ Н.

Таким образом, сила $P_{ИЗ}$ пренебрежимо мала по сравнению с $P_C = 5,41$ Н. Тогда из (2.3) имеем приближенное равенство

$$P_{23} = -P_C .$$

Значит, P_{23} всегда направлена противоположно P_C , т. е. положительна.

Из этого следует, что в положениях ОА₁ и ОА₂ (см. рис. 6.1) зазор δ выбирается по оси x , т. е.

$$\Delta x_{\delta 1} = +\delta_P; \quad \Delta x_{\delta 2} = +\delta_P .$$

Зазор в соединении ролик-паз является случайной величиной, вероятность распределения которой нам неизвестна. Определим максимальную величину зазора из чертежей ролика 20 и гребенки 5 (рис. 6.2)

$$\delta_{\max} = S_{\max} - d_{\min} ,$$

где S_{\max} – максимальный размер паза, равный 8,13 мм; d_{\min} – минимальный размер ролика, $d_{\min} = 7,83$ мм.

Тогда

$$\delta_{\max} = 8,13 - 7,83 = 0,3 \text{ мм.}$$

Суммарная максимальная ошибка перемещения от зазора равна нулю:

$$\Delta x_{\delta} = \Delta x_{\delta 1} - \Delta x_{\delta 2} = 0,3 - 0,3 = 0.$$

Таким образом, максимальная ошибка перемещения составит

$$\Delta x_{12\max} = \Delta x_{r\max} = 0,2 \text{ мм.}$$

Вероятность максимального значения ошибки позиционирования Δx_{12} имеет незначительную погрешность. Игольница установлена на двух направляющих, при позиционировании возможны перекосы, следовательно, возможна более высокая погрешность позиционирования, что приводит к необходимости экспериментального исследования ошибок позиционирования игольницы.

6.3 Оптимизация точности позиционирования игольницы

С целью уменьшения погрешностей позиционирования разработано устройство фиксации игольницы с приводом от электромагнита.

Схема устройства приведена на рисунке 6.3.

После завершения процесса вышивки одним цветом нитки игловодитель и нитепритягиватель поднимаются в свои верхние положения, выключается электромагнит включения защелки привода игловодителя. Происходит срабатывание электромагнита 1 механизма фиксации игольницы, работающего от срабатывания кнопки 8 (рис. 6.2) посредством воздействия кулачка 7 (рис. 6.2). Электромагнит посредством рычага 3, коромысла 11, тяги 5, двуплечего коромысла 6, тяги 7, коромысла 8, коромысла 9, троса 4, перемещает фиксатор 10. В исходное положение механизм возвращается после выключения электромагнита плоской пружиной 12, регулируемой винтом 2.

Были проведены исследования точности позиционирования игольницы с учетом разработанного механизма фиксатора. Эксперимент был проведен 300 раз. Измерения и настройка осуществлялись аналогично первому этапу исследований (п. 2.3).

Исследование точности позиционирования игольницы осуществлялось в базовой позиции и позициях, соответствующих работе игл (N1, N2, N3, N4, N5). Замеры с помощью индикатора, имеющего точность измерения 0,01 мм, не зафиксировали погрешностей позиционирования. Следовательно, погрешность позиционирования игольницы с учетом дополнительного фиксирующего устройства (механизма фиксатора игольницы) удовлетворяет предъявляемым требованиям.

7 ИССЛЕДОВАНИЕ ШАГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИГОЛЬНИЦЫ

7.1 Уравнение движения шагового электропривода

В работах [142, 143] изложены результаты экспериментальных исследований динамических механических характеристик шаговых электродвигателей типа ДШИ-200-0,5; ДШИ-200-0,3 при старто-стопном режиме движения. Полученные результаты использовались при исследовании шаговых электроприводов в приводах механизмов швейных полуавтоматов с микропроцессорным управлением.

Существующие методики расчетов шаговых электроприводов для координатных устройств полуавтомата контурной обработки [150], одноигольного вышивального полуавтомата [136], швейного полуавтомата для сборки плоских заготовок верха обуви [141] и механизмов зигзага и подачи материала петельного полуавтомата [143] разработаны для случаев постоянства приведенных моментов инерции $J_{пр}$ и моментов сил сопротивления $M_{спр}$.

В настоящей работе поставлена задача разработки методики расчета шагового электропривода для случая, когда величины $J_{пр}$ и $M_{спр}$ являются переменными [169, 171, 187, 188].

Привод поступательного движения игольницы вышивального многоигольного полуавтомата ПВ-1-5 осуществляется шаговым электродвигателем (ШЭД) через червячную передачу и кулисный механизм (рис. 7.1). На рисунке 7.1 обозначены: 1 – шаговый электродвигатель, 2 – червяк, 3 – червячное колесо, 4 – кулиса, жестко связанная с червячным колесом, 5 – ролик, 6 – каретка игольницы, 7 – втулка игловодителя, 8 – фиксатор игольницы.

В этом механизме передаточное число U привода, приведенное к валу ШЭД, момент инерции звеньев привода и момент сил сопротивления являются переменными:

$$U = U(\varphi), I_{пр} = I(\varphi), M_{спр} = M_c(\varphi),$$

где φ – угол поворота ШЭД.

Витебский государственный технологический университет

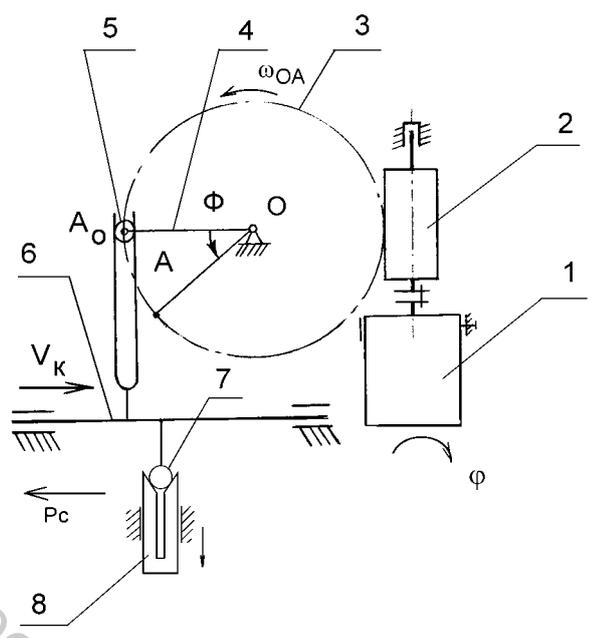


Рисунок 7.1 – Кинематическая схема механизма привода игольницы

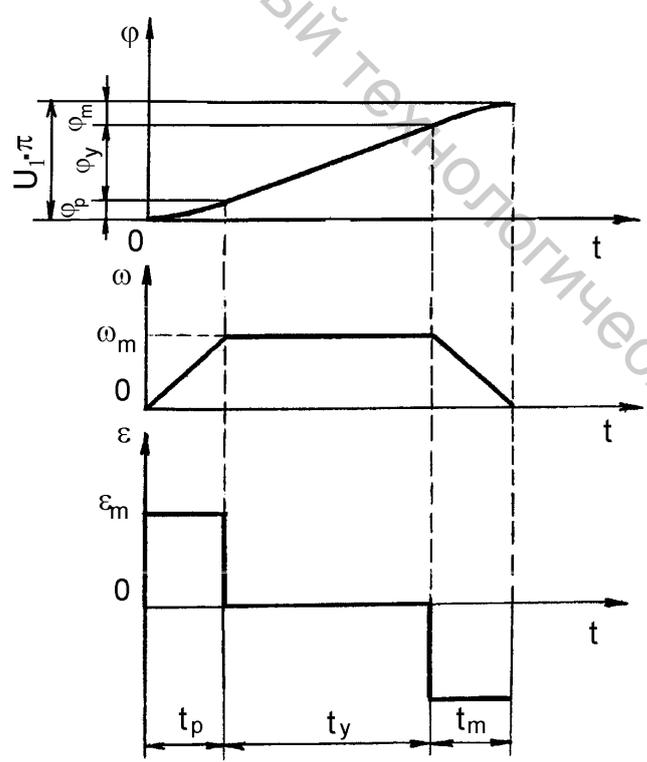


Рисунок 7.2 – Закон движения ротора

Пусть вращение якоря происходит по закону, приведенному на рисунке 7.2, где t_p , t_y , t_m – участки разгона, установившегося движения и торможения; φ_p , φ_y , φ_m – соответствующие углы поворота ротора ШЭД; ω_m , ε_m – максимальные угловые скорость и ускорение ротора при разгоне и торможении с постоянным ускорением [9].

Максимальный момент M_d , развиваемый на валу ШЭД, определяется семейством механических характеристик, приведенных в [136, 140] $M_d = M_d(\varepsilon_m, \omega_m)$.

На кинематической схеме механизма привода (см. на рис. 7.1) обозначим: φ – угол поворота кривошипа ОА, отсчитываемый от начального положения ОА₀; ω_{OA} – угловая скорость кривошипа; v_K – скорость игольницы; v_A – скорость ролика 5; P_C – сила сопротивления движению игольницы.

Уравнение движения якоря шагового электродвигателя имеет вид

$$M_d(\varepsilon_m, \omega_m) = M_c(\varphi) + I_{np} \frac{\omega_m^2}{2} + \frac{dI_{np}}{d\varphi} \cdot \frac{\omega_m^2}{2}, \quad (7.1)$$

где M_d – момент, развиваемый на валу ШЭД; M_{CPR} – приведенный к валу ШЭД момент сопротивления; I_{np} – приведенный к валу ШЭД момент инерции звеньев 1...6 привода (см. рис. 7.1).

При постоянной силе сопротивления P_C движению игольницы в направляющих имеем

$$M_{CPR} = M_O \cdot \sin \varphi, \quad (7.2)$$

где $M_O = \frac{P_C \cdot r}{U_1}$; $r = OA$.

Значение I_{np} определяется из формулы

$$I_{np} = I_1 + I_2 + \frac{I_3 + I_4}{U_1^2} + \frac{m_6}{U_{общ}}, \quad (7.3)$$

где I_1 – момент инерции ротора ДШИ-200-03; I_2 – момент инерции червяка и вала; I_3 – момент инерции червячного колеса и вала; I_4 – приведенный момент инерции кривошипа и ролика (см. рис. 7.1); m_6 – масса игольницы.

$$U_{\text{общ}} = U_1 \cdot U_2,$$

$$U_2 = \frac{\omega_{OA}}{v_K},$$

$$v_K = v_A \cdot \sin \varphi = \omega_{OA} \cdot r \cdot \sin \varphi.$$

С учетом этого

$$U_2 = \frac{1}{r \cdot \sin \Phi}, \quad (7.4)$$

где $U_{\text{общ}}$ – общее передаточное отношение механизма; U_1 – передаточное число червячной передачи; U_2 – передаточное число синусного механизма.

С учетом значения $U_{\text{общ}}$ получим:

$$I_{\text{пр}} = I_C + I_o \cdot \sin^2 \varphi, \quad (7.5)$$

где $I_C = I_1 + I_2 + \frac{I_3 + I_4}{U_1^2}$, $I_o = \frac{m_6 \cdot r^2}{U_1^2}$, I_C – приведенный к валу ШЭД момент инерции звеньев 1...4 привода (см. рис. 7.1).

Для определения $\frac{dI_{\text{пр}}}{d\varphi}$ представим $I_{\text{пр}}$ в формуле (3.1) в виде функции от φ , подставим $\Phi = \frac{\varphi}{U_1}$, тогда

$$\frac{dI_{\text{пр}}}{d\varphi} = I_A \cdot \sin 2\varphi, \quad (7.6)$$

где $I_A = \frac{I_o}{U_1}$.

7.2 Постановка задачи минимизации времени позиционирования игольницы

Время позиционирования t_n , при выбранных ω_m и ε_m можно определить [141] из формулы (см. рис. 7.2)

$$t_n = \frac{\omega_m}{\varepsilon_m} + \frac{\pi \cdot U_1}{\omega_m}. \quad (7.7)$$

Перемещение игольницы может начаться лишь после того, как фиксатор 8, переместившись по стрелке, освободит втулку игловодителя 7. Привод фиксатора производится электромагнитом через рычажную цепь, а включение электромагнита происходит кулачком (на рисунке 7.1 не показаны), закрепленным на валу червячного колеса 1. Кулачок в начальном положении кривошипа OA_0 нажимает на микропереключатель, включенный в цепь электромагнита.

Ускорение ε_m может быть определено при известных времени срабатывания t_{cp} фиксатора 8, при освобождении втулки 7 и угле свободного хода ротора φ_{cx} , при котором игольница 5 остается неподвижной за счет выбора зазоров в кинематических парах механизма привода игольницы. Если свободный ход ротора ШЭД происходит в период разгона t_p ($t_{cp} < t_p$), то максимальное значение ε_m определится из формулы

$$\varepsilon_m \leq \frac{2 \cdot \varphi_{cx}}{t_{cp}^2}. \quad (7.8)$$

Задача минимизации t_{II} по формуле (7.7) сводится к определению такого значения ω_m , при котором $t_{II} = t_{IImin}$ и выполняются ограничения:

$$\omega_{mmin} \leq \omega_m \leq \omega_{mmax}, \quad (7.9)$$

$$M_o \cdot \sin(\varphi \cdot U_1) + (I_c + I_o \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{U_1}) \cdot \varepsilon + I_a \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \sin(2 \cdot (\frac{\varphi}{U_1})) \leq M_d(\omega_m, \varepsilon_m) \quad (7.10)$$

Неравенство (7.9) следует проверить для $0 \leq \varphi \leq \pi U_1$ с заданным шагом $\Delta \varphi$. При этом значения ω и ε определяются по формулам

$$\omega = \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{2 \cdot \varepsilon_m \cdot \varphi}, \text{ если } 0 \leq \varphi \leq \varphi_p, \\ \omega_m, \text{ если } \varphi_p < \varphi \leq \varphi_p + \varphi_y, \\ \omega_m - \sqrt{2 \cdot \varepsilon_m \cdot (\varphi - \varphi_p - \varphi_y)}, \text{ если } \varphi_p + \varphi_y < \varphi \leq U_1 \pi \end{array} \right\},$$

$$\varepsilon = \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_m, \text{ если } 0 \leq \varphi \leq \varphi_p, \\ \varepsilon = 0, \text{ если } \varphi_p < \varphi \leq \varphi_p + \varphi_y, \\ \varepsilon = -\varepsilon_m, \text{ если } \varphi_p + \varphi_y \leq \varphi \leq U_1 \pi \end{array} \right\},$$

где $\varphi_p = \frac{\omega_m^2}{2 \cdot \varepsilon_m}$; $\varphi_y = \pi \cdot U_1 - 2\varphi_p$.

Для проведения минимизации t_{Π} с учетом ограничений (7.9), (7.10) необходимо определить ε_m ; для определения ε_m из (7.8) требуется знать время срабатывания механизма фиксации игольницы.

7.3 Расчет времени срабатывания механизма фиксации игольницы

Определить время срабатывания механизма фиксации игольницы можно теоретически и экспериментально [168, 174]. Привод механизма фиксатора игольницы осуществляется от электромагнита. Рабочий цикл электромагнита состоит из трех периодов:

1. Срабатывание.
2. Включенное состояние.
3. Возврат якоря в исходное положение.

Периоды срабатывания были более подробно описаны в работе [142]. В нашем случае на определение наиболее оптимальных кинематических параметров механизма привода игольницы оказывает влияние время срабатывания электромагнита. Временем включенного состояния и временем возврата якоря в исходное положение можно будет варьировать в зависимости от выбранных кинематических параметров.

Кинематическая схема механизма фиксации игольницы представлена на рисунке 7.3, где обозначены: 1 – электромагнит; 2 – винт, 3 – коромысло; 4 – тросик; 5 – толкатель; 7 – тяга; 6, 8, 9 – двуплечее коромысло; 10 – фиксатор; 11 – коромысло; 12 – пластинчатая пружина.

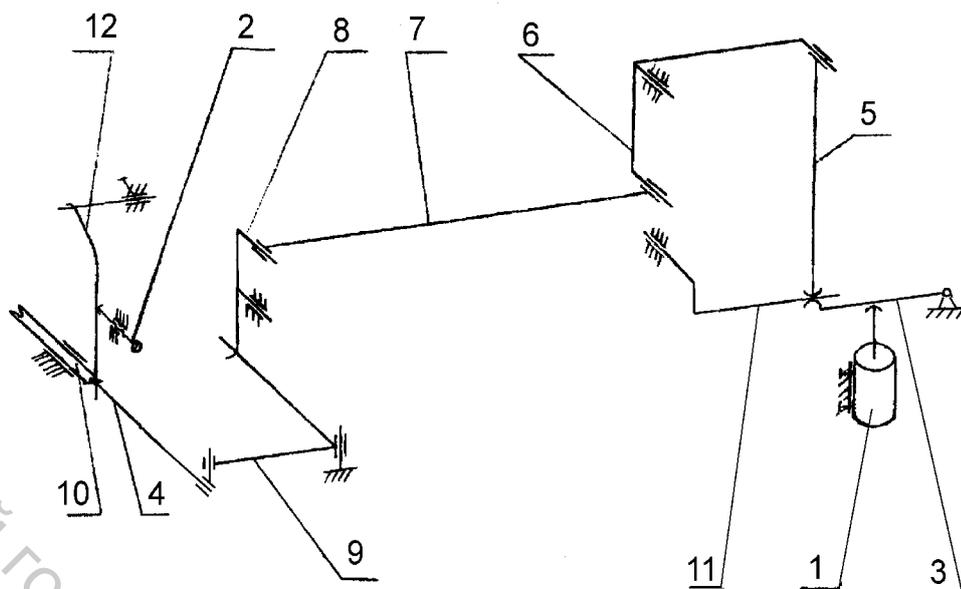


Рисунок 7.3 – Кинематическая схема механизма фиксатора

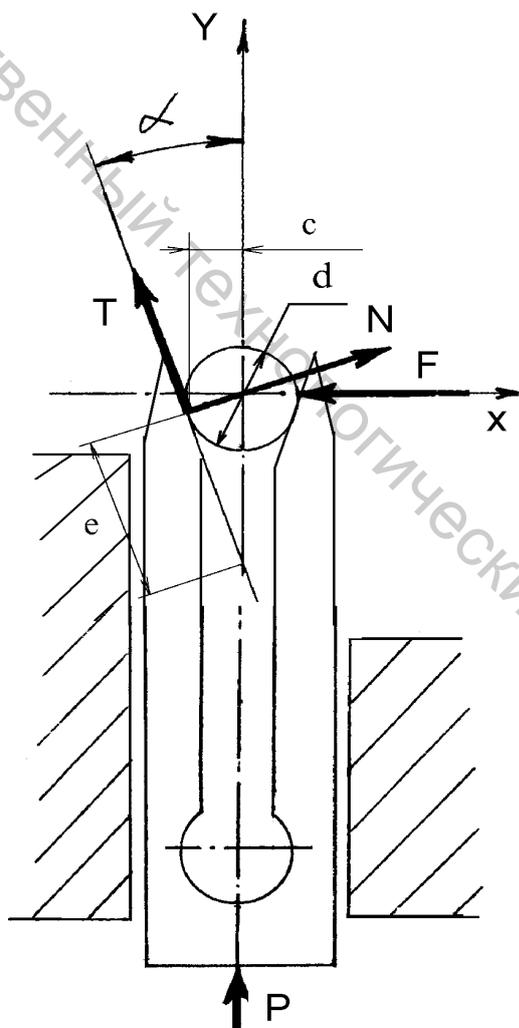


Рисунок 7.4 – Силовая схема фиксирующего устройства

Постановка задачи.

Расчет времени срабатывания механизма требует определения усилия, необходимого для преодоления силы пластинчатой пружины 12 (рис. 7.3) электромагнитом привода.

На рисунке 7.5 показано соединение фиксатора и возвратной пружины в корпусе игольницы: 1 – фиксатор, 2 – пластинчатая пружина, 3 – регулировочный винт, 4 – опора пружины, 5 – втулка игловодителя, 6 – тросик, 7 – двуплечее коромысло, 8 – корпус игольницы, 9 – направляющая фиксатора. Геометрические параметры: $l_0=81$ мм, $l=58,5$ мм, $l_1=16$ мм, $l_c=6,5$ мм, $s=1,5$ мм, $h=3,5$ мм, $b=12,5$ мм, $R=4$ мм, $l_k=53$ мм.

Разработаем динамическую модель для механизма фиксации. В автоматизированном приводе швейных машин ОАО «Завод швейных машин» г. Орша используются электромагниты постоянного тока. Тип электромагнита ЭУ 910302 УХЛ4 (ход 15 мм, номинальное тяговое усилие 100 Н). Теоретические и экспериментальные исследования динамики электромагнитного привода механизмов, принцип их работы определяется по основным характеристикам электромагнитов, одной из которых является электромеханическая статическая характеристика [13, 14]. В работе [13] исследовался электромагнит подъема лапки для определения максимальной силы, развиваемой электромагнитом, в зависимости от положения якоря, и снята его статическая характеристика, описана математическая модель динамики электромагнитного привода механизма прорубания материала петельного полуавтомата. Получены аналитические зависимости, описывающие изменение силы сопротивления рычажной кинематической цепи механизма от положения якоря электромагнита.

Время срабатывания равно [13]

$$t_{CP} = t_{TP} + t_{ДВ},$$

где t_{TP} – время трогания; $t_{ДВ}$ – время движения от момента начала движения якоря до конца его хода.

$$t_{TP} = T_1 \cdot \ln \frac{I_0}{I_0 - I_{TP}},$$

где T_1 – постоянная времени; I_0 – сила тока установившегося движения якоря электромагнита; I_{TP} – сила тока при начале перемещения (трогании) якоря электромагнита.

Уравнение, описывающее движение якоря, имеет вид:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_M(x) - P_{прС}(x) - F_{COP}(t),$$

где m – приведенная к якорю электромагнита масса подвижных звеньев механизма; $F_M(x)$ – тяговое усилие электромагнита; $F_{COP}(t)$ – сила вязкого сопротивления, принимаем $F_{COP}(t) = 0$; $P_{прС}(x)$ – приведенная к якорю электромагнита сила сопротивления пластинчатой пружины.

$$F_M(x) = \frac{i^2}{2} \cdot \frac{dL(x)}{dx}, \quad (7.11)$$

где x – координата якоря электромагнита, отсчитываемая от начального положения; $L(x)$ – индуктивность; i – сила тока в обмотке электромагнита.

После того как якорь приходит в движение, геометрия контура изменяется. Уравнение, описывающее изменение тока в обмотке электромагнита, принимает вид:

$$u = i \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt} + i \cdot \frac{dL}{dt},$$

где $\frac{dL}{dt} = \frac{dL}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{dL}{dx} V$, R – активное сопротивление катушки; L – индуктивность катушки при конечном зазоре. Уравнение примет вид:

$$u = i \cdot R + L \cdot \frac{di}{dt} + i \cdot \left(\frac{dL}{dx} \right) \cdot V.$$

Из последнего уравнения найдем выражение для конечных приращений $\Delta i, \Delta t$:

$$\Delta i = \left(u - i \cdot R + i \cdot \left(\frac{dL}{dx} \right) \cdot V \right) \cdot \frac{\Delta t}{L}. \quad (7.12)$$

Решение уравнения, описывающего изменение тока в обмотке электромагнита, с учетом того, что $x=0$ до момента, когда якорь приходит в движение, имеет вид:

$$i = \frac{u}{R} \cdot (1 - \exp(-\frac{t}{T_1})), \quad (7.13)$$

где T_1 – электромагнитная постоянная времени при включенном электромагните.

$$T_1 = \frac{L(x_0)}{R}, \quad (7.14)$$

где x_0 – начальное положение якоря.

Зависимость индуктивности обмотки от положения якоря для электро-магнита ЭУ 910302 УХЛ4, полученная экспериментально[13], описывается следующей функцией:

$$L(x) = 10000 \cdot x^3 + 4208 \cdot x^2 + 29 \cdot x + 1,03.$$

Ее производная по x имеет вид:

$$\frac{dL}{dx} = 30000 \cdot x^2 + 8416 \cdot x + 29. \quad (7.15)$$

Сила сопротивления пластинчатой пружины

$$P_{прС}(x) = \frac{P_0 + k \cdot y}{U}, \quad (7.16)$$

где P_0 – начальное усилие пластинчатой пружины в момент позиционирования игольницы; U – передаточное число от штока электромагнита к фиксатору; y – величина перемещения свободного конца плоской пружины в месте ее контакта с фиксатором. При срабатывании механизма фиксатора U величина переменная

$$U = \frac{V_{M.j}}{V_{F.j}},$$

где V_{Mj} – скорость штока электромагнита; V_{Fj} – скорость фиксатора.

Имеем:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_M(x) - P_{nC}(x). \quad (7.17)$$

Начальное усилие пластинчатой пружины должно равняться усилию, с которым фиксатор доводил игольницу, при наличии погрешности позиционирования игольницы.

Определение необходимого значения силы пружины Р

Расчетная схема фиксатора с рабочей поверхностью в виде двух наклонных поверхностей с углом 2α между ними и втулки диаметра d , жестко связанной с игольницей, представлена на рисунке 7.4. Погрешность позиционирования игольницы должна быть устранена фиксатором под действием силы P пластинчатой пружины 12.

Предварительно рассмотрим уравнение статического равновесия втулки игловодителя [56], позиционируемой фиксатором (рис. 7.6 а):

$$\sum F_x = 0, -F + N \cdot \cos \alpha - f \cdot N \cdot \sin \alpha = 0,$$

где F – сила сопротивления перемещению игольницы при позиционировании; N – сила давления фиксатора на втулку; f – коэффициент трения (сталь по стали).

Из уравнения равновесия определим N :

$$N = \frac{F}{\cos \alpha - f \cdot \sin \alpha}$$

При рассмотрении сил, действующих на фиксатор, следует учесть, что в процессе позиционирования игольницы он может занимать различные положения относительно втулки игловодителя и неподвижных направляющих. На рисунке 7.6 показаны три варианта положения фиксатора в направляющих, которые изображены на рисунках 7.6 а, б и в. На рисунке 7.7 показаны расчетные силовые схемы фиксирующего устройства при различных вариантах положения фиксатора в направляющих.

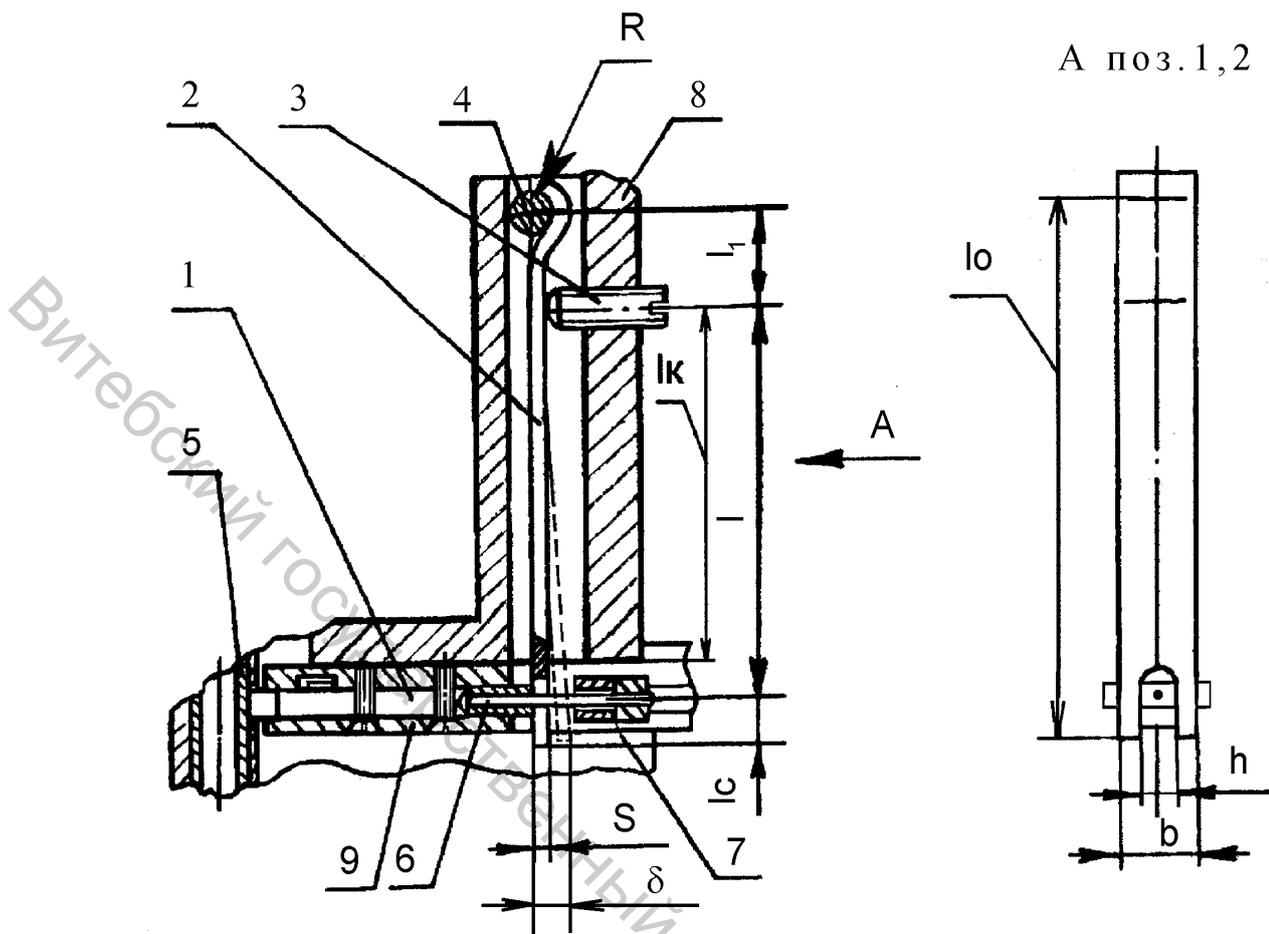


Рисунок 7.5 – Положение фиксатора и пружины в корпусе игольницы

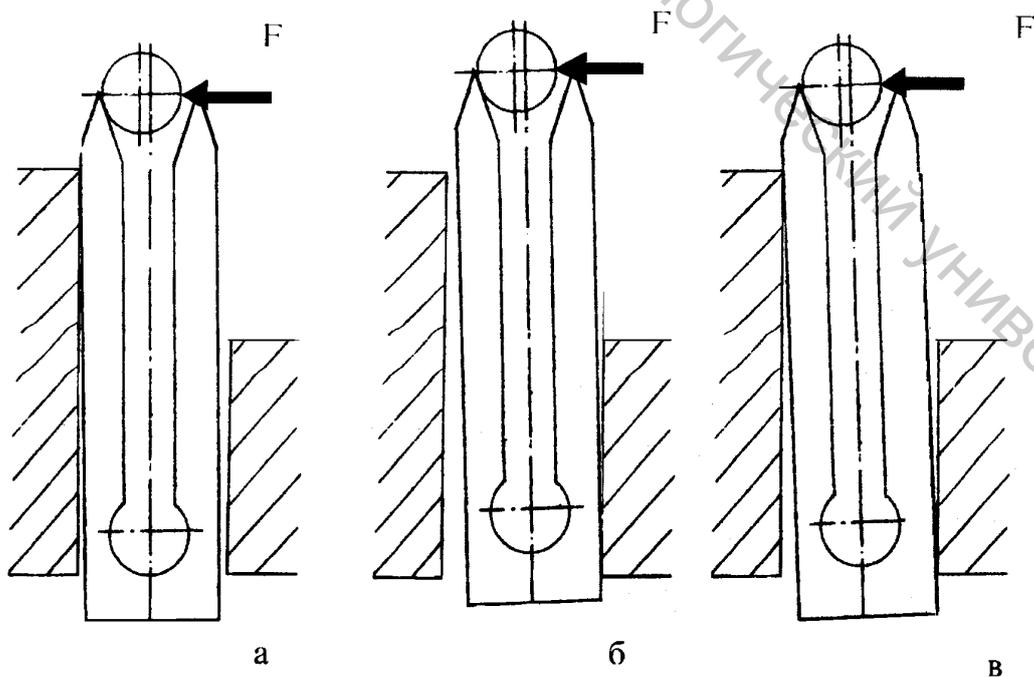


Рисунок 7.6 – Варианты положения фиксатора в направляющих

Рассмотрим условия статического равновесия фиксатора для различных его положений в направляющих.

Для варианта на рисунке 7.6 а рассмотрим силы, действующие на фиксатор (рис. 7.7). Построим силовой треугольник (рис. 7.7), где $\vec{R}_o = \vec{N} + f\vec{N}$ – суммарная реакция втулки игловодителя, P – сила пружины, R_1 – реакция направляющей. Из силового треугольника имеем:

$$\frac{R_o}{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)} = \frac{P}{\sin(\alpha + 2 \cdot \beta)},$$

где $\beta = \text{arctg} f$. Определим P :

$$P = R_o \cdot \frac{\sin(\alpha + 2 \cdot \beta)}{\sin\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)}, \quad (7.18)$$

где $R_o = \frac{N}{\cos \beta}$.

Для варианта на рисунке 7.6 б силы, действующие на фиксатор: \vec{R}_o – реакция втулки, P – сила пружины, R_1 – реакция направляющей. По теореме синусов имеем:

$$\frac{R_o}{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)} = \frac{P_2}{\sin \alpha},$$

$$P = R_o \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \beta\right)}. \quad (7.19)$$

Для варианта, показанного на рисунке 7.6 в, необходимую силу пружины P определим из условий статического равновесия фиксатора:

$$\begin{cases} \sum F_x = 0; -N \cdot \cos \alpha + f \cdot N \cdot \sin \alpha + R - R_1 = 0 \\ \sum F_y = 0; P_3 - f \cdot N \cdot \cos \alpha - N \cdot \sin \alpha - R \cdot f - R_1 \cdot f = 0, \end{cases} \quad (7.20)$$

$$\sum M_{(O)}^F = 0; fN \frac{d}{2} + cP_3 + Rb - R_1(a+b) + Rf\left(\frac{m}{2} - c\right) - fR_1\left(\frac{m}{2} + c\right) = 0, \quad (7.21)$$

где P – необходимое усилие пластинчатой пружины; R, R_1 – силы реакции направляющих фиксатора; N – нормальная сила втулки игловодителя.

Из (7.20) имеем:

$$P = N \cdot \sin \alpha + f \cdot (N \cdot \cos \alpha + R + R_1) .$$

Преобразуем его совместно с (7.21) к виду:

$$c \cdot P + R \cdot (b + f \cdot (\frac{m}{2} - c)) - R_1 \cdot (a + b + f \cdot (\frac{m}{2} + c)) + f \cdot N \cdot \frac{d}{2} = 0 , \quad (7.22)$$

$$c \cdot P - c \cdot f \cdot N \cdot \cos \alpha - c \cdot N \cdot \sin \alpha - c \cdot R \cdot f - c \cdot R_1 \cdot f = 0 . \quad (7.23)$$

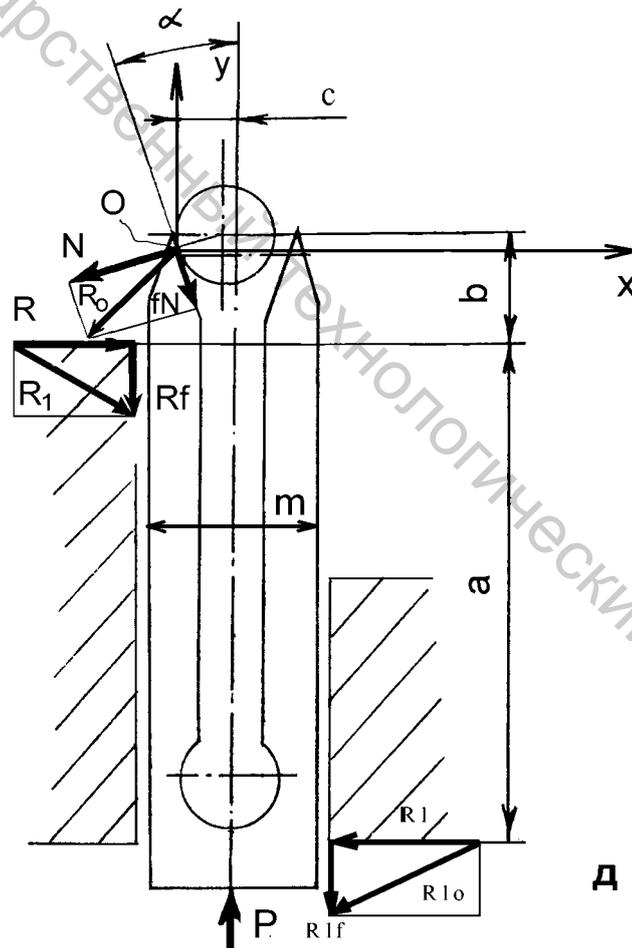


Рисунок 7.7 – Силовая схема фиксирующего устройства

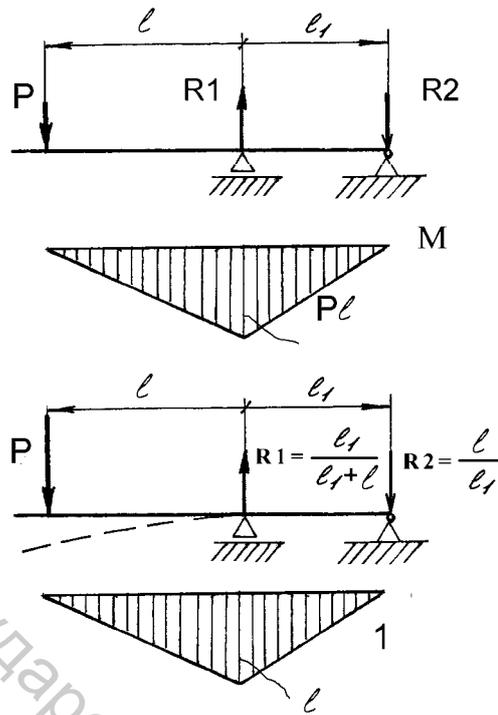


Рисунок 7.8 – Балка на двух опорах

Исключим P из (7.22), вычитая уравнение (7.23), получим:

$$R \cdot (b + f \cdot (\frac{m}{2} - c)) - R_1 \cdot (a + b + f \cdot (\frac{m}{2} + c)) + c \cdot f \cdot N \cdot \cos \alpha + c \cdot N \cdot \sin \alpha + c \cdot R \cdot f + c \cdot R_1 \cdot f = 0.$$

Откуда имеем:

$$R \cdot (b + f \cdot \frac{m}{2}) - R_1 \cdot (a + b + f \cdot \frac{m}{2}) + N \cdot (f \cdot (\frac{d}{2} + c \cdot \cos \alpha) + c \cdot \sin \alpha) = 0.$$

Система примет вид:

$$\begin{cases} R - R_1 = N \cdot (\cos \alpha + f \cdot \sin \alpha) \\ R \cdot (b + f \cdot \frac{m}{2}) - R_1 \cdot (a + b + f \cdot \frac{m}{2}) = -N \cdot (f \cdot (\frac{d}{2} + c \cdot \cos \alpha) + c \cdot \sin \alpha) \end{cases} \quad (7.24)$$

Имеем систему из двух линейных уравнений с двумя переменными R и R_1 . Преобразуем систему к виду:

$$\begin{cases} R - R_1 = C \\ R \cdot E - R_1 \cdot B = -D, \end{cases} \quad (7.25)$$

где $E = b + f \cdot \frac{m}{2}$; $B = a + b + f \cdot \frac{m}{2}$; $C = N \cdot (\cos \alpha + f \sin \alpha)$;

$$D = -N \cdot (f \cdot (\frac{d}{2} + c \cdot \cos \alpha) + c \cdot \sin \alpha) = 0.$$

Решив систему, получим:

$$P = N \cdot \sin \alpha + f \cdot (N \cos \alpha + \frac{-C \cdot B - D}{-B + E} + \frac{-D - C \cdot E}{-B + E}),$$

$$P = N \cdot \sin \alpha + f \cdot (N \cdot \cos \alpha - \frac{2 \cdot D + C \cdot (B + E)}{E - B}). \quad (7.26)$$

Определим значения необходимого усилия P для рассмотренных вариантов по (7.18) и (7.19) для вышивального полуавтомата ПВ-1-5:

$$P = -5,749 \cdot \frac{\sin(16 + 2 \cdot (6,28))}{\sin(\frac{\pi}{2} - 6,28)} = 2,577H \quad \text{по варианту 1;}$$

$$P = -5,749 \cdot \frac{\sin 16}{\sin(\frac{\pi}{2} + 6,28)} = 1,43H \quad \text{по варианту 2.}$$

Определим значение P по варианту 3.

Для фиксатора многоигольного вышивального полуавтомата ПВ-1-5: $\alpha = 16$ градусов; $b = 6,5$ мм, $a = 38$ мм, $m = 12$ мм, $d = 8$ мм, $c = 4,3$ мм, $\beta = \arctg f = \arctg 0,11 = 9,054$, $F = 5,41$ Н.

Получим N :

$$N = \frac{5,41}{\cos 16 - f \cdot \sin 16} = 5,432 \text{ Н.}$$

С учетом геометрических параметров ($E = 7,16$; $B = 45,16$; $C = 5,41$; $D = -11,298$) по формуле (3.33) определим значение P :

$$P = 5,432 \cdot \sin 16 + 0,11 \cdot (5,432 \cdot \cos 16 - \frac{2 \cdot (11,298) + 5,41 \cdot (45,16 + 7,16)}{7,16 - 45,16}) = 2,956 \text{ Н.}$$

Для последнего случая получим значения реакций опор: $R = 0,154 \text{ Н}$; $R_1 = 0,722 \text{ Н}$.

Как видно из расчетов, в случае, когда фиксатор занимает положение по варианту 3 (рис. 7.6 в), требуемое усилие пружины фиксатора имеет максимальное значение, которое принимаем для дальнейших расчетов как минимально необходимое в момент позиционирования игольницы.

Рассмотрим уравнение зависимости P от перемещения фиксатора при освобождении втулки игловодителя. Плоскую пружину представим как балку на двух опорах (см. рис. 7.5 и 7.8). Из условия равновесия нагруженной балки получим:

$$\sum F_y = 0; \quad P + R_2 = R_1,$$

$$\sum m(F_y) = 0; \quad R_1 \cdot l = R_2 \cdot (l_1 + l).$$

Откуда
$$R_1 = P \cdot \frac{l_1 + l}{l_1}, \quad R_2 = P \cdot \frac{l}{l_1}.$$

Упругое перемещение балки δ под силой P определим по методу Верещагина [136]:

$$E \cdot J \cdot \delta = \frac{P \cdot l^2}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot l + \frac{P \cdot l \cdot l_1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot l = \frac{P \cdot l^2}{3} \cdot (l + l_1), \quad (7.27)$$

где $J = \frac{b \cdot s^3}{12}$,

E -модуль упругости, s , b , l и l_1 – геометрические параметры плоской пружины (рис. 7.5).

Из (7.27) определим P

$$P = \delta \cdot k,$$

где
$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I}{l^2 \cdot (l + l_1)}. \quad (7.28)$$

Обозначим $\delta = \delta_o + y$, где δ_o – начальная деформация пружины в момент позиционирования игольницы.

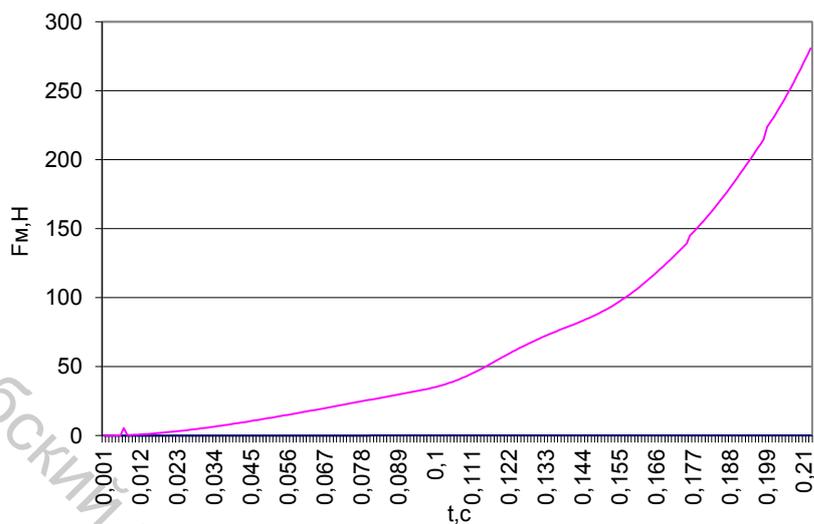


Рисунок 7.9 – Изменение силы электромагнита

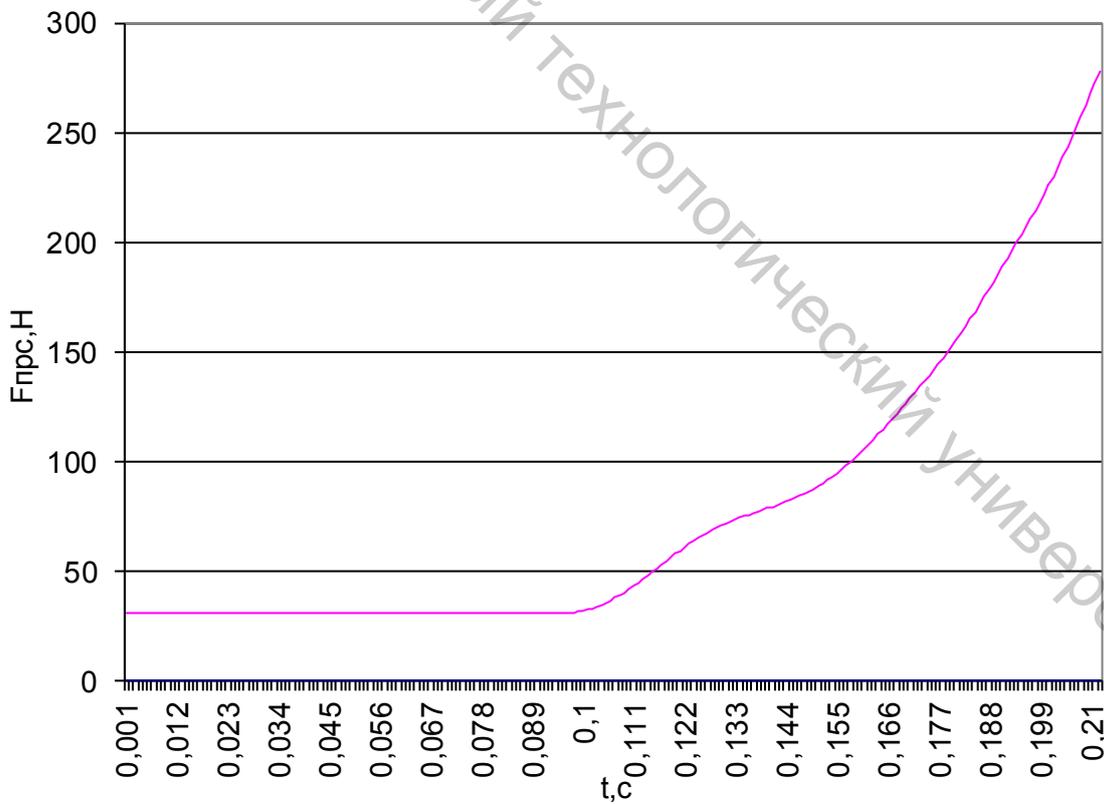


Рисунок 7.10 – Изменение приведенной силы сопротивления

Тогда

$$P = (\delta_0 + y) \cdot k = P_0 + k \cdot y .$$

С учетом (7.28) формула (7.13) примет вид:

$$P_{npC}(x) = \frac{P_0 + k \cdot y}{U} = \frac{P_0}{U} + \frac{k}{U} \cdot y = \frac{P_0}{U} + \frac{k}{U^2} \cdot x . \quad (7.29)$$

Расчет приведенных массовых характеристик механизма

Приведенная масса механизма фиксатора:

$$m_{np} = \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{U_i^2} + \sum_{j=1}^m \frac{m_j}{U_j^2} , \quad (7.30)$$

где I_i – моменты инерции звеньев; m_j – приведенные массы звеньев;
 U_i – передаточное число от якоря электромагнита к i -му звену

$$U_i = \frac{V_M}{\omega_i} ,$$

где V_M – скорость якоря электромагнита; ω_i – угловая скорость звена;
 U_j – передаточное число j -го звена

$$U_j = \frac{V_M}{V_j} ,$$

где V_j – скорость центра масс.

Приведенная к якорю электромагнита масса звеньев механизма рассчитана по известным формулам теории механизмов и машин [159]. Приведенные массовые параметры звеньев механизма привода фиксатора представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Приведенные массовые параметры звеньев механизма привода фиксатора

Номер звена на кинематической схеме	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Название звена	Якорь электромагнита	Коромысло	Коромысло	Рычаг	Голка	Двуплечее коромысло	Тяга	Двуплечее коромысло	Двуплечее коромысло	Фиксатор	Пружина
Масса звена, кг	0,575	0,081	0,26	0,109	0,048	0,043	0,031	0,048	0,057	0,026	0,259
Приведенный момент инерции, кг·м ² ·10 ⁻⁶	-	853,5	-	508,7	-	47,8	-	58,56	31,2	-	-

Численное решение системы уравнений.

Для определения времени срабатывания механизма необходимо решить систему уравнений (7.31), (7.32) с учетом (7.33), (7.34), (7.36), (7.35), (7.37) и (7.38).

$$\frac{dL}{dx} = 30000 \cdot x^2 + 8416 \cdot x + 29; \quad (7.31)$$

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_M(x) - P_{npC}(x); \quad (7.32)$$

$$F_M(x) = \frac{i^2}{2} \cdot \frac{dL(x)}{dx}; \quad (7.33)$$

$$\Delta i = \left(u - i \cdot R + i \cdot \left(\frac{dL}{dt} \right) \cdot V \right) \cdot \frac{\Delta t}{L}; \text{ при } x > 0; \quad (7.34)$$

$$i = \frac{u}{R} \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-t}{T_1}\right) \right), \quad \text{при } x = 0; \quad (7.35)$$

$$P_{npC}(x) = \frac{P_0}{U} + \frac{k}{U^2} \cdot x; \quad (7.36)$$

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I}{l^2 \cdot (l + l_1)}; \quad (7.37)$$

$$m_{np} = \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{U_i^2} + \sum_{j=1}^m \frac{m_j}{U_j^2}. \quad (7.38)$$

Для численного решения системы уравнений (7.31), (7.32) была составлена программа на языке Borland Pascal Version 7.0. При помощи подпрограммы «uses assur» [191], задавшись $V_{ЭМ} = \text{const}$, рассчитано U , m_{np} .

Начальные условия: $\Delta t = 0,001$ с, $R = 9$ Ом, $u = 24$ В, $T_1 = 0,114$, $I_{вст} = 2,667$, $m_{ЭМ} = 0,625$ кг,

$x_0 = 0$, $t_0 = 0$, $V_{MO} = 0$, $i_0 = 0$, $m_{np0} = 0,1577$ кг, $U_0 = 0,5814$; $P_0 = 17,9$ Н,

$F_{MO} = 0$, $F_{npCo} \frac{P_0}{U} = 30,788$ Н.

Численный расчет выполняется в следующей последовательности:

1. $\Delta t = 0,001$;

$$t_J = t_{J-1} + \Delta t; J = 1, 2, \dots$$

2. $L(x)_J = 10000 \cdot x_{J-1}^3 + 4208 \cdot x_{J-1}^2 + 29 \cdot x_{J-1} + 1,03$.

3. $\left(\frac{dL}{dx}\right)_J = 30000 \cdot x_{J-1}^2 + 8416 \cdot x_{J-1} + 29$.

4. $F_M(x)_J = \frac{i_{J-1}^2}{2} \cdot \left(\frac{dL(x)}{dx}\right)_J$.

5. $P_{npC}(x)_J = \frac{P_0}{U_J} + k \cdot x_{J-1}$.

6. $m(x)_j = m_{ЭМ} + m_{np}(x)_j$;

$$a_J = \frac{F_M(x)_J - F_{npC}(x)_J}{m(x)_J}.$$

$$7. \Delta V_J = a_J \cdot \Delta t;$$

$$V_J = V_{J-1} + \Delta V_J.$$

$$8. \Delta x_J = \frac{V_J + V_{J-1}}{2} \cdot \Delta t;$$

$$x_J = x_{J-1} + \Delta x_J.$$

$$9. \text{Если } x=0 \quad i_J = \frac{u}{R} \cdot (1 - \exp(-\frac{t_J}{T_1}));$$

$$\text{если } x>0 \quad \Delta i_J = \left(u - i_{J-1} \cdot R - i_{J-1} \cdot v_J \cdot \left(\frac{dL}{dx} \right)_J \right) \cdot \frac{\Delta t}{L_J};$$

$$i_J = i_{J-1} + \Delta i_J.$$

По полученным результатам построим зависимости: $F_M=f(t)$ – рисунок 7.9, $F_{прС}=f(t)$ – рисунок 7.10.

Для исследуемого механизма время трогания $t_{тр} = 0,092$ с; механизм отрегулирован таким образом, что зазоры в кинематических парах в направлении срабатывания механизма отсутствуют. Из распечатки результатов расчета видно, что при перемещении якоря на весь рабочий ход, равный 9 мм, время срабатывания механизма фиксации $t = 0,209$ с. При перемещении якоря электромагнита на 6мм фиксатор 8 освобождает втулку 7 (рис. 7.1), игольница может беспрепятственно перемещаться по направляющим, механизм фиксации продолжает свое перемещение до упора. Ход якоря электромагнита 9 мм соответствует перемещению фиксатора от первоначального положения 11,5 мм. При перемещении фиксатора на $y = 6$ мм якорь электромагнита переместится на 4,7 мм, время $t = 0,178$ с.

После окончания перемещения якоря следует период включенного состояния, в течение которого система находится в покое, ход штока $x = 9$ мм остается неизменным, а обмотка остается во включенном состоянии.

7.4 Экспериментальное определение времени срабатывания механизма фиксации игольницы

С целью подтверждения достоверности математической модели проведем экспериментальное исследование механизма фиксации игольницы [164, 165], определим время освобождения фиксатором 2 втулки игловодителя 11 (рис. 7.10). Необходимость определения времени обусловлена особенностью функционирования механизма позиционирования игольницы многоигольного вышивального полуавтомата ПВ-1-5 оригинальной конструкции. Фактическое время расфиксации $t_{откл}$ уменьшить практически нельзя. Кинематические параметры механизма позиционирования игольницы необходимо определить и установить, с ограничением по времени разгона:

$$t_P = t_K + t_{откл}, \quad (7.39)$$

где t_P – время разгона; t_K – время от начала позиционирования игольницы многоигольного вышивального полуавтомата до включения кулачком 8 (рис. 7.11) микропереключателя.

Время срабатывания возможно определить различными методами: скоростной видеосъемкой, фотоэлектрическим. В методике, рассмотренной в [143], определяется время прорубания материала на петельном полуавтомате. Фиксируется время от момента срабатывания электромагнита до прорубания материала. Конечное звено механизма (нож) достигает своего крайнего положения. Воспользуемся существующей методикой для механизма фиксации втулки игловодителя. При определении времени срабатывания фиксируется время перемещения фиксатора на величину a (см. рис. 7.12), b – рабочий ход фиксатора.

Экспериментальные исследования являются завершающим этапом при проектировании механизма фиксации втулки игловодителя. Полученные данные будут использоваться для определения кинематических параметров механизма привода игольницы, которые позволят получить максимальную производительность полуавтомата. На базе опытного образца вышивального полуавтомата ПВ-1-5 была разработана экспериментальная установка для определения времени срабатывания механизма фиксации втулки игловодителя.

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 7.11, где обозначены: 1 – корпус игольницы; 2 – фиксатор; 3 – втулка игловодителя; 4 – барабан, расположенный на валу якоря ШЭД; 5 – оптоэлектронный датчик угловых перемещений; 6 – кронштейн; 7 –

электродвигатель ДШИ-200-03 привода механизма позиционирования игольницы; 8 – кулачок включения микропереключателя; 9 – кривошип механизма позиционирования игольницы; 10 – пружинный контакт датчика положения фиксатора; БП – универсальный источник питания; ОСЦ – светолучевой осциллограф типа Н115; ЭМ – электромагнит.

К гальванометру 1 осциллографа подключен электромагнит ЭМ включения фиксатора. На корпус рукава швейной головки устанавливался кронштейн с гибким пружинным контактом 10, на фиксатор 2 устанавливался контакт, и они подсоединялись к гальванометру 2 осциллографа. Замыкание цепи гальванометра 2 в момент соприкосновения контактов фиксировало момент освобождения втулки игловодителя фиксатором.

– вал ШЭД механизма привода игловодителя вращался с разгоном и торможением (см. рис. 7.1);

– скорость протяжки ультрафиолетовой бумаги в осциллографе 100 мм/с.

Методика проведения эксперимента была следующей. Перед позиционированием игольницы вышивального многоигольного полуавтомата включали бумагопротяжной механизм осциллографа с заданной скоростью, затем включалось перемещение игольницы полуавтомата из одной рабочей позиции в другую, после отключения механизма фиксатора и производился перевод игольницы.

Момент включения и отключения электромагнита фиксировался на осциллограмме (линия 1 на рисунке 7.12). Регистрацию осуществляли на ультрафиолетовую бумагу (тип УФ-67-135).

В момент нажатия фиксатора на пружинный контакт 10 ($a=6$ мм), замыкается электрическая цепь гальванометра 3, на осциллограмме – линия 2 (рис. 7.15), при этом электрическая цепь гальванометра 3 остается замкнутой.

Исследование проводили при работе установки со следующими настройками:

– основные механизмы швейной головки полуавтомата настраивались в соответствии с паспортными требованиями на швейную машину 31-го ряда;

– начальное положение кривошипа 9 (рис. 7.1) располагалось под углом 90 градусов к направлению перемещения корпуса игольницы;

– усилие натяжения пружины фиксатора 2 (рис. 7.5) в исходном состоянии изменялось в пределах 5...30 Н.

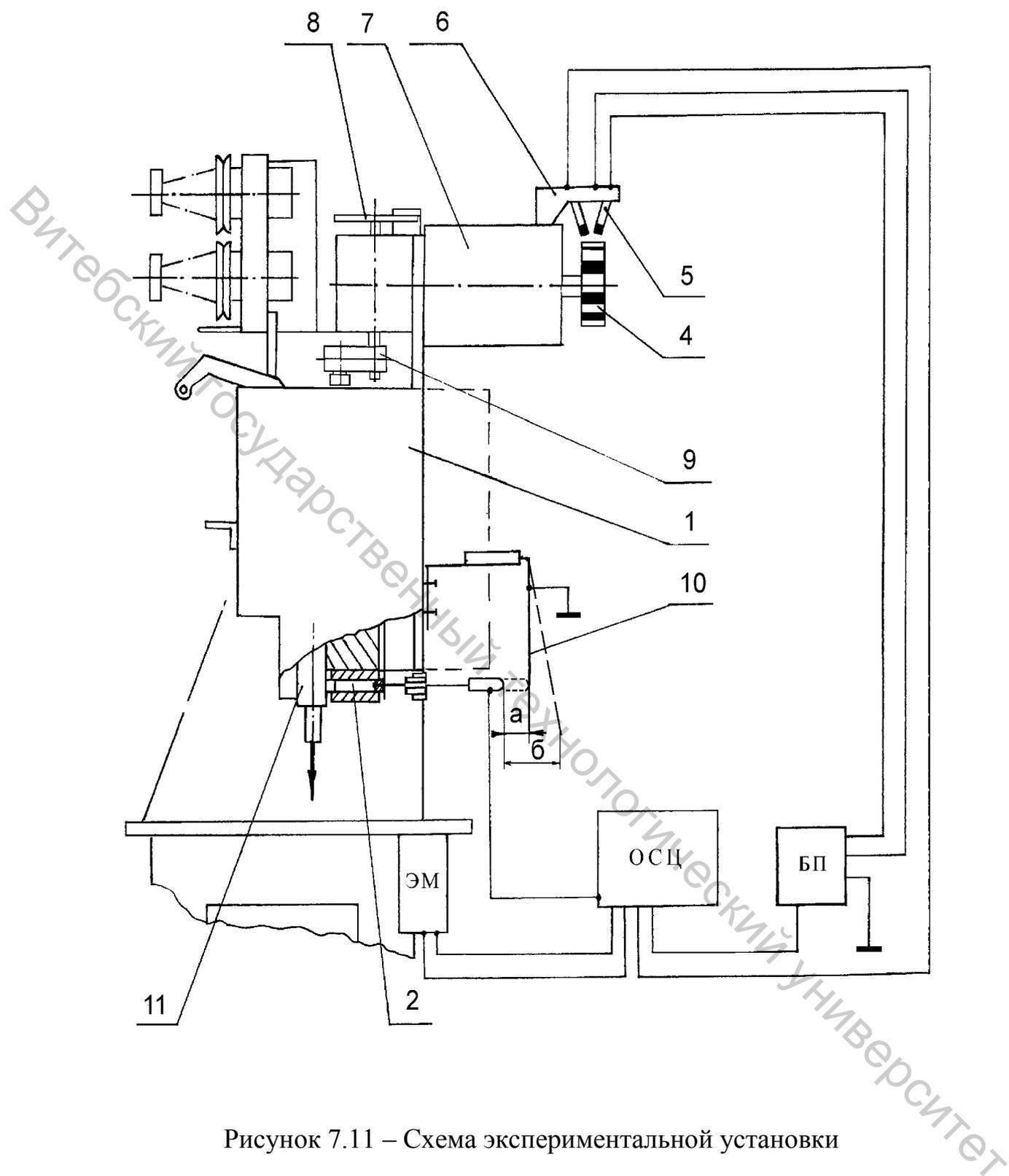


Рисунок 7.11 – Схема экспериментальной установки

Структуру процессов, фиксируемых при проведении экспериментов, можно рассмотреть по осциллограмме (рис. 7.13). На рисунке 7.13 представлен фрагмент осциллограммы при $P=15$ Н. После подачи напряжения на электромагнит перевода игольницы кулачок 8 (рис. 7.11) нажимает на конечный переключатель и подается

напряжение на электромагнит, это соответствует скачку **a** на линии 1. Завершение перемещения игольницы соответствует отключению кулачком путевого переключателя и прекращению подачи напряжения на электромагнит, что соответствует отрезку $S_{\text{вкл}}$ на осциллограмме 1.

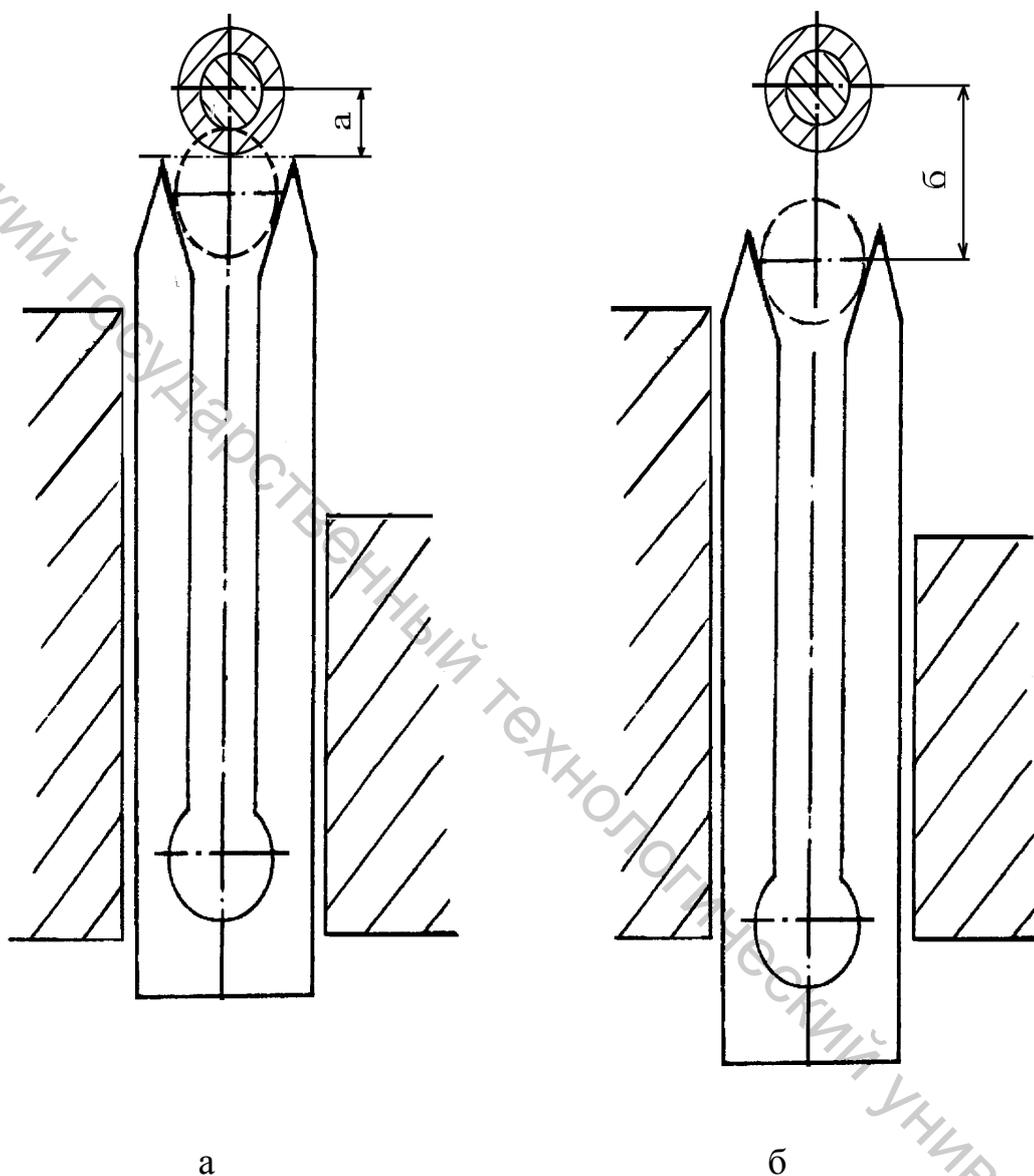


Рисунок 7.12 – Расположение фиксатора и втулки игловодителя

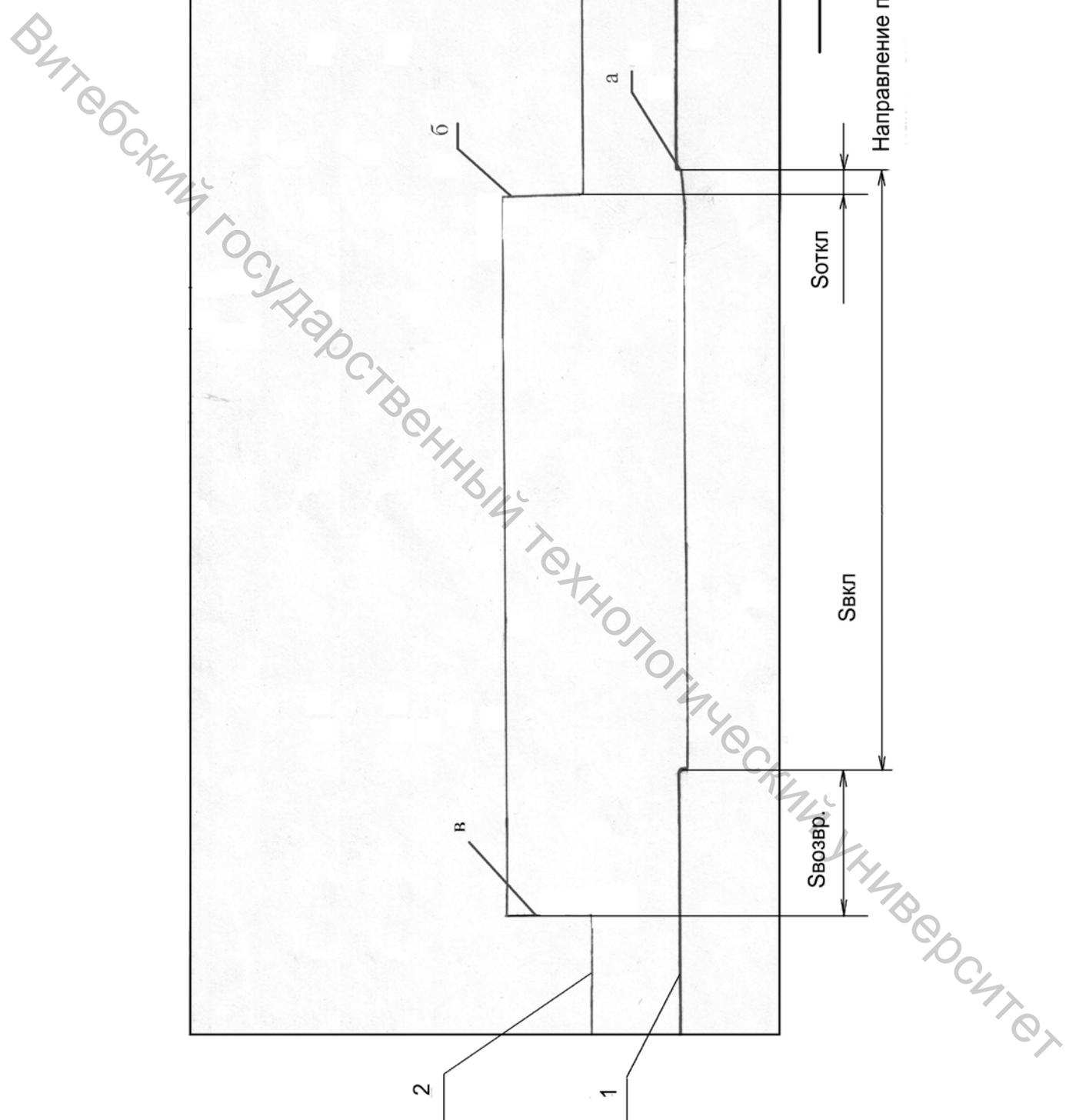


Рисунок 7.13 – Пример осциллограммы

Скачок **б** на линии 2 осциллограммы соответствует моменту освобождения фиксатором 2 втулки 11 игловодителя (рис. 7.13), взаимное расположение фиксатора и втулки (см. на рис. 7.12). Скачок **в** на линии 2 осциллограммы соответствует положению фиксатора $a=6$ мм при возврате его в исходное положение.

Отрезок $S_{откл}$ осциллограммы, между скачком **а** на линии 1 и скачком **б** на линии 2, соответствует времени отключения фиксатора игольницы.

Необходимое количество опытов, позволяющих избежать случайной ошибки, было принято равным 10.

Для определения соответствующего отрезка времени $t_{откл}$ разделим $S_{откл}$ на скорость протяжки фотобумаги $V=100$ мм/с.

Получим, для $P=5$ Н: $t_{откл}=0,038$ с; для $P=25$ Н: $t_{откл}=0,065$ с.

Экспериментальное и расчетное (раздел 7.2) время срабатывания механизма при различных значениях усилия натяжения пружины в исходном состоянии при $P=5\dots30$ Н помещены в таблицу 7.2.

Таблица 7.2 – Экспериментальное и расчетное время срабатывания механизма при различных значениях усилия натяжения пружины

Усилие P (Н)	5	10	15	20	25	30
Время срабатывания t , с (экспериментальное)	0,038	0,042	0,048	0,055	0,065	-
Время срабатывания t , с (расчетное)	0,077	0,094	0,11	0,208	-	-

По данным таблицы 7.2 построим график (рис. 7.14).

Характер кривой 1 (рис. 7.14) численного решения математической модели, описывающей динамику механизма фиксации втулки игловодителя, располагается выше и близок по характеру к экспериментальной кривой 2 при значении $P<15$ Н. Кривая 1 претерпевает значительное изменение при $P>15$ Н.

Эксперимент заключался в имитации обработки детали, выполнении вышивки при положении игольницы в первой позиции для выполнения вышивки 1-й иглой.

При проведении эксперимента не удалось обнаружить влияния скорости срабатывания микропереключателя от кулачка 8 (рис. 7.11) на

$t_{откл}$.

Анализ результатов в соответствии с рекомендациями [27, 100] показывает следующее:

1) время срабатывания механизма фиксатора при заданных настройках полуавтомата отличается от описанного теоретической

моделью, т. к. она максимально учитывает силы сопротивления от возможных динамических процессов, происходящих в механизмах фиксации втулки игловодителя и механизма позиционирования игольницы опытного образца полуавтомата ПВ-1-5;

2) фактическое минимальное значение усилия возвратной пружины требуется значительно больше, определенного теоретически;

3) с учетом времени срабатывания механизма фиксатора можно изменить скоростные режимы механизма привода игольницы в сторону увеличения;

4) неустойчивая работа механизма фиксации втулки игловодителя, когда начальное усилие $P > 30$ Н при существующих настройках, и сопряженное с ней перемещение игольницы вышивального полуавтомата не соответствует предъявляемым требованиям.

7.5 Расчет времени позиционирования игольницы

При известном времени срабатывания t_{CP} электромагнита фиксации игольницы можно определить максимальное угловое ускорение ε_m шагового электродвигателя позиционирования игольницы по формуле (7.8).

Угол $\varphi_{сх}$ для электродвигателя определяем экспериментально: $\varphi_{сх} = 1,221$ рад.

Тогда из (7.8) определим:

$$\varepsilon_m \leq \frac{2 \cdot 1,221}{0,048^2} = 1059,9 \frac{рад}{с^2}.$$

Далее минимизацию функции (7.7) проводили с учетом ограничений (7.9)–(7.10) при полученном значении ε_m по программе на языке Borland Pascal Version 7.0.

В результате минимизации t_{II} по формуле (7.7) с учетом ограничений (7.8), (7.9) получены оптимальные параметры и соответствующее им время срабатывания механизма фиксатора многоигольного вышивального полуавтомата. По результатам расчетов принято

$$\omega_m = 120 \frac{рад}{с}, \varepsilon_m = 1050 \frac{рад}{с^2},$$

при котором $t_{II} = 0,297$ с.

При этом

$$t_p = \frac{\omega_m}{\varepsilon_m} = \frac{120}{1050} = 0,12c > t_{cp} = 0,048c ,$$

что обеспечивает максимальную производительность многоигольного вышивального полуавтомата.

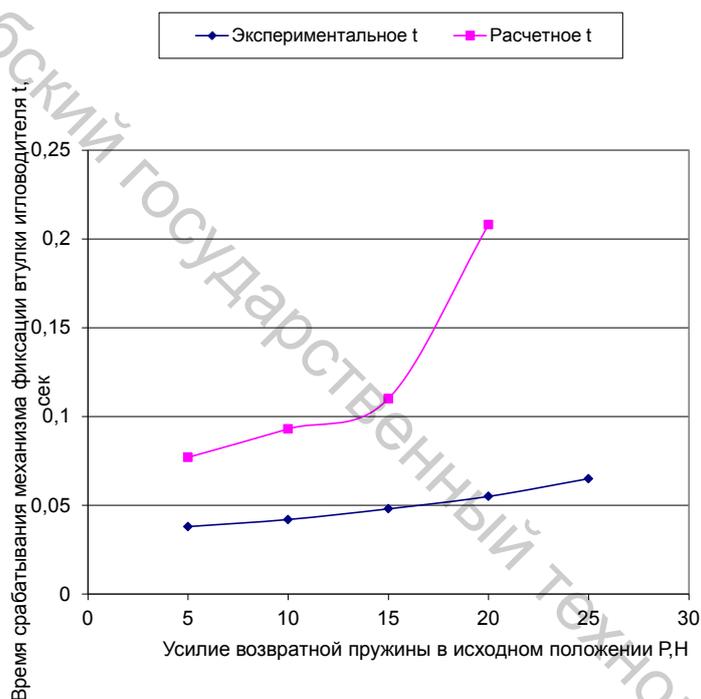


Рисунок 7.14 – Зависимость времени срабатывания механизма фиксации втулки игловодителя от первоначального усилия возвратной пружины

ВЫВОДЫ

1. Проведено теоретическое исследование электропривода механизма позиционирования игольницы. Разработана методика расчета необходимого момента на валу ШЭД для случая, когда приведенный момент инерции и приведенный момент сопротивления являются переменными. Разработана методика определения кинематических параметров привода по условию минимизации времени позиционирования игольницы.

2. Исследована предложенная конструкция механизма фиксатора. Разработана динамическая модель механизма фиксации. Исследованы силовые схемы фиксирующего устройства при различных положениях в направляющих. Рассчитано время срабатывания механизма фиксации каретки теоретическим методом.

3. Проведены экспериментальные исследования механизма фиксатора. Определено экспериментальным путем время срабатывания механизма фиксатора.

4. Выполнен расчет оптимальных кинематических параметров механизма позиционирования игольницы по условию минимизации времени позиционирования игольницы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа существующего швейного оборудования впервые выполнена классификация механизмов обрезки ниток швейных машин и полуавтоматов по девяти признакам: отдельной или совместной обрезки игольной и челночной ниток, времени обрезки относительно цикла шитья, типу системы управления, расположению ножей относительно плоскости игольной пластины, форме ножей, фазе обрезки, количеству ножей, виду стежка, типу платформы швейной машины, которая позволяет выделить наиболее типовые процессы, а также сформулировать требования, предъявляемые к этим механизмам и процессам обрезки швейной нитки [5, 16, 17, 19, 33, 34, 35]. На основании этого выполнено проектирование механизма автоматической обрезки ниток на многоголовочном вышивальном полуавтомате с МПУ, включившее в себя разработку исходных данных на проектирование нового механизма, структуру механизма и тактограмму работы основных исполнительных механизмов полуавтомата.

На основе взаимозависимости нагружения ножа и деформации нитки, полученной на созданной экспериментальной установке, проведено аналитическое описание процесса резания швейных ниток в процессе автоматической обрезки, разработан алгоритм расчета основных параметров механизма автоматической обрезки [3, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 31, 32, 36, 37].

Установлены условия гарантированной обрезки нитки на механизме обрезки швейного полуавтомата, учитывающие технологические и конструктивные параметры процесса и механизма. Проведены расчеты возможных смещений подвижного ножа относительно неподвижного для разработанного механизма обрезки нитки, создана конструкция ножей, обеспечивающих полное разрезание швейной нитки [7].

Установлено, что отклонение результатов, полученных в ходе эксперимента и по аналитическому описанию процесса резания нитки, составляет 2,1 % [23], что ниже допустимых 5 %. Получены рациональные значения параметров силы прижатия ножей (от 0,68 до 0,80 H), скорости смыкания ножей (от 0,024 до 0,030 $м/с$), силы натяжения нитки (от 0,04 до 0,70 H) на основе экспериментальных зависимостей вероятности полной обрезки ниток, использованные при проектировании механизма автоматической обрезки ниток на многоголовочном вышивальном полуавтомате [4, 8, 11, 12, 14, 26, 29, 30, 31].

Разработаны методика проектирования механизма автоматической обрезки ниток многоголовочного вышивального полуавтомата с МПУ и методика определения сил, действующих в

режущем инструменте при резании нитей (ниток) методом ножниц, которые были внедрены на ОАО «НПОКБ машиностроения», ОАО «Токката», ОАО «Витебские ковры», Испытательный центр УО «ВГТУ». Внедрение методик позволило получить значительный экономический эффект [6, 20, 21, 24].

Методики включают: аналитические зависимости для определения длин остатков игольной и челночной ниток, остающихся в игле, челноке и на лицевой и изнаночной стороне материала, от конструктивных и кинематических параметров механизмов иглы и челнока швейной машины [1]; расчеты по оптимизации кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки ниток швейных полуавтоматов с МПУ, приводящие к повышению производительности вышивания за счет снижения времени на обрезку; разработку механизма обрезки нитки на многоголовочном вышивальном полуавтомате с МПУ (на разработанную конструкцию механизма получена полезная модель Республики Беларусь) [1, 2, 9, 22, 25, 39].

Результаты исследований процесса резания швейных ниток и методика проектирования механизма автоматической обрезки ниток могут быть рекомендованы к использованию при разработке швейных полуавтоматов с МПУ.

1. Разработана рациональная структура многоигольного вышивального полуавтомата для выполнения многоцветной вышивки, включающая координатный стол базового полуавтомата ПВ-1-1; швейную автоматизированную машину 31-го ряда; игольницу, содержащую иглы с заправленными в них нитками разного цвета; механизм позиционирования игольницы, обеспечивающий минимальное время и требуемую точность позиционирования; устройство освобождения игольных ниток, обеспечивающее требуемую длину концов игольных ниток и надежное их закрепление после автоматической обрезки; механизм включения и отключения игл, обеспечивающий надежное срабатывание при его взаимодействии с механизмом позиционирования игольницы; блок микропроцессорного управления, обеспечивающий взаимодействие всех механизмов и устройств полуавтомата. Конструкция разработанного полуавтомата защищена патентом Республики Беларусь N6084 от 2003.1202 [53, 63, 66].

2. Разработана методика экспериментального исследования и минимизации погрешностей позиционирования игольницы относительно челночного устройства. С использованием экспериментальной методики определены законы распределения погрешностей позиционирования и проведена их минимизация посредством введения в конструкцию фиксирующего устройства с электромагнитным приводом [169, 170, 171].

3. Разработана методика расчета кинематических параметров шагового электропривода механизма позиционирования игольницы по условию минимизации времени позиционирования. Особенностью методики является то, что при минимизации времени позиционирования наряду с ограничениями на кинематические параметры и движущий момент привода, обусловленными механическими характеристиками шагового электродвигателя, учитываются ограничения, накладываемые временем срабатывания фиксирующего устройства с электромагнитным приводом, и непостоянство передаточного числа привода [166, 170].

4. Разработана методика проектирования устройств освобождения натяжения игольных ниток в процессе их автоматической обрезки, обеспечивающих надежное закрепление обрезанных концов игольных ниток с помощью ловителя, приводимого в движение от шагового электродвигателя, и закрепляющей планки. На основе предложенной методики разработаны устройства освобождения, содержащие электромагнитные приводы, срабатывающие в соответствии с циклограммой автомата обрезки ниток автоматизированной швейной машины [141,142].

5. Разработана методика проектирования механизма включения и отключения игл по условию надежности срабатывания при взаимодействии с механизмом позиционирования игольницы. Особенность методики состоит в том, что время срабатывания электромагнитного привода и возвратной пружины согласуется с циклограммой швейной машины [168].

6. Проведена производственная апробация образца многоигольного вышивального полуавтомата на фабрике художественных изделий. В процессе апробации установлена надежная работа механизмов и устройств полуавтомата, что подтвердило правильность технических решений, заложенных в конструкцию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сункуев, Б.С. Расчет и конструирование типовых машин легкой промышленности : методические указания и контрольные задания / Б.С. Сункуев, Т.В. Буевич. – Витебск : УО «ВГТУ», 2006.
2. Острейковский, В.А. Многофакторные испытания на надежность / В.А. Острейковский. – Москва : Энергия, 1978. – 152 с.
3. Капустин, И.И. Резание и режущий инструмент : учебное пособие для вузов / И.И. Капустин. – Москва : Гизлегпром, 1950. – 377 с.
4. Капустин, И.И. Машины-автоматы и автоматические линии в швейном и обувном производствах : учебное пособие для вузов / И.И. Капустин, И.И. Галынкер. – Минск : Легкая индустрия, 1966. – 422 с.
5. Базюк, Г.П. Исследование процесса резания текстильных материалов для бытовой одежды : автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук / Г.П. Базюк. – Москва, 1969.
6. Базюк, Г.П. Исследование процесса резания лучом лазера материалов, применяемых в швейной промышленности / Г.П. Базюк [и др.] // Швейная промышленность. – 1968. – № 3. – С. 12-15.
7. Базюк, Г.П. Исследования процесса разрушения (резания) синтетических материалов / Г.П. Базюк // Применение синтетических материалов : материалы конференций. – Кишинев, 1975. – С. 83-86.
8. Амирханов, Д.Р. Исследования основных технологических параметров вырубочных прессов и режущего инструмента для раскроя деталей швейных и трикотажных изделий / Д.Р. Амирханов, Н.И. Баканов, И.И. Капустин // Швейная промышленность. – 1967. – № 3. – С. 21-24.
9. Амирханов, Д.Р. Исследования процессов резания трикотажа : автореф. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. / Д.Р. Амирханов. – Москва, 1968.
10. К вопросу проектирования ножниц для резания нити / В.А. Козлов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1974. – № 5. – С. 122-125.
11. Экспериментальные исследования процесса резания ниток лезвием ножа / В.А. Козлов, Г.Б. Молчанова // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1974. – № 4. – С. 145-148.
12. Экспериментальное исследование усилия при резании ножницами свободно висящей пряжи / В.А. Козлов // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1974. – № 5. – С. 131-134.
13. Козлов, В.А. Исследование резания нитей и методика проектирования ножниц : автореферат дис... канд. техн. наук / В.А. Козлов ; Костромской технологический институт. – Кострома, 1974. – 18 с.

14. Дрюков, В.В. Разработка и исследование рабочих процессов и механизмов автоматизированной одноигольной швейной машины с плоской платформой для стачивания верха обуви : дис... канд. техн. наук / В.В. Дрюков ; ВГТУ. – Витебск, 2000. – 230 с.

15. Милосердный, Л.К. Разработка конструктивно-унифицированного ряда швейных машин с горизонтальной осью челнока : авторефер. дисс. ... канд. технич. наук : 05.02.13 / Л.К. Милосердный. – Москва, 1989.

16. Полухин, В.П. Конструктивно-унифицированный ряд швейных машин класса 31 с горизонтальной осью челнока / В.П. Полухин, Л.К. Милосердный. – Москва : Легпромбытиздат, 1991. – 80 с.

17. Кокетки, П.П. Одежда: технология – техника, процессы – качество / П.П. Кокеткин. – Москва : Изд-во МГУДТ, 2001. – 560 с.

18. Червяков, Ф.И. Швейные машины / Ф.И. Червяков, А.А. Николаенко. – Москва : Машиностроение, 1976. – 416 с.

19. Уточнення діаграми споживання голкової нитки на автоматизованих швейних машинах та вишивальних автоматах/ Б.В. Орловський, В.Б. Мачульський, В.Г. Здоренко, К.П. Бичок // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 2. – С. 52-57.

20. Рейбах, Л.Б. Рассказы о швейных машинах / Л.Б. Рейбах. – Москва : Легпромбытиздат, 1986. – 160 с.

21. Кузьмичёв, В.Е. Промышленные швейные машины : справочник / В.Е. Кузьмичёв, Н.Г. Папина. – Москва, 2001. – 252 с.

22. Смирнова, В.Ф. Машины и аппараты швейного производства. Ч.1 : Швейные машины и полуавтоматы / В.Ф. Смирнова, Т.В. Буевич. – Витебск : УО «ВГТУ», 2006.

23. Зак, И.С. Справочник по швейному оборудованию / И.С. Зак [и др.]. – Москва : Лёгкая индустрия, 1981.

24. Полухин, В.П. Швейные машины цепного стежка / В.П. Полухин, Л.Б. Рейбарх. – Москва : Легкая индустрия, 1976. – 352 с.

25. Полухин, В.П. Быстроходные швейно-обметочные машины / В.П. Полухин, А.И. Децко, И.Д. Приходько. – Москва : Легкая индустрия, 1971. – 120 с.

26. Анастасиев, А.А. Машины, машины-автоматы и автоматические линии легкой промышленности : учебник для вузов / А.А. Анастасиев [и др.]. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 352 с.

27. Франц, В.Я. Швейные машины : иллюстрир. пособие / В.Я. Франц, В.В. Исаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Легпромбытиздат, 1986. – 184 с.: ил.

28. Франц, В.Я. Оборудование швейного производства : учебник для вузов / В. Я. Франц. – Москва : Академия, 2002. – 448 с.

29. ГОСТ 12807-2003. Изделия швейные. Классификация стежков, строчек, швов. – Взамен ГОСТ 12807-88 ; введ. 2005–01–01. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2005. – 119 с.

30. ГОСТ 12566-88. Изделия швейные бытового назначения. Определение сортности. – Взамен ГОСТ 12566-81 ; введ. 1990–0–01. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2006. – 17 с.

31. ГОСТ 4103-82. Изделия швейные. Методы контроля качества. – Взамен ГОСТ 4103-63 ; введ. 1983–07–01. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2007. – 23 с.

32. Инструкция. Технические требования к соединению деталей швейных изделий / Государственный комитет по лёгкой промышленности. – Москва : ЦНИИТЭИлегпром, 1991. – 53 с.

33. Sewing machine : пат. 6,941,881 США , МКИ D 05 B 87/00 ; D 05 B 87/02 ; D 05 B 65/00 / Noguchi Yasukazu, Kawaguchi Yasuhiko, Kato Masato ; заявитель Brother Kogyo Kabushiki Kaisha. – № 10/625,663 ; заявл. 22.01.2003 ; опубл. 15.01.2004.

34. Sewing machine : пат. 6,907,834 США , МКИ D 05 B 65/06 ; D 05 B 87/02 ; D 05 B 65/00 ; D 05 B 87/00 ; D 05 B 87/02 / Noguchi Yasukazu, Kawaguchi Yasuhiko, Kato Masato ; заявитель Brother Kogyo Kabushiki Kaisha. – № 10/625,663 ; заявл. 22.01.2003 ; опубл. 15.01.2004.

35. Sewing machine with picker and picker control program therefor : пат. 6,860,213 США , МКИ D 05 B 57/00 ; D 05 B 61/00 ; D 05 B 57/26 ; D 05 B 73/00 ; D 05 B 65/00 / Shimizu Masaki ; заявитель Brother Kogyo Kabushiki Kaisha. – № 10/806,132 ; заявл. 22.01.2003 ; опубл. 26.03.2003.

36. Automatic thread cutting apparatus for sewing machines : пат. 6,814,018 США , МКИ D 05 B 65/06 ; D 05 B 65/00 ; D 05 B 65/00 / Chuo Jui-Jung ; заявитель Shing Ray Sewing Machine Co., Ltd. – № 10/694,840 ; заявл. 29.10.2003 ; опубл. 09.11.2004.

37. Sewing machine with improved thread cutting mechanism : пат. 6,725,794 США , МКИ D 05 B 65/00 ; D 05 B 19/12 ; D 05 B 19/00 / Usa Shuichiro ; заявитель Brother Kogyo Kabushiki Kaisha. – № 10/385,642 ; заявл. 12.03.2003 ; опубл. 27.04.2004.

38. Knife track adjustment structure of thread cutter of sewing machine : пат. 6,694,903 США , МКИ D 05 B 65/00 ; D 05 B 73/12 ; D 05 B 73/00 / Chen Shih-Fang ; заявитель Ching Chi Machine Co., Ltd. – № 10/319,648 ; заявл. 16.12.2002 ; опубл. 24.02.2004.

39. Two-thread lock-stitch sewing machine with thread cutter : пат. 6,672,232 США , МКИ D 05 B 65/00 ; D 05 B 57/10 ; D 05 B 73/12 ; D 05 B 57/00 ; D 05 B 73/00 / Enns Johann, Riffel Andreas ; заявитель Durkopp Adler Aktiengesellschaft. – № 10/103,375 ; заявл. 21.03.2002 ; опубл. 06.01.2004.

40. Overlock sewing machine : пат. 6,637,357 США , МКИ D 05 B 65/00 ; D 05 B 29/00 ; D 05 B 73/12 ; D 05 B 73/00 ; D 05 B 1/00 ; D 05 B 1/20 ; D 05 B 001/08 ; D 05 B 029/02 ; D 05 B 065/00 / Choi Hin Fai ;

заявитель Pegasus Sewing Machine Mfg. Co., Ltd. – № 10/122,626 ; заявл. 15.04.2002 ; опубл. 28.10.2003.

41. Side mount thread wiper for a sewing machine : пат. 6,568,339 США , МКИ D 05 В 65/06 ; D 05 В 65/00 ; D 05 В 065/00 / Campbell Kirk Brian, Schueler Peter; заявитель Clinton Industries, Inc. – № 09/605,305 ; заявл. 28.06.2000 ; опубл. 27.05.2003.

42. Thread cutter : пат. 6,516,735 США , МКИ D 05 В 65/00; D 05 В 65/02 ; D 05 В 57/00 ; D 05 В 065/00 / Hintzen Peter , Kessler Rolf ; заявитель VSM Group Aktiebolag. – № 09/992,153 ; заявл. 06.11.2001 ; опубл. 11.02.2003.

43. Приспособление к швейным машинам для обрезки верхней и нижней нитей над игольной пластинкой : а. с. 177120 СССР, МКИ D 05 В 65/00 / В.Р. Рухович, Г.Л. Борисова, Е.А. Иванова, В.П. Полухин, Ю.К. Саламатин. – № 908488/28-12 ; заявл. 30.06.1964 ; опубл. 01.12.1965. // Открытия. Изобрет. – 1966. – № 24. – С. 6.

44. Устройство для обрезки ниток на швейной машине : а. с. 289627 СССР, МКИ D 05 В 65/00 / Норимоси Аояма (Япония). – № 1196522/28-12 ; заявл. 12.11.1966 ; опубл. 08.12.1970 // Открытия. Изобрет. – 1971. – № 1. – С. 8.

45. Механизм обрезки ниток к швейной машине : а. с. 314837 СССР, МКИ D 05 В 65/00 / Л.К. Милосердный, В.В. Рачок, М.П. Бабилов, В.В. Пузырев, Б.И. Бухаров. – № 1886392/28-12 ; заявл. 16.12.1969 ; опубл. 21.09.1971 // Открытия. Изобрет. – 1971. – № 28. – С. 3.

46. Электронное устройство для обрезания нитей иглы на швейных машинах : а. с. 366620 СССР, МКИ D 05 В 65/00 / Карл-Хайнц Паукерт (Германская Демократическая Республика). – № 1258129/28-12 ; заявл. 17.7.1968 ; опубл. 16.01.1973 // Открытия. Изобрет. – 1973. – № 7. – С. 6.

47. Механизм обрезки нижней нитки для швейной машины : а. с. 283094 СССР, МКИ D 05 В 65/00 / Тадаси Козука (Япония). – № 1168489/28-12 ; заявл. 28.06.1967 ; опубл. 28.09.1970 // Открытия. Изобрет. – 1971. – № 30. – С. 3.

48. Устройство обрезки цепочки ниток на швейной машине : а. с. 956656 СССР, МКИ D 05 В 65/00 / А.А. Ганулич, Б.С. Шкрабов, Г.С. Пронин, И.Ю. Эскин. – № 2972419/28-12 ; заявл. 08.08.1980 ; опубл. 07.09.1982 // Открытия. Изобрет. – 1982. – № 33. – С. 6.

49. Способ обрезки верхней и нижней ниток на швейных машинах : а. с. 188832 СССР, МКИ D 05 В 65/02 / В.Н. Соколов, В.П. Полухин, Ю.К. Саламатин. – № 926977/28-12 ; заявл. 27.10.1965 ; опубл. 01.11.1966 // Открытия. Изобрет. – 1966. – № 22. – С. 2.

50. Приспособление для пережигания верхней и нижней ниток в швейных машинах : а. с. 188833 СССР, МКИ D 05 В 65/02 / В.А. Разгаров, Г.С. Навасардян, Е.И. Кротков, Б.Н. Моисеев, Н.А. Баскаков.

– № 1019683/28-12 ; заявл. 26.07.1965 ; опубл. 01.11.1966 // Открытия. Изобрет. – 1966. – № 22. – С.2.

51. Механизм обрезки верхней и нижней ниток на швейной машине : а.с. 190771 СССР, МКИ D 05 В 65/02 / В.Н. Соколов, Ю.К. Саламатин, В.И. Бахалов, Е.А. Иванова, Ю.А. Гершензон. – № 1037063/28-12 ; заявл. 10.11.1965 ; опубл. 29.12.1966 // Открытия. Изобрет. – 1967. – № 2. – С. 2.

52. Приспособление к швейным машинам для обрезки ниток : а.с. 192812 СССР, МКИ D 05 В 65/02 / Г.В. Иванов, М.С. Зак, В.И. Чванов, М.Ф. Александров, Е.И. Кротков. – № 1025853/28-12 ; заявл. 03.09.1966 ; опубл. 06.11.1967 // Открытия. Изобрет. – 1967. – № 5. – С. 2.

53. Механизм для обрезки верхней и нижней ниток к швейной машине : а. с. 200411 СССР, МКИ D 05 В 65/02 / В.Н. Соколов, А.Я. Волков, В.И. Бахалов, Е.А. Иванова, Ю.К. Саламатин, О.П. Бокин. – № 1037051/28-12 ; заявл. 10.11.1965 ; опубл. 29.07.1967 // Открытия. Изобрет. – 1967. – № 16. – С. 3.

54. Механизм для обрезок ниток на швейных машинах с ротационным челноком : а. с. 201021 СССР, МКИ D 05 В 65/02 / В.И. Чванов, И.С. Зак, В.И. Лечицкий. – № 1011758/28-12 ; заявл. 08.06.1965 ; опубл. 15.08.1967 // Открытия. Изобрет. – 1967. – № 17. – С. 2.

55. Механизм для обрезки ниток на швейных машинах : а. с. 215031 СССР, МКИ D 05 В 65/02 / Г.С. Навасардян, В.В. Сысоев, В.А. Оразгаров, Ю.В. Курганов, С.С. Кацилло. – № 1079875/28-12 ; заявл. 28.05.1966 ; опубл. 29.03.1968 // Открытия. Изобрет. – 1968. – № 12. – С. 3.

56. Механизм для обрезки ниток на швейных машинах : а. с. 244875 СССР, МКИ D 05 В 65/02 / Г.С. Навасардян, Н.В. Лисицин, С.Ю. Полванов, Д.И. Городецкий. – № 1177450/28-12 ; заявл. 28.07.1967 ; опубл. 28.05.1969 // Открытия. Изобрет. – 1969. – № 18. – С. 2.

57. Механизм для обрезания верхней нитки в швейной машине : а. с. 263516 СССР, МКИ D 05 В 65/02 / Тадаси Козука (Япония). – № 1168499/28-12; заявл. 28.06.1967 ; опубл. 04.11.1970 // Открытия. Изобрет. – 1970. – № 7. – С. 6.

58. Устройство для обрезки ниток на швейной машине : а. с. 272804 СССР, МКИ D 05 В 65/02 / Г.С. Навасардин, В.В. Махов, В.А. Разгаров, В.В. Сысоев, С.П. Кротов. – № 1145051/28-12 ; заявл. 29.03.1967 ; опубл. 03.06.1970 // Открытия. Изобрет. – 1970. – № 19. – С. 3.

59. Способ отсекания верхней и нижней нитей в челночных швейных машинах : а. с. 280372 СССР, МКИ D 05 В 65/02 / Петер Кусс (Германская демократическая республика). – № 1109601/28-12 ; заявл.

29.10.1966 ; опубл. 26.08.1970 // Открытия. Изобрет. – 1970. – № 27. – С. 2.

60. Устройство для обрезки нитей игл и петлителя на швейной машине : а. с. 281298 СССР, МКИ D 05 B 65/02 / Нерино Марфорио. – № 1269996/28-12 ; заявл. 17.09.1968; опубл. 03.09.1970 // Открытия. Изобрет. – 1970. – № 28. – С.7.

61. Устройство для обрезки нитей игл и петлителя на швейной машине : а. с. 282193 СССР, МКИ D 05 B 65/02 / Нерино Марфорио. – № 1249898/28-12 ; заявл. 24.06.1968 ; опубл. 14.09.1970 // Открытия. Изобрет. – 1970. – № 29. – С.5.

62. Механизм обрезки нитей на швейном полуавтомате : а. с. 357299 СССР, МКИ D 05 B 65/02 / В.Ф. Степанов, Г.П. Белюк. – № 1681197/28-12 ; заявл. 31.05.1971 ; опубл. 31.10.1972 // Открытия. Изобрет. – 1972. – № 33. – С.3.

63. Thread cutting device having a translatably slidable knife and catcher, being driven for forming uniformly short stitch thread ends in a zig zag sewing machine ; пат. 5,005,504 США , МКИ D 05 B 65/00 ; D 05 B 65/02 / Albrecht Ernst, Dinges Harald ; заявитель G. M. Pfaff Aktiengesellschaft. – WO88/08894 ; заявл. 17.11.1988 ; опубл. 28.12.1989.

64. Thread cutting unit having a rotatably driveable cutting knife and loop spreading plate for a sewing machine : пат. 5,009,177 США , МКИ D 05 B 65/00 ; D 05 B 65/02 / Sato Shuichi, Koguchi Yoshimi, Kobayashi Yoshiharu ; заявитель SSMC Inc. – № 410789 ; заявл. 22.09.1989 ; опубл. 23.04.1991.

65. Thread trimmer system for in-line chain stitch cylinder bed sewing machine : пат. 5,125,351 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Eugene R. Prais ; Glenn P. Trimboli ; заявитель Kansai Special U.S.A. Corp. – № 617531 ; заявл. 23.11.1990 ; опубл. 30.06.1992.

66. Thread cutting device for use in a sewing machine : пат. 5,085,160 США, МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Hashiride Tadaaki, Nakai Toshiyuki, Hashiride Tadaaki ; заявитель Aisin Seiki Kabushiki Kaisha. – № 603147 ; заявл. 25.10.1990 ; опубл. 4.02.1992.

67. Selective thread cutting device in a sewing machine : пат. 5,131,340 США, МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Tajima Ikuo, Anezaki Tomoaki, Hirate Masayoshi ; заявитель Tokai Kogyo Mishin Kabushiki Kaisha. – № 533117 ; заявл. 04.06.1990 ; опубл. 21.07.1992.

68. Thread supply device used in a sewing apparatus with a plurality of needles : пат. 5,138,961 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Nakano Minoru, Matsunami Takayuki ; заявитель Pegasus Sewing Machine Mfg., Co., Ltd. – № 707750 ; заявл. 20.05.1991 ; опубл. 18.08.1992.

69. Looper which rotates in a horizontal plane for a double lock-stitch sewing machine : пат. 5,189,973 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Thomas Krumme, Robert Strohl, Dieter Wachter ; заявитель Durkopp

Adler Aktiengesellschaft. – № 674532 ; заявл. 22.03.1991 ; опубл. 02.03.1993.

70. Thread cutting via reciprocating arm with pockets and a trimming plate : пат. 5,333,565 США , МКИ D 05 B 65/00 ; D 05 B 65/02 / Ricky J. Frye ; заявитель MIM Industries, Inc. – № 969028 ; заявл. 30.10.1992 ; опубл. 02.08.1993.

71. Automated sewing system and method for sewing a knit glove cuff edge : пат. 6,123,041 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Maximilian Adamski, Jr., J. Mark Smith, Michael P. Faber ; заявитель Union Special Corporation. – № 674532 ; заявл. 14.01.2000 ; опубл. 26.09.2000.

72. Thread-cutter device for double lock stitch sewing machine : пат. 4,123,986 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Alwin Konersmann ; заявитель Durkoppwerke GmbH. – № 794619 ; заявл. 06.05.1977 ; опубл. 07.11.1978.

73. Thread separating finger : пат. 4,165,700 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Roy W. Fletcher, Anthony D. Forte ; заявитель Union Special Corporation. – № 956464 ; заявл. 30.10.1978 ; опубл. 28.08.1979.

74. Thread-cutting device for sewing machines having a revolving looper : пат. 4,254,725 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Walter Hager, Karl-Heinz Walther ; заявитель Pfaff Industriemaschinen GmbH. – № 144015 ; заявл. 28.04.1980 ; опубл. 10.03.1981.

75. Needle bar operated trimmer : пат. 4,389,952 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Ernst Dreier, Richard Hoss ; заявитель Fritz Gegauf Aktiengesellschaft Bernina-Machmaschinenfabrik. – № 277388 ; заявл. 25.06.1981 ; опубл. 28.07.1983.

76. Thread trimming device for a sewing machine : пат. 4,437,423 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Masayuki Yamazawa ; заявитель Aisin Seiki Kabushiki Kaisha. – № 351210 ; заявл. 22.02.1982 ; опубл. 20.03.1984.

77. Radius blade cutting apparatus for a sewing machine : пат. 4,438,714 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Samuel W. Smith, Harold C. McVey ; заявитель Blue Grass Industries, Inc. – № 325347 ; заявл. 27.11.1981 ; опубл. 27.03.1984.

78. Cycle sewing machine : пат. 4,459,925 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Nobuji Miyachi, Ken'iti Miyake ; заявитель Miyachi Sewing Machine Co., Ltd. – № 415882 ; заявл. 07.09.1982 ; опубл. 17.07.1984.

79. Multi-head embroidery machine with thread cutting function : пат. 6,123,037 США , МКИ D 05 D 05 B 65/04 / Masaki Shimizu ; заявитель Brother Kogyo Kabushiki Kaisha. – № 275051 ; заявл. 24.03.1999 ; опубл. 26.09.2000.

80. Thread wiping device : пат. 4,436,044 США , МКИ D 05 D 05 B 65/02 / Eric W. Nordstrom, Laurence A. Manoski ; заявитель Union Special Corporation – № 303649 ; заявл. 18.09.1981 ; опубл. 13.03.1984.

81. Process and apparatus for stitching excess thread chain on a sewing machine : пат. 4,679,515 США , МКИ D 05 D 05 B 65/06 / J. Herbert Keeton ; заявитель J. Herbert Keeton. – № 866561 ; заявл. 23.05.1986 ; опубл. 14.07.1984.

82. Механизм обрезки ниток к швейной машине : а.с. 314837 СССР, МКИ D 05 B 65/00 / Л.К. Милосердный, В.В. Рачок, М.П. Бабилов, В.В. Пузырев, Б.И. Бухаров. – №1386392/28-12 ; заявл. 16.12.1969 ; опубл. 21.09.1971 // Открытия. Изобрет. – 1971. – № 23. – С. 3.

83. Щербаков, В.П. Прикладная механика нити / В.П. Щербаков. – Москва : 2001. – 212 с.

84. Мигушов, И.И. Механика текстильной нити и ткани : монография / И.И. Мигушов. – Москва : Легкая индустрия, 1980. – 160 с.

85. Якубовский, Ю.В. Основы механики нити / Ю.В. Якубовский [и др.]. – Москва : Легкая индустрия, 1973. – 271 с.

86. Севостьянов, А.Г. Механическая технология текстильных материалов : учебник для вузов / А.Г. Севостьянов [и др.]. – Москва : Легпромбытиздат, 1989. – 512 с.

87. Резник, Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. – Москва : Машиностроение, 1975. – 311 с.

88. Глебов, И.Т. Резание древесины / И.Т. Глебов. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2001. – 151 с.

89. Гаврилов, К.А. Исследование дисковых фрикционных ножниц и возможности применения их для разрезания штучных тканых изделий : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. технич. наук. спец. 05.02.13 «Машины и агрегаты легкой промышленности» / К.А. Гаврилов ; Ленинградский институт текстильной и легкой промышленности имени С. М. Кирова. – Ленинград, 1974. – 28 с.

90. Бобров, В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – Москва : Машиностроение, 1975. – 344 с.

91. Технология и моделирование процессов резания в швейном и обувном производстве : монография / В.Ф. Абрамов [и др.]. – Москва : Московский государственный университет дизайна и технологии, 2003. – 384 с.

92. Технологические процессы производства изделий легкой промышленности. Ч. 1 / В.Ф. Абрамов [и др.] ; под общ. ред. В.А. Фукина. – Москва : Московский государственный университет дизайна и технологии, 2003. – 572 с.

93. Абрамов, В.Ф. Процессы, инструмент и устройства резания в производстве одежды, обуви, кожи и меха : учеб. пособие / В.Ф.

Абрамов, В.Н. Соколов. – Москва : Московский государственный университет дизайна и технологии, КноРус, 2002. – 256 с.

94. ГОСТ 13784-94. Волокна и нити текстильные. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 13784-70 ; введ. 1996–07–01. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 1995. – 7 с.

95. ГОСТ 13784-94. Волокна и нити текстильные. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 13784-70 ; введ. 1996–07–01. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.

96. ГОСТ 6611.1-1973. Нити текстильные. Метод определения линейной плотности. – Взамен ГОСТ 6611.1-69 ; введ. 1976–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 9 с.

97. ГОСТ 6611.2-1973. Нити текстильные. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. – Взамен ГОСТ 6611.3-69 ; введ. 1976–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1982. – 8 с.

98. ГОСТ 6611.3-2003. Нити текстильные. Методы определения числа кручений, укрутки и направления крутки. – Взамен ГОСТ 6611.4-73 ; введ. 2005–01–12. – Москва : Изд-во стандартов, 2005. – 7 с.

99. ГОСТ 6309-93. Нитки швейные хлопчатобумажные и синтетические. Технические условия. – Введ. 01.01.96. – Москва : Изд-во стандартов, 1995. – 24 с.

100. ГОСТ 30226-93. Нитки обувные. Хлопчатобумажные и синтетические. Технические условия : Введ. 01.01.96. – Москва : Изд-во стандартов, 1995. – 20 с.

101. Кузнецов, А.А. Оценка и прогнозирование механических свойств текстильных нитей : монография / А.А. Кузнецов, В.И. Ольшанский. – Витебск : ВГТУ, 2004. – 226 с.

102. Савостицкий, А.В. Технология швейных изделий / А.В. Савостицкий, Е.Х. Меликов, И.А. Куликова. – Москва : Легкая индустрия, 1971. – 598 с.

103. Беденко, В.Е. Технологические свойства швейных ниток / В.Е. Беденко, М.И. Сухарев. – Москва : Легкая индустрия, 1977. – 144 с.

104. Бузов, Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство) / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова. – Москва : Академия, 2004. – 448 с.

105. Беденко, В.Е. Технологические свойства швейных ниток / В.Е. Беденко, М.И. Сухарев. – Москва : Легкая индустрия, 1977. – 142 с.

106. Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества : справочник / К.Г. Гущина [и др.]. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 315 с.: ил.

107. Ассортимент швейных ниток и игл. Нормы расхода швейных ниток для верхней одежды : справочник / сост. Н.Н. Бодяло. – Витебск : УО «ВГТУ», 2009. – 82 с.

108. Гусак, А.А. Справочник по высшей математике / А.А. Гусак, Г.М. Гусак. – Минск : Навука і тэхніка, 1991. – 480 с.

109. Троицкий, В.А. Инженерные расчеты на ЭВМ : справочное пособие / под ред. В.А. Троицкого. – Ленинград : Машиностроение, 1979. – 288 с.

110. Мудров, А.Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран, Паскаль / А.Е. Мудров. – Томск : МП «РАСКО», 1991. – 272 с.

111. Бобровский, С.И. Delphi 7 : учебный курс / С.И. Бобровский. – Санкт-Петербург : Питер, 2008. – 736 с.

112. Фаранов, В.В. Delphi 4 : учебный курс / В.В. Фаранов. – Москва : Нолидж, 1999. – 464 с.

113. Феодосьев, В.И. Сопrotивление материалов : учеб. пособие / В.И. Феодосьев. – 9-изд. – Москва, 1986. – 512 с.

114. Вальщиков, Н.М. Расчет и проектирование машин швейного производства / Н.М. Вальщиков, Б.А. Зайцев, Ю.Н. Вальщиков. – Ленинград : Машиностроение, 1973. – 344 с.

115. Комиссаров, А.И. Проектирование и расчет машин обувных и швейных производств / А.И. Комиссаров [и др.] ; под ред. А.И. Комиссарова. – Москва : Машиностроение, 1978. – 431 с.

116. Зак, И.С. Приспособления и агрегатные узлы к швейным машинам / И.С. Зак. – Москва : Легкая индустрия, 1970.

117. Гарбарук, В.П. Расчет и конструирование основных механизмов челночных швейных машин / В.Н. Гарбарук. – Ленинград : Машиностроение, 1977. – 232 с.

118. Полухин, В.П. Проектирование механизмов швейно-обметочных машин / В.П. Полухин. – Москва : Машиностроение, 1972. – 280 с.

119. Архипов, Н.Н. Основы конструирования и расчета типовых машин и аппаратов легкой промышленности : учебник для вузов / Н.Н. Архипов [и др.]. – Москва : Машгиз, 1983. – 599 с.

120. Полухин, В.П. Способы и средства автоматической обрезки ниток на швейных машинах / В.П. Полухин, В.Н. Соколов, В.А. Уйманов. – Москва : ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1970. – 76 с.

121. Курсовое проектирование деталей машин : справочное пособие. Часть 1 / А.В. Кузмин [и др.]. – Минск : Вышэйшая школа, 1982. – 208 с.

122. Артоболевский, И.И. Теория механизмов / И.И. Артоболевский. – Москва : Наука. – 1965. – С. 764-769.

123. Бувич, Т.В. Разработка и исследование механизмов петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением : дисс... канд. техн. наук : 05.02.13 / Т.В. Бувич. – Витебск : ВГТУ, 2000. – 233 с.

124. Капустин, И.И. Резание и режущий инструмент / И.И. Капустин. – Москва : Легкая индустрия, 1980 – 191 с.

125. Ящерицын, П.И. Планирование эксперимента в машиностроении / П.И. Ящерицын, Е.И. Махаринский. – Минск : Вышэйшая школа, 1985. – 286 с.

126. Тихомиров, В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности) / В.Б. Тихомиров. – Москва : Легкая индустрия, 1974. – 262 с.

127. Виноградов, Ю.С. Математическая статистика и ее применение в текстильной промышленности / Ю.С. Виноградов. – Москва : Легкая индустрия, 1970. – 312 с.

128. Литовский, С.М. Методы и средства исследований механико-технологических процессов текстильной промышленности : методические указания к лабораторным работам по курсу / С.М. Литовский. – Витебск : ВГТУ, 1996. – 42 с.

129. ГОСТ 7328-2001. Гири. Общие технические условия. – Введ. 01.07.2002. – Москва : Изд-во стандартов, 2002. – 20 с.

130. Электронный учебник по промышленной статистике / StatSoft, Inc. М. – 2001. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.statsoft.ru/home/portal/textbook_ind/default.htm.

131. Комиссаров, А.И. Влияние структуры переплетения нитей на качество челночных строчек / А.И. Комиссаров, В.В. Сторожев, Ф.И. Червяков // Научные труды МТИЛП. – Москва : МТИЛП, N27, 1963. – С. 109-116.

132. Зак, И.С. Автоматизация процессов сборки швейных изделий / И.С. Зак. – Москва : Легкая индустрия, 1974. – 208 с.

133. Латышев, В.В. Выбор рационального шага дискретности механизма программного управления швейного полуавтомата / В.В. Латышев // Известия вузов. Техн. лег. пром. / В.В. Латышев, Г.В. Сипаров, В.П. Полухин. – 1989. – № 2. – С. 105-108.

134. Козлов, А.З. Основные исполнительные инструменты и механизмы швейных машин / А.З. Козлов. – Витебск : УО «ВГТУ», 2004. – 127 с.

135. Детали машин в примерах и задачах : учеб. пособие / под общ. ред. С.И. Ничипорчика. – 2-е изд. – Минск : Выш. школа, 1981.

136. Дусматов, Х.С. Разработка и исследование механизмов вышивального полуавтомата с микропроцессорным управлением : дисс.... канд. техн. наук : 05.02.13 / Х.С. Дусматов. – Витебск : ВГТУ, 1995 – 303 с.

137. Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя . В 3 т. Т. 3. – 5-е изд. , перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1979. – 557 с. : ил.

138. Башарин, А.В. Управление электроприводами / А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. – Ленинград : Энергоиздат, 1982. – 291 с.

139. Бейер, Р. Кинематический синтез механизмов / Р. Бейер. – Москва : Машгиз, 1959. – 318 с.

140. Беликов, С. А. Исследование динамики координатного устройства швейного полуавтомата с МПУ для сборки плоских заготовок верха обуви / Беликов С. А. // Сборник статей XXXI научно-технической конференции преподавателей и студентов / ВГТУ. – Витебск, 1998. – С. 167-171.

141. Бруевич, Н.Г. Точность механизмов / Н.Г. Бруевич. – Москва : Гостехиздат, 1946. – 122 с.

142. Буевич, Т. В. Разработка и исследование механизмов петельного полуавтомата с микропроцессорным управлением : дис. ... канд. техн. наук / Буевич Татьяна Владимировна ; науч. рук. Б. С. Сункуев ; ВГТУ. – Витебск, 2000. – 233 с.

143. Букреев, В.З. Математические методы и модели в расчетах на ЭВМ / В.З. Букреев, А.Г. Орлов. – Москва : РЗИТЛПром, 1995. – 54 с.

144. Вальщиков, Н.М. Расчет и проектирование машин швейного производства / Н.М. Вальщиков, Б.А. Зайцев, Ю.Н. Вальщиков. – Ленинград : Машиностроение, 1973. – 344 с.

145. Вачкевич, Л.И. Комплексная автоматизация производства / Л.И. Вачкевич, М.П. Ковалев. – Москва : Машиностроение, 1993. – 67 с.

146. Вершков, В.В. Разработка и исследование механизмов для поступательного перемещения деталей и изделий легкой промышленности, обрабатываемых по контуру : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.В. Вершков ; МТИЛП. – Москва, 1976. – 28 с.

147. Воднев, В.Т. Математический словарь высшей школы / В. Т. Воднев, А.Ф. Наумович, Н.Ф. Наумович. – Минск : Выш. шк., 1984. – 527 с. : ил.

148. Гарбарук, В.Н. Расчет и конструирование основных механизмов челночных швейных машин / В.Н. Гарбарук. – Ленинград : Машиностроение, 1977. – 232 с.

149. Гончаров, А. Excel 7.0 в примерах / А. Гончаров. – Санкт-Петербург : Питер, 1996. – 256 с. : ил.

150. Гумен, В.Ф. Следящий шаговый электропривод / В.Ф. Гумен, Т.В. Калининская. – Ленинград : Энергия. Ленинградское отделение, 1980. – 168 с. : ил.

151. Дрюков, В.В. Разработка и исследование рабочих процессов и механизмов автоматизированной одноигольной швейной машины с плоской платформой для стачивания верха обуви : дис. ...

канд. техн. наук : 05.02.13 / Дрюков Василий Васильевич ; науч. рук. Б.С. Сункуев ; ВГТУ. – Витебск, 2000. – 230 с.

152. Жуков, В.В. Исследование работы механизмов для перемещения сшиваемых деталей в швейно-заготовительных машинах автоматического действия : дис. ... канд. техн. наук / В.В. Жуков ; МТИЛП. – Москва, 1970. – 151 с.

153. Зажигаев, Л.С. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента / Л.С. Зажигаев, А.А. Кимьян, Ю.И. Романиков. – Москва : Атомиздат, 1978. – 231 с.

154. Зак, И.С. Автоматизация процессов сборки швейных изделий / И.С. Зак. – Москва : Легкая индустрия, 1974. – 208 с.

155. Зиновьев, В.А. Аналитические методы расчета плоских механизмов / В.А. Зиновьев. – Москва – Ленинград : Гостехиздат, 1949. – 203 с.

156. Зак, И.С. Основы построения оптимального ряда полуавтоматов для сборки швейных изделий : дис. ... докт. техн. наук / И.С. Зак ; МТИЛП. – Москва, 1976. – 363 с.

157. Зак, И.С. Приспособления и агрегатные узлы к швейным машинам / И.С. Зак, В.И. Лечицкий, С.Г. Бабаджанов. – Москва : Легкая индустрия, 1970. – 184 с.

158. Инженерные расчеты на ЭВМ : справочное пособие / под ред. В.А. Троицкого. – Ленинград : Машиностроение, 1979. – 288 с.

159. 34. Исаев, В.В. Устройство, работа, наладка и ремонт швейных машин / В.В. Исаев, В.Я. Франц. – Москва : Легкая индустрия, 1966. – 204 с.

160. Исследование динамических характеристик координатного устройства швейного полуавтомата с микропроцессорным управлением: отчет о НИР ГБ-282 / Витебский гос. технол. университет; рук. Б.С. Сункуев. – Витебск, 2000. – 42 с. – № ГР 20001027.

161. Исследование надежности срабатывания механизма включения и отключения игл / Ю.В. Новиков, Б.С. Сункуев // Тезисы докладов XXXVIII научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / ВГТУ. – Витебск, 2005. – С. 128-129.

162. Исследование точностных и динамических характеристик механизмов подачи материала базовых закрепочных полуавтоматов : отчет о НИР / Витебский технол. ин-т легкой пром-сти. – Витебск, 1989. – 169 с.

163. Капустин, И. И. Машины-автоматы и автоматические линии в швейном и обувном производствах / И.И. Капустин, И.И. Галынкер. – Москва : Легкая индустрия, 1966. – 422 с.

164. Кенио, Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления: пер. с англ. / Т. Кенио. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.

165. Ленчук, И.Г. Кусочно-линейная аппроксимация контуров деталей швейных изделий с заданным допуском / И.Г. Ленчук, Ю.Г. Павленко, В. И. Залевский // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – 1977. – № 4. – С. 109-116.

166. Лях, И.А. Исследование точности позиционирования игольницы вышивального полуавтомата / И.А. Лях, Ю.В. Новиков // V республиканская научная конференция студентов, магистрантов и аспирантов Республики Беларусь (НИРС 2000) : материалы конференции в пяти частях. – Гродно, 2000. – Ч. 5 – С. 206-209.

167. Научные работы : методика подготовки и оформления / сост. И. Н. Кузнецов. – Минск : Амалфея, 1998. – 272 с.

168. Новиков, Ю.В. Исследование времени позиционирования каретки многоигольного вышивального полуавтомата / Ю.В. Новиков, Б. С. Сункуев // Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК-2002) : тезисы докладов ; 22-24 апр. 2002 г. / ИГТА. – Иваново, 2002. – С. 387-388.

169. Новиков, Ю.В. Исследование работы механизма освобождения натяжения игольной нитки многоигольного вышивального полуавтомата с микропроцессорным управлением / Ю.В. Новиков, Б.С. Сункуев, // VIII международная научно-методическая конференция «Наука и образование в условиях социально-экономической трансформации общества» : материалы конференции в двух частях. – Ч. 1. – Витебск, 2005. – С. 251-254.

170. Новиков, Ю. В. Расчет времени срабатывания механизма освобождения фиксатора многоигольного вышивального полуавтомата / Ю.В. Новиков, Б.С. Сункуев // Сборник статей VII республиканской научной конференции студентов и аспирантов Беларуси (НИРС 2002) / УО «ВГТУ». – Витебск, 2002. – С. 352-354.

171. Новиков, Ю.В. Исследование механизма включения и отключения игл многоигольного вышивального полуавтомата / Ю.В. Новиков, Б.С. Сункуев // Вестник Витебского Государственного Технологического Университета / УО «ВГТУ». – 2005. – Вып. 8. – С. 6-9.

172. Норенков, И.П. Принципы построения и структура : учеб. пособие для вузов / И.П. Норенков. – Москва : Высш. шк., 1986. – 127 с. – (Система автоматизированного проектирования : в 9 кн. / И.П. Норенков ; кн. 1).

173. Организация совместного производства вышивальных полуавтоматов ПВ-1-1: отчет о НИР ХД-94-366 / Витебский технол. ин-т легкой пром-сти: рук. Б.С. Сункуев. – Витебск, 1996. – 18с. : ил.

174. Пат. 6084 Республика Беларусь, МПК D 05 B 21/00. Вышивальный полуавтомат / Сункуев Б.С., Дервояд О.В., Новиков Ю.В., Агафонов В.Ф., Зудов В.И., Шнейвайс И.Л., Ткачев Ю.Л.,

Воронов В. Н. – №19990455 ; заявл. 05.05.99 ; опубл. 30.12.00, Бюл. № 4.

175. Пат. 45460712А США, МПК Д 05 В 55/16, Д 05 С 11/06. Швейная машина, имеющая магазин иглодержателей с устройством автоматического сцепления и распределения игл с иглодержателями / опубл. 31.12.85, Т1061 № 5.

176. Пат. 3309 609 С1 ФРГ, МПК Д 05 В 21/00. Швейная машина, снабженная магазином для удержания набора игл с автоматическим механизмом соединения и разъединения игл с держателем / № 5904935; заявл. 16.03.84; опубл.10.12.84. – прототип.

177. Пат. 10620828-В Япония, МПК Д 05 В 21/00. Швейная машина / №3062828; заявл. 03.16.84; опубл.27.09.91, Бюл. №301571.

178. Пискорский, Г.А. Исследование процессов автоматизации загрузки обувных машин : дис. ... докт. техн. наук / Г.А. Пискорский ; МТИЛП. – Москва,1970. – 372 с.

179. Плужников, Л.Н. Автоматизация технологических процессов легкой промышленности / Л.Н. Плужников, А.В. Елин. – Москва : Высш. шк., 1984. – 95 с.

180. Практикум по машинам, автоматам и автоматическим линиям легкой промышленности / А.И. Комиссаров [и др.]; под ред. А.И. Комиссарова. – Москва: Легкая индустрия, 1980. – 256 с.

181. Проектирование и расчет машин обувных и швейных производств / А.И. Комиссаров [и др.] ; под ред. А.И. Комиссарова. – Москва : Машиностроение, 1978. – 431 с.

182. Проспекты фирм ZSK (Германия), Пфафф (Германия), Таджима (Япония), Барудан (Япония) на выставках Легмаш-98, Легмаш-99.

183. Рейлетис, Г. Оптимизация в технике : в 2 кн. / Г. Рейлетис, А. Рейвенуран, К. Рэгодел. – Москва : Мир, 1986.

184. Сливинская, А.Г. Электромагниты и постоянные магниты / А.Г. Сливинская. – Москва : Энергия, 1972. – 248 с. : ил.

185. Статистические методы в экспериментальных исследованиях / сост. С.М. Литовский. – Витебск : ВГТУ, 1996. – 63 с.

186. Сумский, С.Н. Расчет кинематических характеристик плоских рычажных механизмов / С.Н. Сумский. – Москва, 1980. – 176 с.

187. Сункуев, Б.С. Оптимизационный синтез регулируемых рычажных машин легкой промышленности.: дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.13 / Сункуев Борис Семенович ; МТИЛП. – Москва, 1983. – 440 с.

188. Сункуев, Б.С. Расчет и конструирование исполнительных механизмов машин : учебное пособие для студентов вузов по специальности «Машины и аппараты текстильной, легкой промышленности и бытового обслуживания» / Б.С. Сункуев / ВГТУ. – Витебск, 2003. – 115 с.

189. Тихомиров, В.В. Планирование и анализ эксперимента при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности В.В. Тихомиров. – Москва: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.

190. Уриадмкопели, Т.Д. Разработка научных основ создания машинных комплексов для автоматизированной сборки швейных изделий : дис. ... докт. техн. наук : 05.02.13 / Томази Дармантьевич Уриадмкопели ; МГАЛП. – Москва, 1999. – 398 с.

191. Шарстнев, В.Л. Динамический синтез основных механизмов швейных машин и полуавтоматов при автоматизированном проектировании : дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13 / Шарстнев Владимир Леонидович ; науч. рук. Б. С. Сункуев ; ВТИЛП. – Витебск, 1993. – 271 с.

Научное издание

Краснер Станислав Юрьевич
Новиков Юрий Васильевич

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ В МЕХАНИЗМАХ
ВЫШИВАЛЬНЫХ ПОЛУАВТОМАТОВ**

Монография

Редактор *Т.А. Осипова*
Корректор *Т.А. Осипова*
Компьютерная верстка *Ю.В. Новиков*

Подписано к печати 10.05.2019. Формат 60x90¹/₁₆. Усл. печ. листов 12,0.
Уч.-изд. листов 14,1. Тираж 15 экз. Заказ № 168.

Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.
Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.