

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ДИЗАЙНА И
ТЕХНОЛОГИИ»

На правах рукописи

Мартынова Елизавета Андреевна

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РАСКЛАДКИ С
РАССЕИВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
кандидат технических наук,
профессор Хозина Е.Н.

Москва - 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1. Обзор патентной и научной литературы по механизмам раскладки с рассеивающими устройствами	
1.1 Основные понятия и определения	8
1.2 Основные требования, предъявляемые к структуре и форме выходной паковки	9
1.3 Дефекты намотки и методы их устранения	10
1.4 Литературный обзор существующих механизмов раскладки с рассеивающими устройствами и методики их расчета	16
Выводы	27
Глава 2. Разработка конструкции и методика проектирования механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа	
2.1 Определение параметров, обеспечивающих получение паковок с равномерно застилистой структурой	29
2.1.1 Определение цикла намотки навиваемых витков	29
2.1.2 Определение осевого смещения навиваемых витков	42
2.1.3 Определение дополнительного угла раскладки	45
2.2 Разработка эскизной схемы механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа	48
2.3 Кинематический расчет рассеивающего устройства кулачкового типа	54
2.4 Проектирование механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа	62
2.4.1 Проектирование кулачка раскладки	63
2.4.2 Проектирование промежуточного барабана механизма рассеивания	73
2.4.3 Проектирование рассеивающего кулачка	75
2.4.4 Проектирование каретки	79
2.5 Индивидуальный привод нитеводительной штанги	81
2.6 Силовой расчет кулачка раскладки	83
2.7 Определение момента инерции кулачка раскладки	95
Выводы	98
Глава 3. Экспериментальное определение дополнительного угла раскладки нити	
3.1 Цели и задачи эксперимента	100
3.2 Методика проведения эксперимента	100

Выводы	108
Общие выводы	110
Список литературы	114
Приложение 1	121
Приложение 2	134

Введение

Актуальность темы. Качество нитей зависит от совершенства технологических процессов их производства и технологического оборудования, формирующего из нити выходные паковки различных форм, размеров и структур, зависящих от физико-механических свойств формируемой нити, скорости наматывания и способов обработки и переработки нити в паковке. В подавляющем большинстве случаев выходные паковки должны иметь равномерно застилистую структуру, обеспечивающую эффективную отделку нити жидкостями и сушку. Одним из наиболее распространенных дефектов намотки является ленточная и жгутовая структура намотки. Паковки с такими дефектами хуже поддаются технологическим операциям обработки. Для увеличения производительности оборудования и получения паковок более высокого качества необходима модернизация приемно-намоточных устройств.

Для получения равномерно застиистой структуры используют наматывающие механизмы, в состав которых входят механизмы раскладки с рассеивающими устройствами. Существующие механизмы раскладки с рассеивающими устройствами не обеспечивают получение равномерно застиистой структуры при формировании цилиндрических паковок. В связи с этим обстоятельством возникла практическая необходимость в проведении исследований существующих механизмов раскладки с рассеивающими устройствами с целью устранения причин их неудовлетворительной работы для последующего использования результатов исследований при разработке новых конструкций наматывающих механизмов.

Цель диссертационной работы. Разработать и исследовать механизм раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа для крутильно-этажных и текстурирующих машин, позволяющих формировать выходные цилиндрические паковки с равномерно застиистой структурой.

Задачи исследований. Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие задачи:

- рассмотрены дефекты намотки, причины их возникновения и существующие рекомендации по их устранению;
- проведен анализ существующих конструкции механизмов раскладки с рассеивающими устройствами;
- рассмотрены методы определения технологических, кинематических и динамических параметров процесса формирования паковки с равномерно застиистой структурой;
- разработан новый механизм раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа для получения паковок с равномерно застиистой структурой, защищенный патентом на полезную модель РФ;
- разработана методика проектирования нового механизма раскладки нити с рассеивающим устройством
- проведены экспериментальные исследования в программном комплексе автоматизированного анализа динамики EULER, с помощью которых были подтверждены полученные аналитические зависимости по определению дополнительного угла раскладки и угла наклона паза в обечайке кулачка.

Методика исследований. Поставленные задачи решались: методом математического моделирования, методами вычислительной и аналитической математики с использованием компьютерных программ MathCad, MATLAB, EULER, с обоснованным применением основных законов физики и механики при моделировании исследуемых процессов, а так же удовлетворительным соответствием полученных расчетных результатов с данными своих экспериментов и экспериментов других авторов.

Научная новизна. В диссертационной работе впервые разработаны:

- конструкция механизма раскладки с установкой на одном валу кулачка рассеивания, кулачка раскладки и промежуточной обечайки с

меридиональным пазом, что значительно уменьшает габариты механизма и облегчает задачу обеспечения заданной скорости нитеводительных штанг. Конструкция нового механизма защищена двумя патентами на полезную модель Российской Федерации.

-методика проектирования механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа, передающего движение двум нитеводительным штангам, обеспечивающего необходимую величину смещения витков, дополнительного угла раскладки, заданного цикла намотки, а так же исключение дефектов намотки во время смены направления движения нитеводителя;

– математическая модель нового механизма раскладки нити с рассеивающим устройством, позволяющая провести анализ его кинематики и динамики.

Практическая ценность. Основными результатами являются:

- разработанная конструкция нового механизма раскладки нити с рассеивающим устройством кулачкового типа, передающего движение двум нитеводительным штангам, обеспечивающая заданные технологические параметры для получения выходных цилиндрических паковок с равномерно застиистой структурой, и прикладные программы, реализующие математическую модель его кинематики.
- методика проектирования механизма раскладки нити с рассеивающим устройством кулачкового типа, которая может использоваться при проектировании аналогичных механизмов раскладки.

Реализация результатов работы. Результаты аналитических, кинематических исследований и методика проектирования механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа могут быть использована в учебном процессе МГУДТ при выполнении выпускных квалификационных работ студентов. Получены два патента на полезные модели РФ. Чертежи разработанного механизма раскладки с рассеивающим устройством переданы для практического использования в ОАО «ТУРН».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и получили положительную оценку на:

- на семинарах кафедры «Технологические машины и оборудование»;
- на Межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов «Молодые учёные – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК – 2013). Иваново:
- на Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной промышленности». М: 2013.

По материалам диссертационной работы опубликовано 4 статьи, включенных в перечень ВАК, и получены 2 патента на полезные модели.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав с выводами, общих выводов, библиографического списка использованной литературы и двух приложений. Работа изложена на 145 страницах машинописного текста, имеет 56 рисунков, 13 таблиц, библиографический список использованных литературных источников включает 69 наименований.

Глава 1. Обзор патентной и научной литературы по механизмам раскладки с рассеивающими устройствами

1.1 Основные понятия и определения

Нитеноситель – тело вращения, на которое начинают навивать (наматывать) нить.

Тело намотки – тело вращения, формируемое из нити в процессе навивания ее на нитеноситель.

Паковка – тело намотки с максимальными заданными размерами.

Наматывающее устройство – устройство, формирующее из наматываемой нити паковку заданной формы, размеров и структуры.

Механизм раскладки – устройство, сообщающее навиваемой нити движение вдоль оси вращения нитеносителя (тела намотки).

Кулачок раскладки – звено механизма раскладки, сообщающее нитеводителю или нитеводительной штанге возвратные движения вдоль оси вращения нитеносителя.

Рассеивающее устройство – механизм, предназначенный для изменения скорости наматывания нити.

Угол раскладки наматываемой нити (угол раскладки нити) – это угол между плоскостью, перпендикулярной к оси вращения тела намотки и касательной к витку в одной и той же точке.

Структура паковки – основные геометрические и физические параметры паковки и ее составных частей – прослоек и слоев.

Прослойка – пространственная спираль из нити одного направления.

Виток – отрезок пространственной спирали, которому соответствует трансверсальный угол, равный 360° .

Слой – совокупность прослоек, навитых за цикл работы наматывающего устройства.

1.2 Основные требования, предъявляемые к структуре и форме выходной паковки

От формы и структуры выходной паковки зависят качество сформованной нити, производительность отделочного и перерабатывающего нить оборудования, количество отходов нити на всех последующих технологических операциях ее обработки или переработки. В связи с этим, к выходной паковке предъявляют исключительно высокие требования. Структура паковки должна способствовать получению нити с одинаковыми физико-механическим показателями; позволять вести равномерную и сокращенную отделку нити жидкостями непосредственно в паковке, т.е. свободно и равномерно пропускать отделочные растворы или пар по всей толщине и длине паковки; способствовать получению максимально допустимой плотности формируемой паковки.

Форма и структура должны способствовать получению паковок максимальной массы при заданных размерах, легкому сходу нити при сматывании с заданной скоростью без слетов и перепутывания витков. Форма паковки должна быть удобной для упаковки и транспортировки и давать при этом минимальный процент отходов нити из-за расползания концов паковки.

В каждом конкретном случае при наматывании нити с заданными характеристиками и известными свойствами необходимо предварительно решить вопрос о выборе целесообразной формы и структуры выходной паковки, учитывая при этом перечисленные выше требования. При этом следует помнить, что нельзя установить единую форму и структуру паковки для всех случаев наматывания и отделки нитей различного происхождения.

Для формирования паковок заданной формы и структуры применяют специальные наматывающие устройства (механизмы, машины).

1.3 Дефекты намотки и методы их устранения

Формирование тел намотки является наиболее распространенной технологической операцией при получении и переработке всех видов нитей текстильного и технического назначения. При этом важнейшей задачей является получение бездефектных паковок заданной формы и структуры. Многообразие способов наматывания и большое количество типов приемно-намоточных механизмов делает невозможным решение этой задачи в общем виде. Способы формирования паковок, форма и структура тел намотки зависит от вида наматываемых нитей, технологического процесса, осуществляемого на данной машине, условий их дальнейшей переработки и других факторов.

Под структурой паковки подразумеваются ее основные технологические и физико-механические параметры. К технологическим параметрам относятся угол раскладки на длине паковки без учета крайних витков, угол перекрещивания витков смежных спиралей, средний шаг витков одной спирали, средний шаг в паковке, коэффициенты заполнения межвитковых пространств и радиального сплющивания намотанных витков и другие.

К физико-механическим параметрам паковки относятся ее линейная и объемная плотность, а также плотность по оси и радиусу паковки, осевая прочность на растяжение и сжатие, радиальная податливость паковки, цилиндрическая жесткость патрона, пористость и так далее.

Существует большое разнообразие видов нитей и способов их наматывания. Одним из самых распространенных видов намотки нити является крестовая намотка. Такие паковки могут быть использованы для большого числа последующих технологических операций, таких как отделка, окраска, сушка и т.д. Поэтому технологи к паковкам с крестовым видом намотки предъявляют высокие требования. Качество паковок с крестовой намоткой должно обеспечивать равномерное протекание отделочных жидкостей, сохранение формы и структуры паковки для последующей транспортировки, хранения и размотки. Снижение количества бракованных паковок повышает производительность

оборудования.

Наиболее часто встречаемыми дефектами при формировании цилиндрических паковок с крестовой намоткой являются:

- образование уплотненных участков или (бугров) на концах паковки; (рисунок 1.1);
- расположение крайних витков на плоских торцах паковки по прямым линиям (хордам) (рисунок 1.2);
- расползание паковки (рисунок 1.3);
- снижение натяжения нити во внутренних слоях полностью наработанной паковке (рисунок 1.4);
- образование жгутовой структуры намотки. Под жгутовой структурой намотки понимают точную укладку последующих витков наматываемой нити на одинаково направленные предыдущие витки (рисунок 1.5);
- образование ленточной структуры намотки. Ленточная структура возникает тогда, когда витки последующих спиралей укладываются вплотную к виткам одинакового направления предыдущих спиралей (рисунок 1.6);
- образование неравномерной плотности, как по оси, так и по радиусу намотки (рисунок 1.7).



Рисунок 1.1. Образование уплотненных участков или «бугров» на концах паковки



Рисунок 1.2. Расползание паковки



Рисунок 1.3. Расположение крайних витков на плоских торцах паковки по прямым линиям (хордам)



Рисунок 1. 4. Снижение натяжения нити во внутренних слоях полностью наработанной паковке



Рисунок 1.5. Выпирающие внутренние слои на свободных торцах паковки



Рисунок 1.6. Образование уплотненных слоев по всей длине паковки
(ленточная и жгутовая намотка)



Рисунок 1.7. Образование неравномерной плотности, как по оси, так и по радиусу намотки

Как видно из рисунков, одна и так же паковка может иметь разные дефекты. Чаще всего дефекты намотки зависят не от одного параметра процесса формирования паковки, а изменение одного из параметров процесса намотки может привести к одновременному появлению сразу нескольких дефектов. Все это затрудняет проведение полной оптимизации процесса формирования паковок.

Наличие перечисленных дефектов, т.е. отклонение формы или размеров паковки от заданных, приводит к снижению качества нитей и производительности труда, к увеличению дополнительных затрат на их устранение и значительно усложняет проведение последующих операций отделки нитей и их переработки.

Вопросами формирования бездефектных паковок с заданными свойствами занимались такие ученые как Минаков А.П., Гордеев В.А., Прошков А.Ф., Сухарев В.А., Линник В.А., Ефремов Е.Д., Панин А.И. и многие другие. Проблема получения бездефектной паковки была и остается актуальной темой для научных исследований. В [30,31,62;64]. В перечисленных работах даны рекомендации по способам устранения различных дефектов, появляющихся при наматывании нитей.

К часто встречающимся дефектам можно отнести образование уплотненных участков на концах паковки, устранить который невозможно, его можно только уменьшить. Это связано с возвратно-поступательными движениями нитеводителя и изменением скорости наматывания во время реверса нитеводителя. Наибольшие уплотнения на торцах паковки появляются во время выстоя нитеводителя в крайних положениях. Для уменьшения этого дефекта необходимо правильно выбирать расстояние от точки наматывания до глазка нитеводителя и сокращать время выстоя нитеводителя в крайних положениях.

Расположение крайних витков на плоских торцах паковки по прямым линиям (хордам) связано с увеличением скорости нитеводителя на участках реверса. Такие дефекты наиболее распространены при наматывании цилиндрических паковок.

Выдавливание внутренних слоев на торцах паковки часто появляется при фрикционном наматывании. Устранить такой дефект можно путем регулирования

и подбора прижимного усилия фрикциона, правильного выбора натяжения нити и максимального диаметра выходной паковки.

Изменение длины раскладки нити связано с несовершенством раскладочных механизмов, проявляющихся, в основном, при нарушении закона движения нитеводителя. Такой дефект, можно устранить путем подбора закона движения нитеводителя, усовершенствованием конструкций механизмов раскладки, своевременной наладкой, ремонтом оборудования и поддержанием постоянным расстояния между точкой наматывания и глазком нитеводителя.

Неравномерность плотности намотки – еще один из распространенных дефектов намотки. Он особенно сильно появляется при намотке паковок большой массы из-за неправильного подбора натяжения нити и из-за изменения угла раскладки нити в процессе намотки.

Неполное сматывание при размотке, слет группы витков, заклинивание отдельных витков связано с нарушением устойчивости крайних витков, неравномерностью распределения межслойных давлений и т.д. Такие дефекты можно устранить путем изменения угла раскладки нити и применением податливых паковок с хорошими упруго-восстанавливающими свойствами.

Одним из самых распространенных дефектов при крестовой намотке является появление ленточной и жгутовой структуры [30,31,32,37,62,64]. Жгутовая структура возникает тогда, когда количество намотанных витков за время одного двойного хода нитеводителя равно целому числу. В том случае, когда количество намотанных витков за время одного двойного хода нитеводителя близко к целому числу образуется ленточная структура. В большинстве случаев для ликвидации эти дефектов в механизмы раскладки вводят специальные рассеивающие устройства.

В настоящее время проблема устранения дефектов намотки, в том числе и такого дефекта как ленточно жгутовая структура намотки, не решена полностью, так как в каждом отдельном случае предъявляются разные требования к размерам и структуре выходной паковки.

1.4 Литературный обзор существующих механизмов раскладки с рассеивающими устройствами и методики их расчета

Существующие наматывающие устройства чаще всего состоят из двух механизмов: механизма, сообщающего нитеносителю вращательное движение (бобинодержатель, веретено, центрифуга), и механизма раскладки, сообщающего навиваемой нити возвратно-поступательную скорость, направленную вдоль оси вращения нитеносителя.

Наматывающие устройства по принципу работы и конструктивному исполнению можно разделить на два вида: прецизионные и с фрикционным приводом тела намотки.

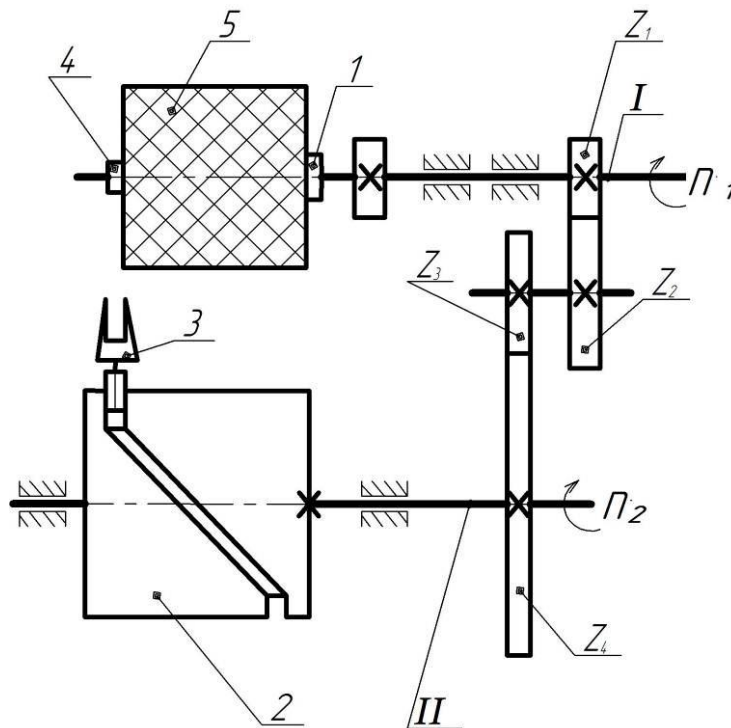


Рисунок 1.8. Принципиальная схема прецизионного наматывающего устройства: I и II – валы бобинодержателя I и кулачка раскладки 2 ; 3 – нитеводитель; 4 – бобина (нитеноситель); 5 – тело намотки; $Z_1 \dots Z_4$ – шестерни; n_1 – число оборотов бобинодержателя; n_2 – число оборотов кулачка раскладки 2

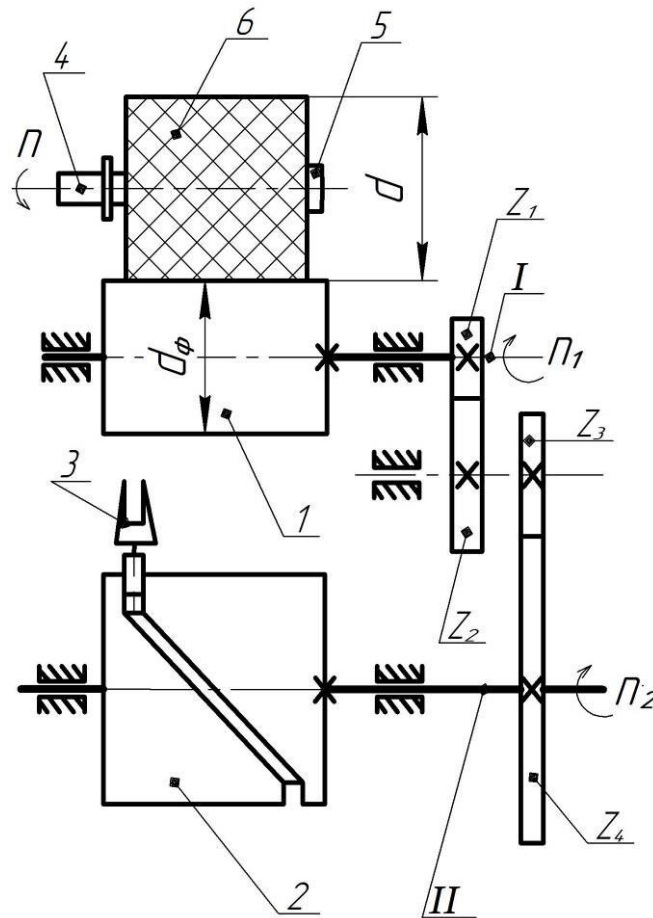


Рисунок 1.9. Принципиальная схема механизма с фрикционным приводом тела намотки: *I* и *II* – валы фрикционного цилиндра *I* и кулачка раскладки *2*; *3* – нитеводитель; *4* – бобинодержатель; *5* – нитеноситель; *6* – тело намотки; $Z_1...Z_4$ – шестерни; n – число оборотов нитеносителя; n_1 – число оборотов фрикционного цилиндра *I*; n_2 – число оборотов кулачка раскладки *2*; d_ϕ – диаметр фрикционного цилиндра

В прецизионных устройствах (рисунок 1.8) существует жесткая кинематическая связь между валами нитеносителя и кулачка раскладки, а в устройствах с фрикционным приводом (рисунок 1.9) тело намотки, как правило, приводится во вращение от фрикционного цилиндра, имеющего постоянную скорость, а кулачок механизма раскладки имеет жесткую кинематическую связь с фрикционным цилиндром.

На рисунке 1.8 изображена принципиальная схема прецизионного наматывающего устройства, в котором передаточное число i между валами I и II тела намотки 5 и одношагового кулачка раскладки 2 сохраняется постоянным. В этом случае за один двойной ход нитеводителя 3 на тело намотки 5 навивается такое число $i_{\text{д.х}}$ витков, равное отношению частоты вращения n_1 тела намотки к числу двойных ходов $n_{\text{д.х}}$ нитеводителя 3. Если кулачок раскладки одношаговый, то число двойных ходов $n_{\text{д.х}}$ нитеводителя 3 равна частоте вращения n_2 кулачка раскладки 2. Тогда число $i_{\text{д.х}}$ определяется так:

$$i_{\text{д.х}} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} = \text{const}, \quad (1.1)$$

где $z_1 \dots z_4$ – числа зубьев шестерен; n_1 – частота вращения тела намотки 5; n_2 – частота двойных ходов нитеводителя 3.

При применении бесфрикционных механизмов раскладки можно обеспечить любую наперед заданную структуру намотки методом подбора передаточного числа $i_{\text{д.х}}$. К недостаткам этого метода можно отнести необходимость обеспечения постоянной скорости наматывания.

Наибольшее распространение получили наматывающие устройства без жесткой кинематической связи с фрикционным приводом тела намотки во вращение, автоматически обеспечивающие постоянную скорость наматывания на всех рабочих местах машины без применения дополнительных регулирующих устройств. Данные механизмы отличаются простотой и малогабаритностью. Наиболее целесообразно применять эти механизмы при формировании паковок небольшой массы и при низких скоростях намотки нити, т.к. с увеличением скорости все большее влияние оказывает величина коэффициента, учитывающего проскальзывание тела намотки относительно фрикционного цилиндра. Однако эти наматывающие устройства не позволяют формировать паковки с равномерно застиистой структурой без дополнительных регулирующих механизмов, учитывающих изменение диаметра тела намотки.

Классификацией, разработкой и исследованием механизмов раскладки нити занимались такие ученые как Регельман Х.З., Рудовский П.Н., Прошков А.Ф.Панин И.Н. и т.д.

Основные виды механизмов раскладки с рассеивающими устройствами приведены в патентах [24,25,39- 43,52- 55,57,59].

В патенте [42] описывается устройство для раскладки нити, обеспечивающие получение равномерно застиистой структуры тел намотки. Однако наличие опор скольжения ведет к быстрому выходу из строя этого механизма.

В [16] представлен механизм для ликвидации ленточно-жгутовой структуры. В данной конструкции раскладочный барабанчик помимо вращательного движения получает и дополнительное колебательное движение за счет собственного возвратно-поступательного движения вдоль своей продольной оси, что вызывает значительные динамические нагрузки и необходимость регулярной смазки.

В [54] представлено устройство для раскладки нитевидного материала, которое улучшает качество намотки путем уменьшения процесса жгутообразования и получения разуплотненных торцов паковки нитевидного материала. Но эта конструкция сложна в изготовлении и наладке, для привода требуется как минимум два ротора встречного движения.

В работе [52] представлен механизм раскладки нити для искусственного волокна. Описываемый механизм позволяет повысить надежность его в работе и срок службы за счет наличия червячной передачи, передающей движение пазовому кулачку. Однако этот механизм достаточно громоздкий и передает движение только одной нитеводительной штанге.

Для улучшения качества паковки предлагается устройство, описанное в патенте [18]. Оно имеет прикатывающие ролики, совершающие синхронное с бобинодержателем возвратно-поступательное движение, что обеспечивает получение плотной намотки. К недостаткам можно отнести необходимость сообщать бобинодержателям сразу два движения: вращательное и возвратно-поступательное, что усложняет конструкцию и делает ее более громоздкой.

В устройстве для раскладки нити [57] представлена конструкция, которая расширяет технологические возможности для получения конических паковок. Преимуществом данной конструкции является ее простота и небольшие габаритные размеры. Недостатком является необходимость установки привода для каждой бобины и раскладчика при непрецизионной намотке для получения застиистой структуры паковки.

В работе [59] предлагается малогабаритное устройство для раскладки нити, в котором регулируется длина раскладки. Угол наклона кронштейна с пазом к траектории движения нитеводителей тоже регулируется это необходимо для: уменьшения длины паза крепления пальца на кулисе; сокращения времени выстоя нитеводителя в крайних положениях; ускоренного отвода нитеводителя из крайнего положения. Использование данного устройства раскладки нити позволяет значительно расширить диапазон регулируемых технологических возможностей узла намотки, снизить трудоемкость, уменьшить габариты, упростить наладку и обслуживание.

В работе [3] предлагается способ намотки нити для повышения качества паковки за счет рассеивания жгутовой намотки. При изменении усилия прижима паковки к фрикционному цилиндру меняется величина контактного радиуса. При этом изменяется частота вращения паковки и в результате - положение каждого последующего витка нити на паковке. Но данный метод можно применять только при фрикционном способе намотки нити.

Разработкой новых конструкций приемных механизмов с предусмотренными рассеивающими устройствами занимаются зарубежные фирмы. Например, компания Oerlikon Barmag [36] предлагает различные варианты механизмов раскладки для ликвидации наслоений (ленточной и жгутовой структур) при высоких скоростях наматывания за счет использования программного способа регулирования скорости наматывания. Несмотря на то, что эти механизмы позволяют получать бездефектные паковки большой массы при высоких скоростях наматывания, они дороги в изготовлении и требуются их установка на каждое рабочее место.

В предлагаемой этой же фирмой системы RFP (произвольная намотка без наслоений) во избежание появления наслоений необходимы две отличающиеся частоты нитераскладчиков.

Для высокоскоростных приемно-намоточных устройств была предложена SPW-система намотки (ступенчатая прецизионная намотка). Однако, данный способ требует специального метода для подбора коэффициента перекрещивания и электронную систему контроля. Для установки данного механизма бобинодержатель должен иметь определенный инвертор для хода нитераскладки.

В статьях [69] можно найти описание и анализ современных приемно-намоточных конструкций зарубежных фирм. Эти конструкции отличаются тем, что они, в основном, предназначены для высокоскоростной намотки, поэтому в этих конструкциях на каждое рабочее место устанавливается свой отдельный двигатель, который приводит в движение нитераскладочный механизм. Управление процессом намотки происходит посредством специальных программ управления, составленных для подбора кинематических параметров процесса намотки, что, с одной стороны, упрощает и ускоряет производство и делает его более автоматизированным универсальным, но в тоже время является достаточно дорогостоящим. Поэтому одним из возможных способов снижения стоимости производства в случаях, когда нет необходимости высокоскоростной намотки (например, для нитей малой линейной плотности, таких как шелк) является использование простых кулачковых механизмов раскладки.

В работах А.Ф. Прошкова можно найти подробное описание конструкций простых механических механизмов раскладки с рассеивающими устройствами различных видов. В [37,48,45] приведены подробные кинематические схемы наиболее распространенных существующих механизмов раскладки с рассеивающими устройствами, предназначенных для получения паковок с равномерно застиистой структурой.

Схема механизма раскладки с рассеивающим устройством эксцентрикового типа крутильно-этажной машины представлена рисунке 1.10.

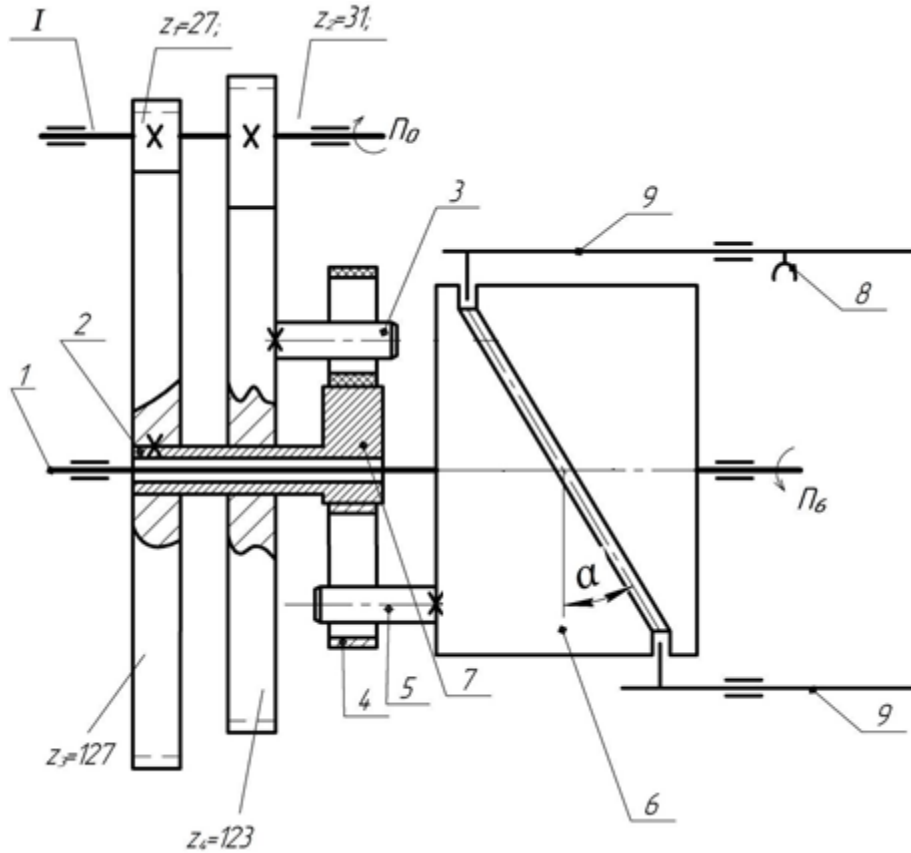


Рисунок 1.10. Схема механизма раскладки с рассеивающим устройством эксцентрикового типа крутильно-этажной машины: I – ведущий вал; I -ось; 2 – цилиндрическая втулка; 3 и 5 – пальцы; 4 – водилка; 6 – цилиндрический кулачок раскладки; 7 – эксцентрик; 8 – нитеводитель; 9 – штанга нитеводительная; $z_1 \dots z_4$ - шестерни; α – угол наклона паза цилиндрического кулачка раскладки b ; n_0 – частота вращения ведущего вала; n_6 – частота вращения цилиндрического кулачка раскладки b

К недостаткам этой конструкции можно отнести то, что при приближении и удалении водилки 4 (рисунок 1.10), от мертвых (крайних) положений угол поворота ее вокруг пальца 3 незначителен, и при небольшой относительной скорости шестерен (z_3 и z_4) практически никакого рассеивания витков не происходит, что негативно сказывается на качестве выходной паковки.

На рисунке 1.11 представлена кинематическая схема механизма раскладки с рассеивающим устройством рычажно-эксцентрикового типа крутильно-этажной машины.

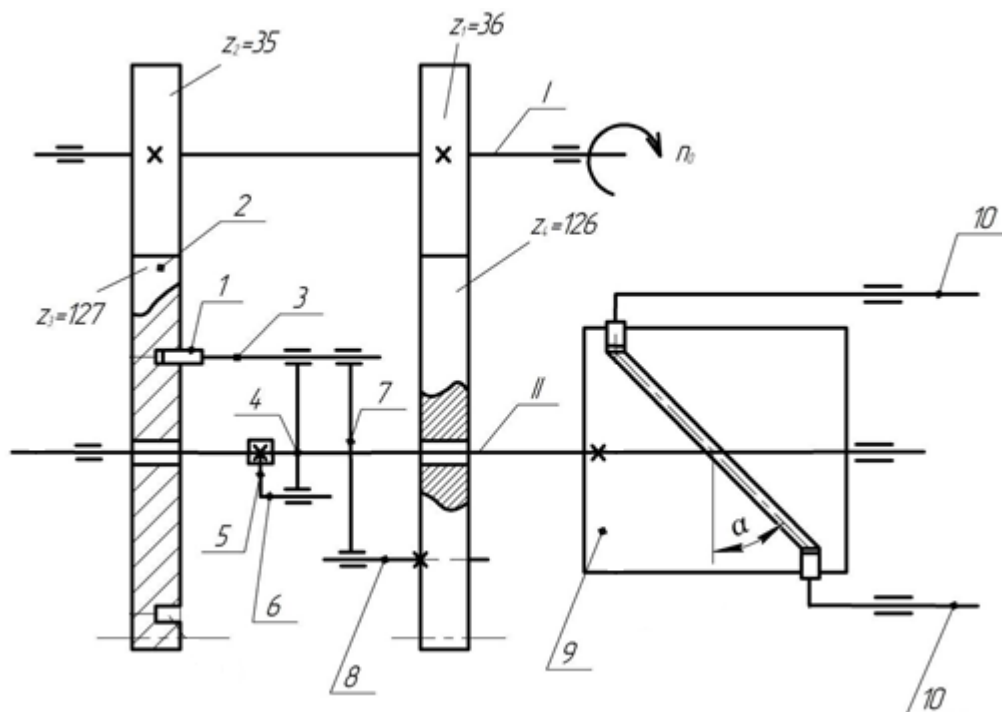


Рисунок 1.11. Кинематическая схема механизма раскладки с рассеивающим устройством рычажно-эксцентрикового типа крутильно-этажной машины:

I – ведущий вал механизма раскладки; *II* – вал кулачка раскладки; 1- ролик; 2 – эксцентриковая шестерня; 3, 6, 8 – пальцы цилиндрические шарниры; 4 – шатун; 5 – кривошип; 7 – коромысло; 9 – кулачок раскладки; 10 – нитеводительная штанга; n_0 – частота вращения ведущего вала; α – угол наклона паза кулачка раскладки 9

Анализ работы механизма показал, что при приближении и удалении ролика с пальцем и всех рычагов передаточного устройства к мертвым положениям, т.е. в момент реверса нитеводителя, рассеивание навиваемых витков практически не происходит. Механизм раскладки с рассеивающим устройством рычажно-эксцентрикового типа крутильно-этажной машины не обеспечивает постоянство скорости нитеводителя при формировании цилиндрических паковок. Во время работы механизма раскладки периодически происходит разбалансировка рассеивающего устройства за счет изменения положения звеньев

в пространстве передаточного устройства от эксцентрика к валу кулачка раскладки, что негативно сказывается на качестве получаемой паковки.

В [38] дано описание механизма раскладки с рассеивающим устройством, представленного на рисунке 1.12.

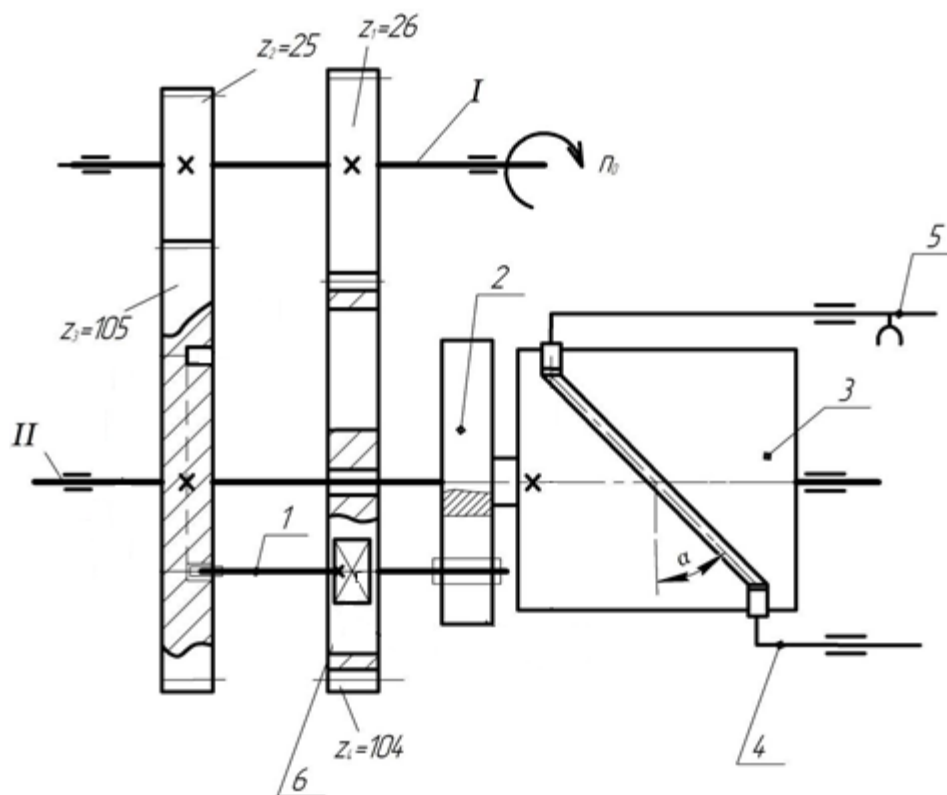


Рисунок 1.12. Кинематическая схема механизма раскладки с рассеивающим устройством крутильно-этажной машины: *I* – ведущий вал; *II* – ведомый вал; 1 – палец; 2 – шайба (диск); 3 – кулачок раскладки; 4 – нитепроводительная штанга; 5 – нитеводитель; 6 – ползун; $z_1 \dots z_4$ – шестерни; n_0 – частота вращения ведущего вала; α – угол наклона паза кулачка раскладки 3

К недостаткам этого устройства следует отнести опасность заклинивания ролика в наклонном пазе диска, что может привести к поломке пальца или диска.

В [42] дано описание механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа, представленное на рисунке 1.13.

В механизме основное вращение кулачку раскладки 3 от ведущего вала 1 передается с помощью рассеивающего устройства, состоящего из шестерен z_3 , z_4

и пальца 4, а дополнительное - с помощью рассеивающего устройства, состоящего из шестерен z_1 и z_2 , кулачка 2, промежуточной втулки 6 и пальца 9.

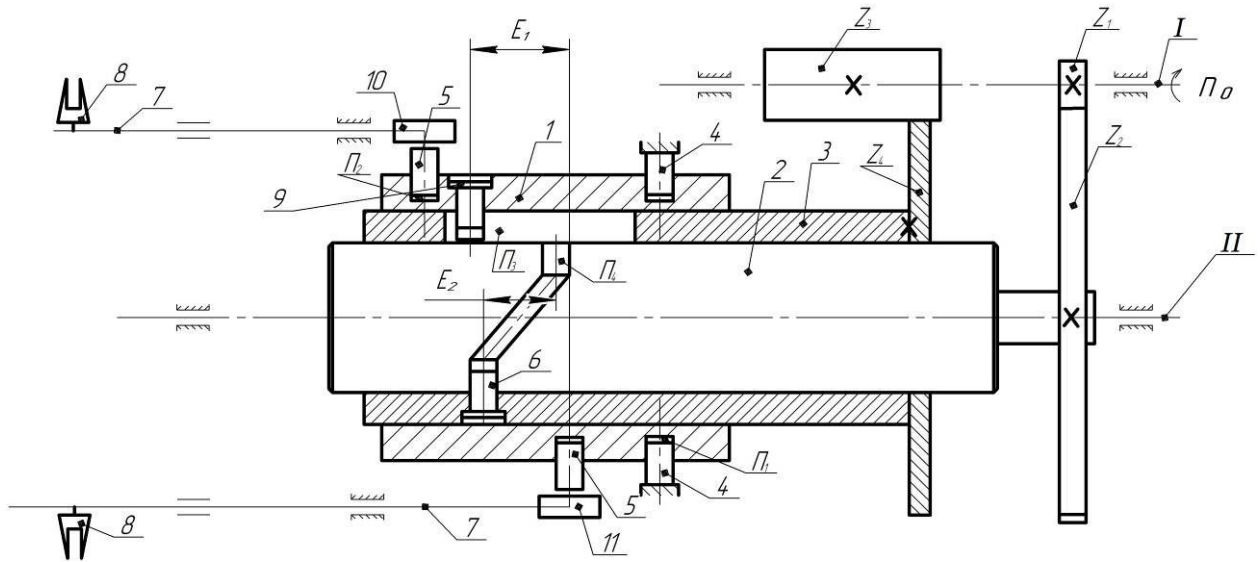


Рисунок 1.13. Принципиальная схема механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа: 1 – кулачок раскладки; 2 – рассеивающий кулачок; 3 – промежуточная втулка; 4, 5, 6, 9 – пальцы с роликами; 7 – нитеводительная штанга; 8 – нитеводители; 10 и 11 – каретки; $z_1 \dots z_4$ - шестерни; I и II – валы ведущий и ведомый; Π_1 - паз кольцевой; Π_2 и Π_4 - пазы винтовые (замкнутые); Π_3 - паз винтовой (наклонный); E_1 и E_2 - эксцентриситеты кулачков

I и 2

Недостатки этого устройства состоят в сложности изготовления многошагового винтового паза кулачка и лодочки ползушки, а также необходимость обеспечения непрерывной смазки трущихся поверхностей кулачков и гильзы.

В работах [36,38,45,47,48] приведены основные методики расчетов механизмов раскладки к машинам для производства химических волокон и нитей.

В книге [20] описаны основные типы кулачковых механизмов, их кинематических и силовые характеристики, даны расчеты основных размеров

кулачковых механизмов и методики проектирования профиля кулачка. Рассмотрены различные законы движения кулачка и методы их расчета.

В работе [56] предлагаются методики проектирования пространственных кулачков с толкателями различных видов. Описаны основные виды кулачковых механизмов, способы их изготовления и области применения.

В диссертации [2] приведена классификация и анализ нитераскладочных механизмов. Проанализированы динамические характеристики нитераскладчиков пневмопрядильных машин, разработаны методики кинематического анализа нитераскладчиков пневмопрядильных машин и разработана методика определения плотности наматывания нити. Выявлено влияние отдельных параметров нитераскладчиков на жгутообразование, определены кинематические параметры нитераскладчика.

В [11] работе была разработана конструкция нового механизма раскладки учитывающая особенности строения и формирования бескруточной пряжи вьюрковым способом, приведены методики кинематического и динамического расчетов спроектированного механизма.

В диссертационной работе [10] предлагается новый механизм перемотки нити из центрифуги электрифицированным мотальным барабанчиком. Новый механизм построен на базе асинхронного короткозамкнутого электродвигателя с внешним ротором, который встраивается внутрь электрифицированного мотального барабанчика, являющегося нитераскладчиком.

Автором [1] разработана методика анализа динамики приемно-намоточного механизма. Смоделирована работа приемно-намоточного механизма намоточной машины типа НВ-1000, выполнен частотный и модельный анализ приемно-намоточного механизма, разработано программное обеспечение для анализа динамики приемно-намоточного механизма.

В диссертации [17] разработаны математические модели процесса высокоскоростного наматывания нити и формирования равновесных и устойчивых цилиндрических паковок с плоскими торцами массой более 3 кг. Предложена конструкция прецизионного, безынерционного механизма раскладки

с круговым движением нитеводителя и методика его проектирования. К недостаткам предложенного механизма можно отнести сложность его конструкции и необходимость установки такого механизма на каждом рабочем месте.

В статье [58] была предложена методика проектирования механизма раскладки с рассеивающим устройством, передающим движение одной нитеводительной штанге.

Обзор конструкций существующих механизмов раскладки и методик их проектирования показал, что для получения паковок с равномерно застиистой структурой необходимо, чтобы выполнялись следующие требования:

- необходимо, чтобы процесс рассеивания происходил по всей длине паковки;

- необходимо подобрать цикл рассеивания, находящийся в заданных пределах, при котором не будет формироваться ленточная или жгутовая структура;

- для получения равномерно застиистой структуры необходимо совершенствовать конструкции рассеивающих устройств.

Устранить перечисленные недостатки можно путем проектирования нового механизма раскладки с рассеивающим устройством.

Выводы

1. Проведен анализ патентной и научно-технической литературы, который показал, что основное развитие и модернизация механизмов раскладки идет по пути улучшения качества выходной паковки путем усовершенствования конструкций механизмов раскладки и процесса наматывания.
2. Установлено, что при невысоких скоростях наматывания нитей малой линейной плотности перспективными остаются механизмы раскладки с рассеивающими устройствами кулачкового типа, позволяющее регулировать параметры намотки.

3. Приведенный обзор существующих механизмов раскладки с рассеивающими устройствами показал, что они имеют ряд существенных недостатков, затрудняющих получение заданной бездефектной структуры паковок.
4. Существует необходимость разработки новой простой и недорогой в обслуживании, малогабаритной конструкции механизма раскладки с рассеивающим устройством с возможностью регулирования параметров процесса намотки.
5. Установлено, что наиболее перспективными является механизм раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа.
6. При проектировании механизма раскладки с рассеивающим устройством особое внимание следует уделить циклу навиваемых витков и закону движения нитеводителя.

Глава 2. Разработка конструкции и методика проектирования механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа

2.1 Определение параметров, обеспечивающих получение паковок с равномерно застиистой структурой.

2.1.1 Определение цикла намотки навиваемых витков

Под циклом C намотки наматывающего устройства (цикл раскладки навиваемых витков) понимается минимальное целое число C двойных ходов нитеводителя или число оборотов одношагового кулачка раскладки, в течении которых на тело намотки навивается минимальное целое число витков.

Важным фактором при формировании структуры и формы паковки является число двойных ходов нитеводителя $i_{\partial,x}$. Если в наматывающем устройстве $i_{\partial,x}$ равно целому числу, то цикл раскладки навиваемых витков равен одному двойному ходу нитеводителя, то сформированный слой будет состоять из двух прослоек (двух смежных противоположно направленных спиралей). Последующие витки последующих прослоек будут точно укладываться на однонаправленные витки предыдущих прослоек. В результате образуется ярко выраженная жгутовая структура (рисунок 2.1).

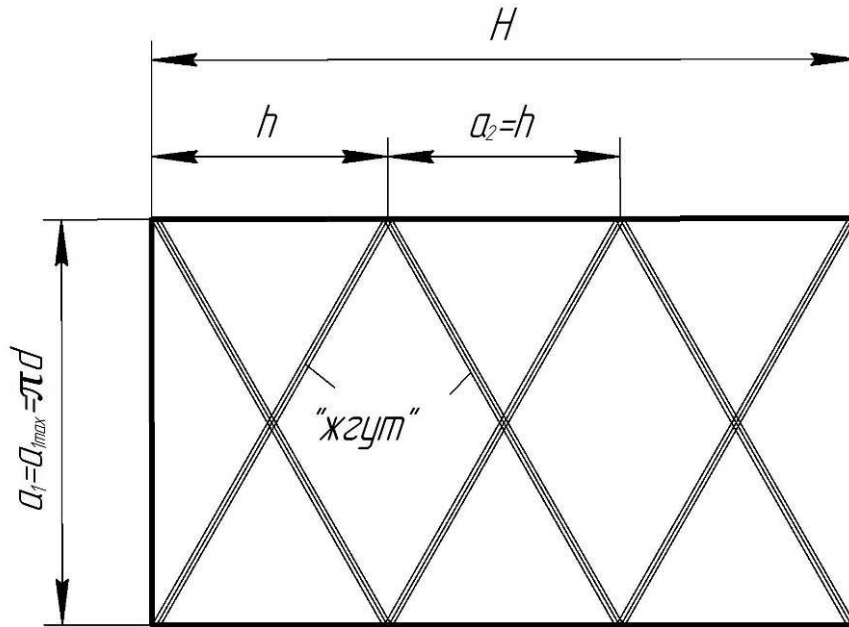


Рисунок 2.1. Схема формирования ярко выраженной жгутовой структуры в формируемой паковке при четном числе двойных ходов нитеводителя:

d - диаметр тела намотки; H - высота тела намотки; a_1 и a_2 - диагонали ромбовидной ячейки в слое

Если же $i_{\text{д.х}}$ - нецелое число, то его можно представить в виде двух слагаемых [45] (рисунок 2.2):

$$i_{\text{д.х}} = A + \frac{B}{C} = \text{const}, \quad (2.1)$$

где A - целое число витков, навитых на тело намотки за время одного двойного хода нитеводителя; $\frac{B}{C}$ - дробная часть витка, навитая за то же время; $0 \leq B \leq C$; B - целая часть от числа C ; C - минимальное целое число двойных ходов нитеводителя, совершенных за время одного цикла работы наматывающего устройства.

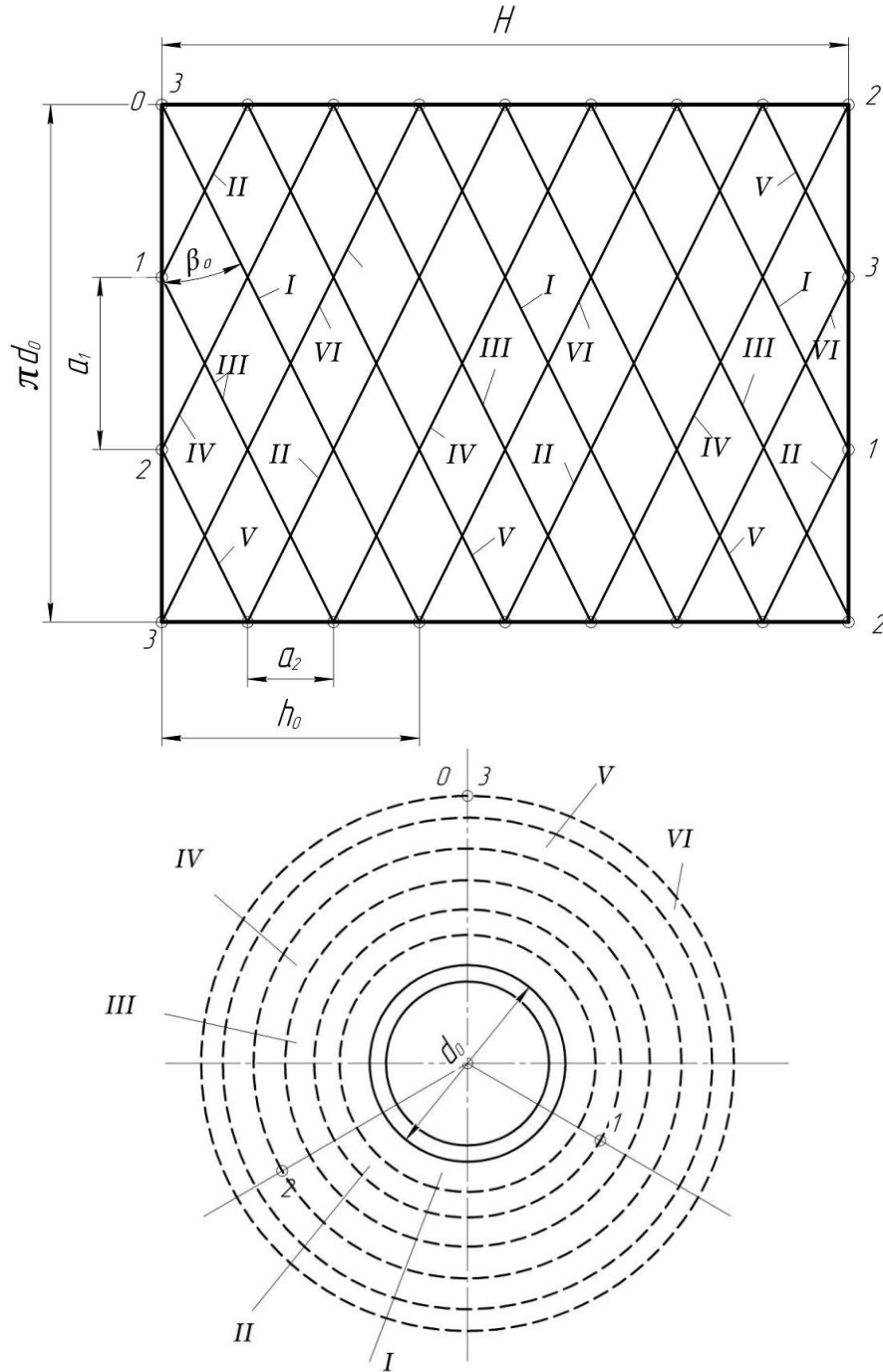


Рисунок 2.2. Схема сформированного первого слоя паковки, когда число двойных ходов нечетное число:

$I..VI$ – порядковый номер прослойки; $1 \dots 3$ – порядковый номер крайней точки крайних витков; 4 – нитеноситель диаметра d_0 ; a_1 и a_2 – диагонали ромбовидной ячейки слоя; β_0 – угол раскладки первой прослойки; h – шаг витков навитой спирали (прослойки); H – высота тела намотки

Следовательно, цикл \mathcal{C} сформированного одного слоя в рассматриваемом случае: $\mathcal{C}=C$.

Угловое расстояние между предыдущей и последующей крайними точками крайних витков на каждой торцевой окружности тела намотки (рисунок 2.3) зависит от значений целых чисел B и C [45]:

$$\varphi_{0-1} = \varphi_{1-2} = \varphi_{2-3} = \frac{2\pi B}{C} = \frac{360^\circ B}{C}. \quad (2.2)$$

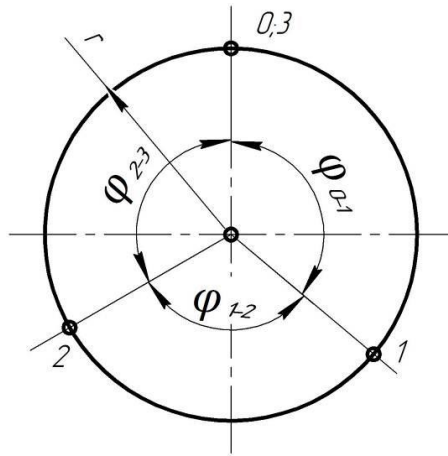


Рисунок 2.3. Схема к определению углового расстояния $\varphi_{0-1} = \varphi_{1-2} = \varphi_{2-3}$ между крайними точками крайних витков

Из формулы (1.2) следует, что чем больше число C , тем меньше угол φ_1 , тем застилистей формируется структура каждого слоя и паковки. Идеальную структуру имеет выходная паковка, состоящая из одного слоя. Следовательно, чем меньше слоев в паковке, тем равномернее ее структура.

Структура формируемой паковки зависит от углов φ_{0-1} и φ_1 между крайними точками крайних витков. Если значение угла φ_{0-1} близко к нулю или к 360° , то витки последующих навиваемых спиралей располагаются вплотную к виткам предыдущих навитых спиралей, образуя своеобразную ленту (рисунок 1.26), постепенно увеличивающейся ширины.

Если $i_{\text{д.х}} = 2H / (\pi d \operatorname{tg} \beta) = \text{const}$, то размеры диагоналей ромбовидной ячейки (рисунок 2.5) рассматриваемого слоя (рисунок 2.4) равны:

$$a_1 = \frac{\pi d}{C}; \quad (2.3)$$

$$a_2 = \frac{\pi d \operatorname{tg} \beta}{C} = \frac{2H}{i_{\text{д.х}} C} = \text{const}. \quad (2.4)$$

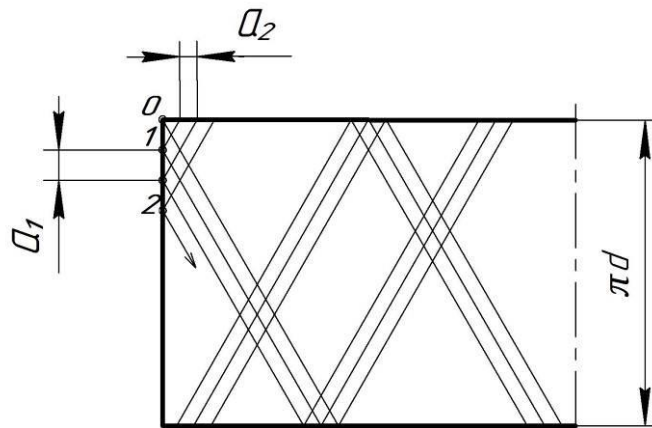


Рисунок 2.4. Схема формирования ленточной структуры:

a_1 и a_2 – диагонали ромбовидной ячейки слоя; d – диаметр нитеносителя, 1 и 2 – первый и второй виток соответственно

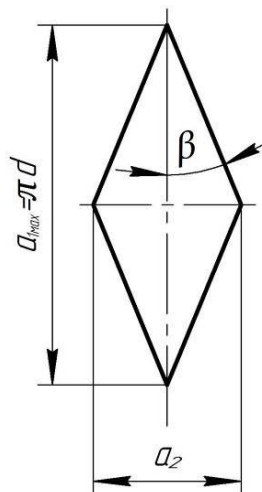


Рисунок 2.5. Схема ромбовидной ячейки одного слоя: $a_{1\text{max}}$ и a_2 – диагонали ромбовидной ячейки, β – угол раскладки, d – диаметр тела намотки ($d_0 \leq d \leq d_n$); d_0 и d_n – наружные диаметры нитеносителя и паковки

Максимальная плотность слоя формируется при шаге витков

$$h = d_n = \pi d \operatorname{tg} \beta_0.$$

В этом случае

$$C = \frac{\pi d \sin \beta_0}{d_n} = \frac{\pi d_0}{2} \sqrt{\frac{\pi \rho}{T}} \sin \beta_0,$$

где d_0 - наружный диаметр цилиндрического нитеносителя; β_0 - угол раскладки витков в первой прослойке; d_n - приведенный диаметр наматываемой нити; ρ и T - объемная и линейная плотности нити.

Чтобы избежать появления ленточной структуры, необходимо учитывать, что при подборе угла φ_{0-1} его значение должно быть дробным числом и не должно приближаться к числам, кратным 360, т.к. при таких значениях образуется ленточная или жгутовая структура, что является существенным дефектом намотки, который негативно влияет на последующие процессы обработки.

При формировании цилиндрической паковки с плоскими торцами с помощью наматывающего устройства с фрикционным приводом тела намотки только угол раскладки β_0 сохраняется постоянным.

Технологическая схема наматывающего устройства с фрикционным приводом тела намотки приведена на рисунке 2.6, а кинематическая схема – на рисунке 1.9

Раскладка нити на боковой поверхности тела намотки осуществляется нитеводителем 3, совершающим возвратно-поступательное движение вдоль оси вращения нитеносителя с постоянной скоростью, обеспечивая навивание нити по винтовой цилиндрической спирали с постоянным углом раскладки β_0 .

Рассмотрим процесс формирования выходной паковки с помощью простого наматывающего устройства с фрикционным приводом тела намотки (рисунок 2.6).

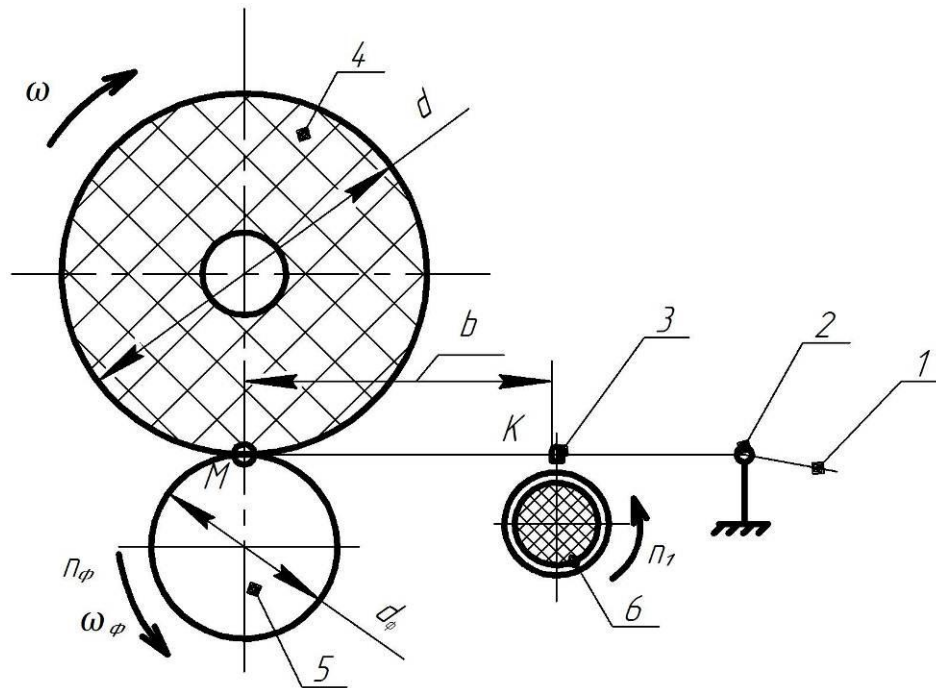


Рисунок 2.6. Технологическая схема наматывающего устройства крутильно-этажной машины: 1 – наматываемая нить; 2 – нитенаправитель; 3 – нитеводитель; 4 – тело намотки; 5 – фрикционный цилиндр; 6 – кулачок раскладки; ω – угловая скорость тела намотки; n_ϕ , ω_ϕ – частота и угловая скорость фрикционного цилиндра диаметра d_ϕ ; b – расстояние между точкой наматывания M и траекторией движения точки раскладки K ; n_1 – частота вращения кулачка раскладки 6

Частота вращения тела намотки 6 (рисунок 2.6):

$$n = n_\phi \frac{d_\phi \eta}{d}. \quad (2.5)$$

Частота двойных ходов $i_{\text{д.х}}$ нитеводителя 3 (рисунок 2.6), получающего возвратно-поступательное движение от одношагового кулачка

($i_{\text{д.х.}} = n_{\text{д.х.}}$) раскладки 2:

$$n_{\text{д.х.}} = n_2 = n_\phi \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4}, \quad (2.6)$$

где d_ϕ и n_ϕ - диаметр и частота вращения фрикционного цилиндра 1; η - коэффициент, учитывающий механическое проскальзывание тела намотки 6 относительно фрикционного цилиндра 1; d - диаметр тела намотки; $d_0 \leq d \leq d_{нак}$; d_0 - наружный диаметр цилиндрического нитеносителя 5, $d_{нак}$ - наружный диаметр цилиндрической паковки; $z_1 \dots z_4$ - шестерни, передающие вращение кулачку раскладки 2 от вала I фрикционного цилиндра 1.

На структуру формируемой паковки существенное влияние оказывает число двойных ходов нитеводителя $i_{\phi.x}$. В наматывающем устройстве фрикционного типа (рисунок 1.9) эта величина будет равна:

$$i_{\phi.x} = \frac{n}{n_{\phi.x}} = \frac{n}{n_2} = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} \cdot \frac{d_\phi \eta}{d} = \frac{C_0 \eta}{d} = A_d + \frac{B_d}{C_d}, \quad (2.7)$$

где n - частота вращения тела намотки 6; $n_{\phi.x}$ - частота двойных ходов нитеводителя 3, равная n_2 ; $C_0 = \frac{z_2 z_4 d_\phi}{z_1 z_3} = const$; A_d , B_d и C_d - целые числа, значения которых изменяются при увеличении диаметра d тела намотки. На крутильно-этажных машинах шестерни z_1 и z_2 сменные $z_1 = 28; 35$; $z_2 = 34; 38$, $z_3 = 36$, $z_4 = 126$, $d_\phi = 90$ мм.

Значения коэффициента проскальзывания η разные на всех рабочих местах даже у одной машины, так как они зависят от многих факторов: в первую очередь от коэффициентов трения скольжения f_ϕ и качения k_ϕ между телом намотки и фрикционным цилиндром, а также от состояния опор качения в бобино- или шпуледержателях, массы и степени уравновешенности шпуледержателя 4 с учетом массы намотанной нити, от нормальной силы в зонах контакта тел намотки с фрикционным цилиндром, размеров и жесткости этих тел и т.д.

При хорошей наладке фрикционной передачи $\eta = 0,97 \dots 0,98$ [45].

Во время формирования паковки число $i_{\partial.x.}$ уменьшается от $i_{\partial.x.max}$ до $i_{\partial.x.min}$, причем максимальное число витков содержат первые две прослойки, навитые на нитеноситель,

$$i_{\partial.x.max} = \frac{C_0 \eta}{d_0}, \quad (2.8)$$

а минимальное число витков содержат последние две прослойки сформированной паковки

$$i_{\partial.x.min} = \frac{C_0 \eta}{d_{нак}} = i_{\partial.x.max} \frac{d_0}{d_{нак}}.$$

Приняв в первом приближении $\eta = 1$, определим значения числа $i_{\partial.x.}$ в зависимости от диаметра d тела намотки (рисунок 2.7).

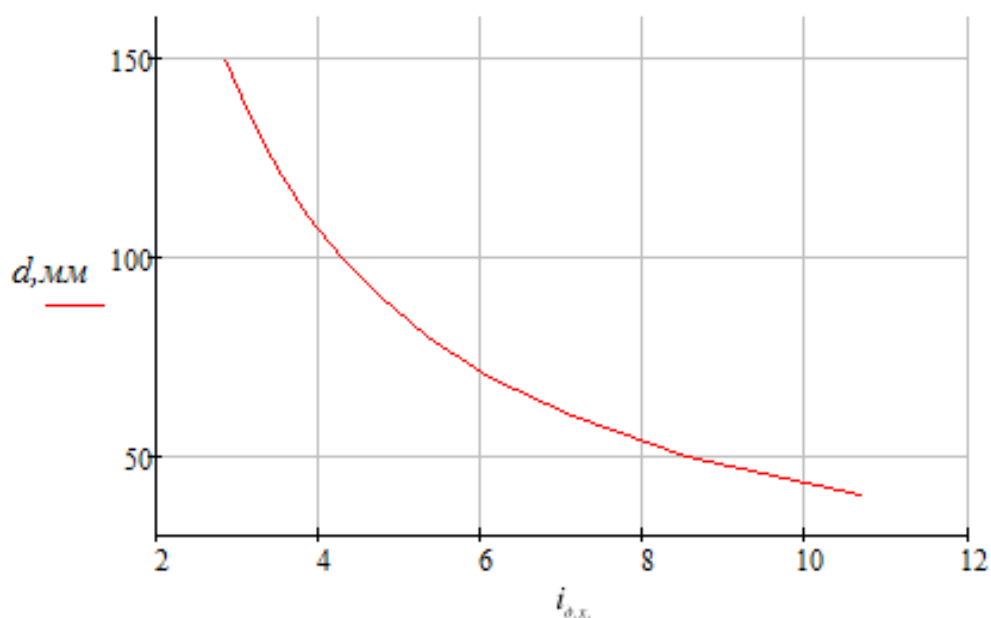


Рисунок 2.7. Зависимость d от числа двойных ходов $i_{\partial.x.}$: d - диаметр тела намотки, $i_{\partial.x.}$ - значения числа двойных ходов нитеводителя

Следовательно, при формировании выходной паковки с помощью фрикционного наматывающего устройства при увеличении диаметра d тела намотки от d_0 до $d_{нак}$ значение $i_{\partial.x.}$ уменьшается, принимая в этом интервале

множество значений, включая целые числа 8, 7, 6, 5, 4 и 3, а также нецелые числа, имеющие после запятой всевозможное сочетание цифр, включая числа 100, 125, 200, 250, 300, 375, 400, 500, 600, 625, 700, 750, 800, 875 и 900 (например, 3,100, ...3,900).

Когда $i_{\partial.x.}$ равно целому числу, то $B_d=0$, $C_d=1 \frac{\partial.x.}{\text{цикл}}$, а сформированный слой состоит из двух прослоек, содержащих $i_{\partial.x.}$ витков, образующих $K_y=i_{\partial.x.}$ ромбовидных ячеек с диагоналями (рисунок 2.5)

$$a_{1\max} = \pi d ;$$

$$a_2 = \pi d \operatorname{tg} \beta_0 ,$$

где $\beta_0 = \operatorname{const}$ - угол раскладки наматываемой нити; $d_0 \leq d \leq d_{\max}$.

Так как диаметр d тела намотки незначительно увеличивается при навивке очередной смежной спирали, то при целом числе $i_{\partial.x.}$ витки последующих спиралей некоторое время практически будут укладываться на однонаправленные витки предыдущих спиралей, образуя в теле намотки местные уплотнения в виде жгута (жгутовая структура) (рисунок 2.1). При приближении числа $i_{\partial.x.}$ к целому числу (например, $i_{\partial.x.} = 6,997 \frac{\text{витков}}{\partial.x.}$) и удалении от целого числа (например, $7,001 \frac{\text{витков}}{\partial.x.}$) последующие витки навиваемых спиралей укладываются параллельно и вплотную к однонаправленным витками предыдущих смежных спиралей, образуя в теле намотки местные уплотненные участки в виде ленты (*ленточная структура*) (рисунок 2.4).

Значения чисел $i_{\partial.x.}$, при которых формируется жгутовая или ленточная структура, являются критическими.

Например, при $i_{\partial.x.} = 5,100 = 5 + \frac{1}{10} \frac{\text{витков}}{\partial.x.}$ диагонали ромбовидной ячейки слоя соответственно равны:

$$a_1 = \frac{\pi d}{10};$$

$$a_2 = \frac{\pi d \operatorname{tg} \beta_0}{10};$$

при $i_{\text{д.х.}} = 5,125 = 5 + \frac{1}{8} \frac{\text{витков}}{\text{д.х.}}$

$$a_1 = \frac{\pi d}{8};$$

$$a_2 = \frac{\pi d \operatorname{tg} \beta_0}{8},$$

а при $i_{\text{д.х.}} = 5,5 = 5 + \frac{1}{2} \frac{\text{витков}}{\text{д.х.}}$

$$a_1 = \frac{\pi d}{2};$$

$$a_2 = \frac{\pi d \operatorname{tg} \beta_0}{2}.$$

Таким образом, при увеличении числа прослоек ($2C$) в слое размеры диагоналей a_1 и a_2 ромбовидной ячейки этого слоя уменьшаются.

Ярко выраженная жгутовая структура формируется при $i_{\text{д.х.}}$, равном целому числу ($1, 2, 3 \dots \frac{\text{витков}}{\text{д.х.}}$), а менее заметная – при $i_{\text{д.х.}}$, равном нецелому числу, имеющему после запятой цифры 2, 4 и 5.

Диаметры d тела намотки, при которых $i_{\text{д.х.}}$ равно целому числу, называются критическими и определяются по формуле

$$d_{\text{кр}} = \frac{C_0 \eta}{i_{\text{д.х.кр}}}. \quad (2.9)$$

Значения $d_{\text{кр}}$, найденные по формуле (2.9), приведены в таблице 2.1 и на рисунке 2.5.

Таблица 2.1. Значения критических диаметров $d_{кр}$ тела намотки

Критические значения		Толщина слоя, мм	Критические значения		Толщина слоя, мм
$i_{\text{д.х.кр}}, \frac{\text{витков}}{\text{д.х.}}$	$d_{кр}, \text{мм}$		$i_{\text{д.х.кр}}, \frac{\text{витков}}{\text{д.х.}}$	$d_{кр}, \text{мм}$	
10	42,75	0	5	85,50	7,125
9	47,50	2,375	4	106,88	10,690
8	53,44	2,970	3	142,50	17,810
7	61,07	3,815	2	213,75	35,625
6	71,25	5,090	1	427,50	106,875

Диаметры d тела намотки, при которых $i_{\text{д.х.}}$ равно дробному числу, имеющему после запятой указанные выше значения, называются полукритическими и вычисляются по формуле

$$d_{\text{нкр}} = \frac{C_0 \eta}{i_{\text{д.х.нкр}}}.$$

При формировании цилиндрической паковки с плоскими торцами с помощью наматывающего устройства с фрикционным приводом тела намотки имеем: технологический угол раскладки наматываемой нити $\beta_0 = \text{const}$, шаг витков увеличивается при увеличении диаметра d тела намотки:

$$h = \pi d \operatorname{tg} \beta_0 = \text{var};$$

$$h_{\text{min}} = h_0 = \pi d_0 \operatorname{tg} \beta_0;$$

$$h_{\text{max}} = \pi d_{\text{нак}} \operatorname{tg} \beta_0;$$

число навиваемых витков за один двойной ход нитеводителя уменьшается

$$i_{\text{д.х.}} = \frac{2H}{\pi d \operatorname{tg} \beta_0} = \text{var};$$

$$i_{\text{д.х.макс}} = \frac{2H}{\pi d_0 \operatorname{tg} \beta_0};$$

$$i_{d.x.min} = \frac{2H}{\pi d_{нак} \operatorname{tg} \beta_0};$$

при увеличении диаметра d тела намотки от d_0 до $d_{нак}$ значения B_d и C_d числа $i_{d.x}$ изменяются аperiodически в очень широких пределах: $0 \leq B_d \leq C_d - 1$; $1 \leq C_d \leq n_k t_{cl}$ (n_k - частота вращения одношагового кулачка раскладки; t_{cl} - время формирования слоя), что не позволяет сформировать паковку с наперед заданной структурой.

Как видно из приведенных расчетов для устранения ленточной и жгутовой структуры в механизмы раскладки необходимо вводить специальные рассеивающие устройства, периодически изменяющие скорость нитеводителя вдоль оси вращения тела намотки и обеспечивающие формирование выходных паковок с равномерно застиистой структурой на машинах с фрикционным приводом бобино- и шпулдержателей.

Во избежание образования в теле намотки слоев с ярко выраженной жгутовой структурой, достаточно в жгуте иметь не более трех витков одного направления. Это условие будет выполняться, если через каждые три двойных хода нитеводителя быстро изменять его скорость (от минимального до максимального значения или наоборот) и выдерживать последнюю скорость в среднем в течение трех последующих двойных ходов нитеводителя. Оптимальное значение цикла ζ рассеивания навиваемых витков с помощью рассеивающего устройства равно шести двойным ходам нитеводителя (шести оборотам одношагового кулачка раскладки).

При проектировании рассеивающего устройства значение ζ следует брать нецелым числом, не имеющим кратных множителей с числом 360° [45]:

$$5,5 \leq \zeta \leq 6,5. \quad (2.10)$$

В этом случае будет формироваться паковка с относительно равномерно застиистой структурой.

2.1.2 Определение осевого смещения навиваемых витков

Для предложенной конструкции рассеивающего устройства определим максимальное осевое смещение навиваемых витков, обеспечивающее отсутствие жгутообразования.

Во время жгутообразования число двойных ходов нитеводителя $i_{д.х.}$ равно целому числу, слой состоит из двух прослоек, а ромбовидные ячейки в слое имеют максимальные размеры (рисунок 2.8):

$$a_1 = \pi d_{кр}; \quad (2.11)$$

$$a_2 = \pi d_{кр} \operatorname{tg} \beta_{\max}, \quad (2.12)$$

где $d_{кр}$ - диаметр цилиндрического тела намотки, при котором на это тело навивается за один двойной ход нитеводителя целое число витков.

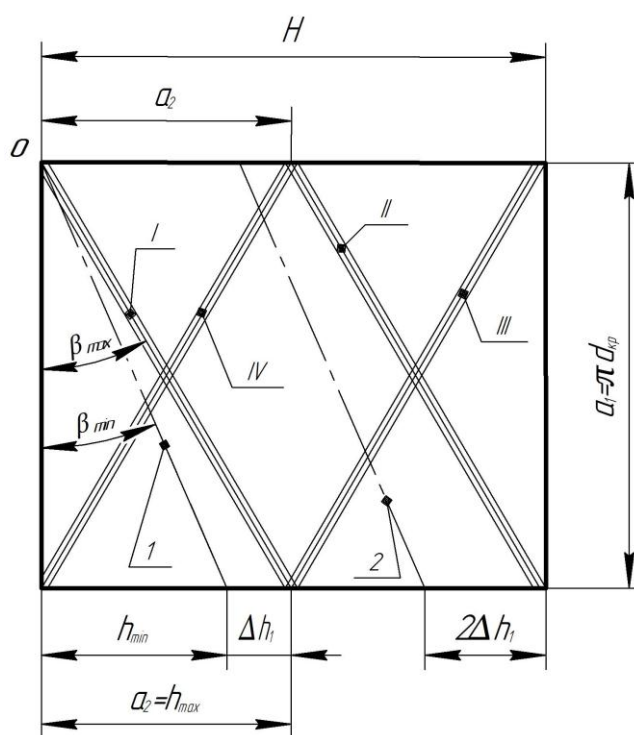


Рисунок 2.8. Схема для определения осевого смещения Δh_1 навиваемых витков: I–IV – витки двух смежных прослоек, образующих жгутовую структуру; 1, 2 – два первых витка первой прослойки, навитой под углом раскладки β_{\min} ; a_1 , a_2 – размеры ромбовидных ячеек; β_{\min} – минимальный угол раскладки нити; β_{\max} – максимальный угол раскладки нити; $d_{кр}$ – критический диаметр тела намотки; H – высота тела намотки

Уменьшение угла раскладки β_0 до β_{\min} ведет к увеличению передаточного отношения $i_{\text{д.х.}}$, уменьшению шага навиваемых витков и уменьшению размеров a_1 и a_2 ромбовидных ячеек, так как

$$h_{\min} = \pi d_{\text{кр}} \operatorname{tg} \beta_{\min}; \quad (2.13)$$

$$i_{\text{д.х.}} = \frac{2H}{h_{\min}} = \frac{2H}{\pi d_{\text{кр}} \operatorname{tg} \beta_{\min}}, \quad (2.14)$$

где H – длина формируемой паковки.

Уменьшение шага витков в навиваемой спирали ведет к образованию застиистой структуры. Смещение первого витка 1 первой прослойки, навитой с углом раскладки β_{\min} , относительно первого витка I предыдущей прослойки, навитой с углом раскладки β_{\max} равно (рисунок 2.9):

$$\Delta h_1 = \pi d_{\text{кр}} (\operatorname{tg} \beta_{\max} - \operatorname{tg} \beta_{\min}), \quad (2.15)$$

а суммарное смещение последнего витка последней спирали, навитой с углом раскладки β_{\min} , должно быть примерно равным

$$h_{\max} = \pi d_{\text{кр}} \operatorname{tg} \beta_{\max},$$

Находим зависимость для определения искомого значения Δh_1 :

$$\Delta h_1 = \frac{2\pi d_{\text{кр}} \operatorname{tg} \beta_{\max}}{i_{\text{д.х.}} \text{Ц}} = \frac{(\pi d_{\text{кр}})^2 \operatorname{tg} \beta_{\min} \operatorname{tg} \beta_{\max}}{\text{НЦ}} \approx \frac{(\pi d_{\text{кр}})^2 \operatorname{tg}^2 \beta_0}{\text{НЦ}}. \quad (2.16)$$

При проектировании рассеивающего устройства значение Δh_1 следует определять при минимальном значении $d_{\text{кр}} \approx d_0$, а минимальное значение Δh_1 можно определить по формуле:

$$\Delta h_{1\min} \approx (1,5 \dots 2) d_n,$$

где $d_n = 2\sqrt{T_n / (\pi \rho_n)}$ – приведенный диаметр навиваемой нити; T_n и ρ_n – линейная и объемная плотности нити.

Рассмотрим отсутствие жгутообразования на примере базовых крутильных машинах. На этих машинах кручению и наматыванию

подвергают нити линейных $T_H = 6,67 \dots 11,1 \text{ г/км}$ и объемных $\rho_H = 1300 - 1580 \text{ кг/м}^3$ плотностей. Находим величину необходимого смещения витков при этих данных, используя зависимость (2.16).

Результаты расчета величины необходимого смещения витков $\Delta h_{1\min}$ от линейной плотности нити T при разных значения объемных плотностей ρ_H представлены на рис 2.10 в виде графических зависимостей.

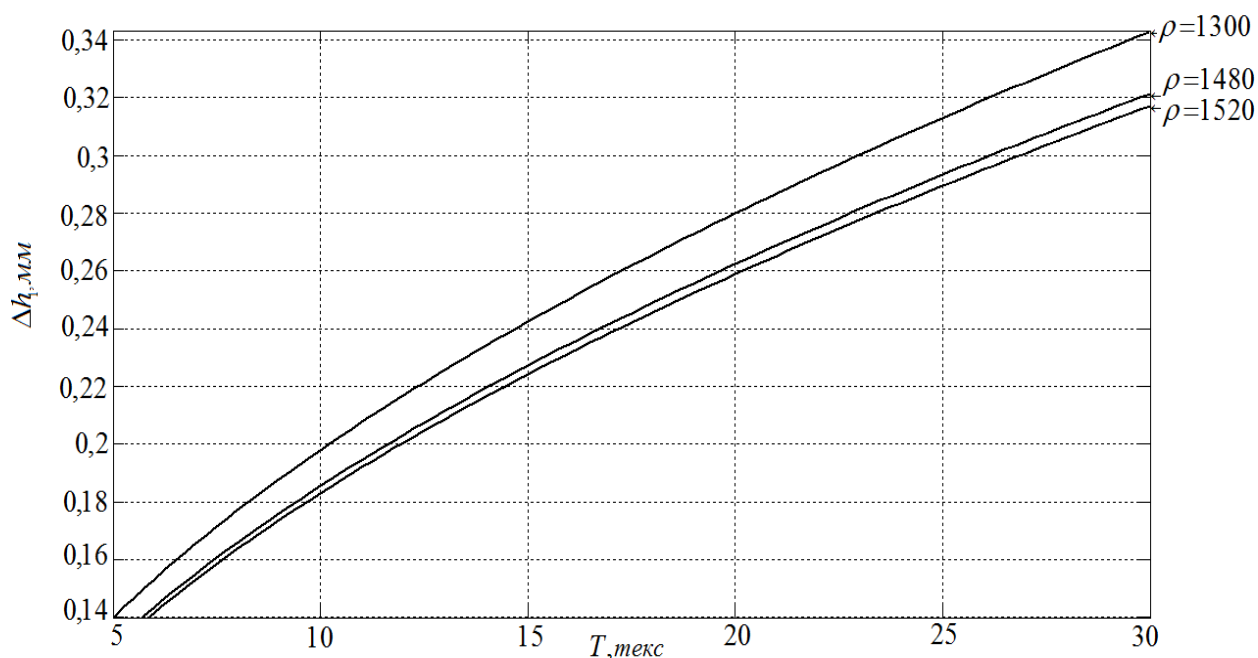


Рисунок 2.9. Зависимость смещения витков $\Delta h_{1\min}$ от линейной плотности нити при разных значениях объемных плотностей ρ (кг/м^3)

Анализ полученных графиков показал, что с увеличением линейной плотности наматываемой нити в 6 раз смещение витков практически линейно, но увеличивается 2,4 раза. При этом, увеличение объемной плотности в 1,16 раза привело к незначительному (6%) увеличению смещения витков.

Полученные результаты необходимо учитывать при определении размеров формируемых паковок при переходе на другой ассортимент наматываемых нитей.

2.1.3 Определение дополнительного угла раскладки

Определим значения дополнительного угла раскладки нити $\beta_{дон}$ в зависимости от линейной плотности нити, задаваясь значениями цикла намотки, углом подъема навиваемых витков и величиной размаха нитеводителя.

Чтобы витки очередной навиваемой спирали не укладывались на/или вплотную к однонаправленным виткам предыдущей смежной спирали, необходимо быстро, с помощью рассеивающего устройства, уменьшить или увеличить технологический угол раскладки β_0 на $\beta_{дон}$ с целью изменения шага витков навиваемой спирали и получения заданного значения осевого смещения навиваемых витков:

$$\Delta h_1 = \pi d_{кр} (tg \beta_{max} - tg \beta_{min}),$$

где $\beta_{max} = \beta_0 + \beta_{дон}$; $\beta_{min} = \beta_0 - \beta_{дон}$.

Так как

$$tg \beta_{max} - tg \beta_{min} = \frac{\sin(\beta_{max} - \beta_{min})}{\cos \beta_{min} \cos \beta_{max}} = \frac{\sin(2\beta_{дон})}{\cos \beta_{min} \cos \beta_{max}}, \quad (2.17)$$

$$\Delta h_1 = \frac{\pi d_{кр} \sin(2\beta_{дон})}{\cos \beta_{min} \cos \beta_{max}} \approx \frac{\pi d_{кр} \sin(2\beta_{дон})}{\cos^2 \beta_0}, \quad (2.18)$$

откуда находим допустимый технологический угол раскладки

$$\beta_{дон} = \frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{\Delta h_1 \cos^2 \beta_0}{\pi d_{кр}} \right) = \frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{\Delta h_1 \sin^2 \beta_0}{HЦ} \right). \quad (2.19)$$

Значение осевого смещения Δh_1 витков выбирает технолог с учетом технологического процесса отделки нити в паковке.

Определим значение дополнительного угла раскладки $\beta_{\text{дон}}$, задаваясь значениями: длиной формируемой паковки H , линейной плотностью нити T , номинальным технологическим углом раскладки β_0 и циклом намотки C . Результаты расчетов представлены на рисунке 2.10 и рисунке 2.12.

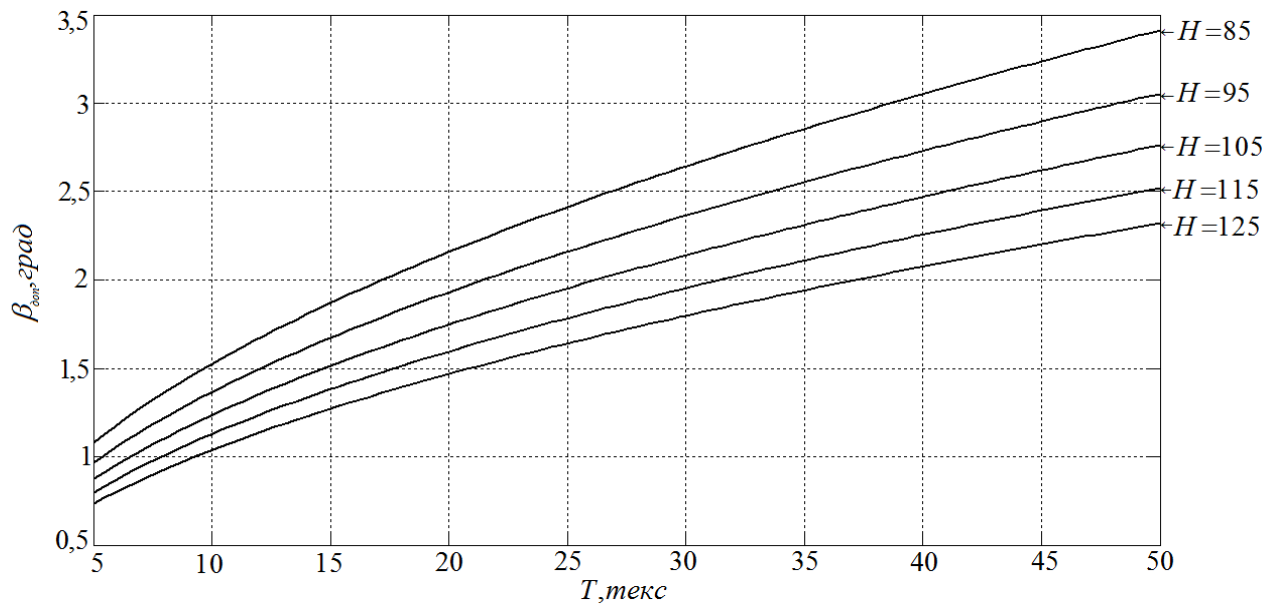


Рисунок 2.10. Значения дополнительного угла раскладки нити $\beta_{\text{дон}}$ в зависимости от линейной плотности нити T и длины формируемой паковки H (мм) при технологическом угле раскладки $\beta_0 = 12^\circ$ и цикле намотки $C=6,391$

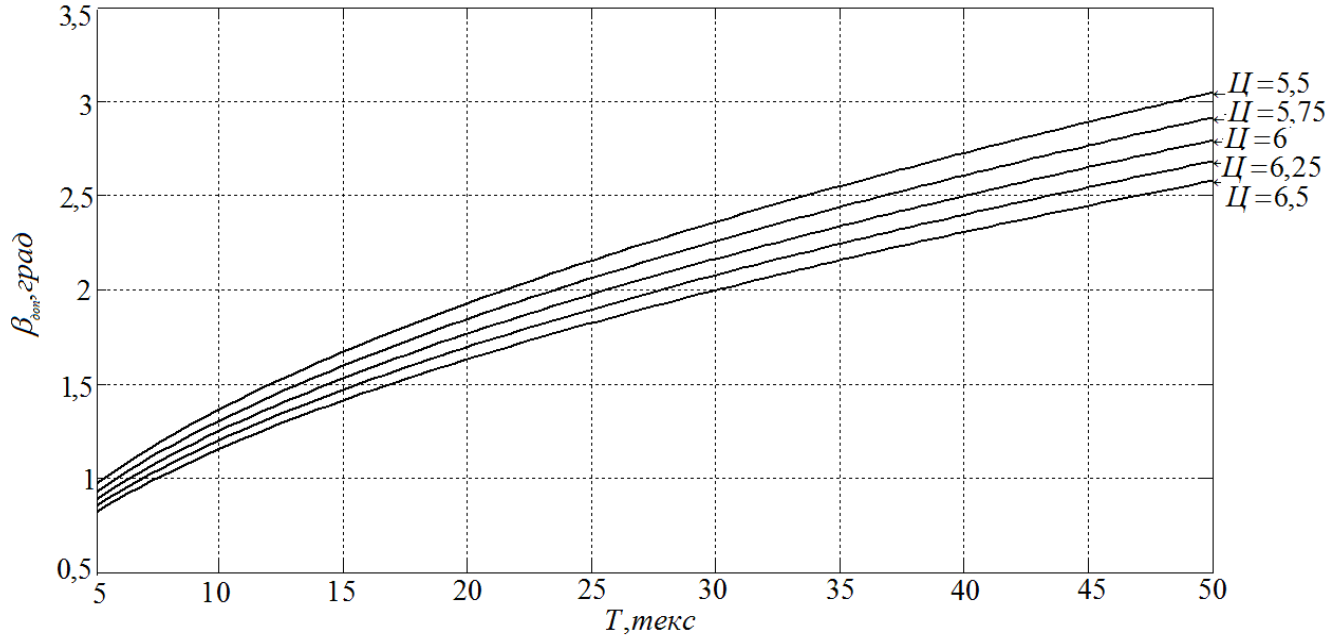


Рисунок 2.11. Значения дополнительного угла раскладки нити β_{0on} в зависимости от линейной плотности нити T и от цикла намотки C при технологическом угле раскладки $\beta_0 = 12^\circ$ и длины формируемой паковки $H = 110$ мм

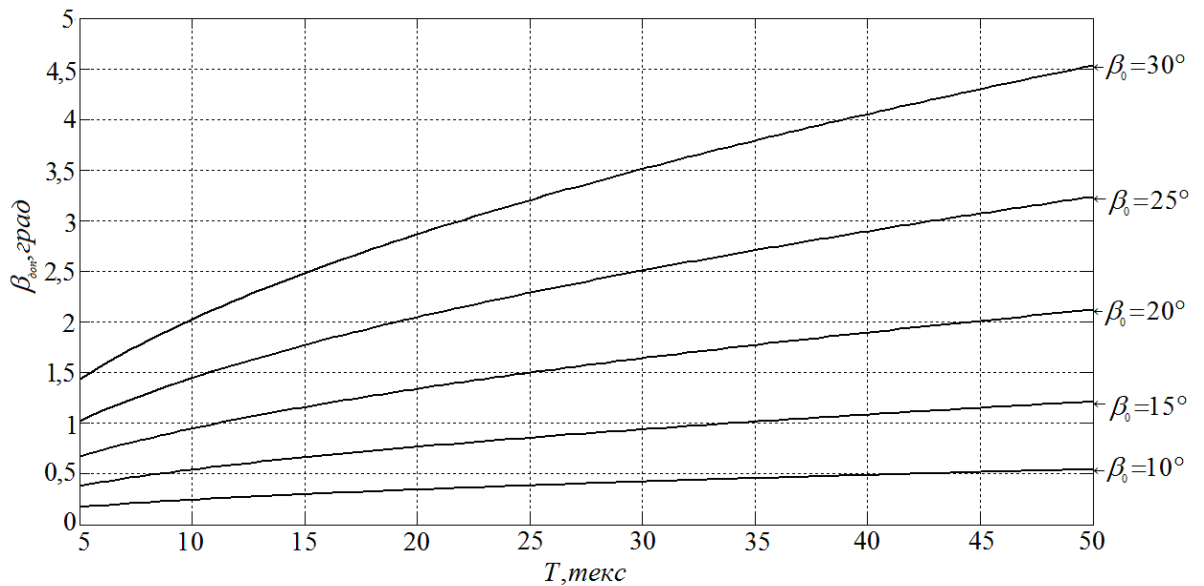


Рисунок 2.12. Значения дополнительного угла раскладки нити β_{0on} в зависимости от линейной плотности нити T и технологического угла раскладки при цикле намотки $C = 6,391$ и длины формируемой паковки $H = 110$ мм

Полученные на графиках результаты (рисунок 2.10, 2.11 и 2.12) позволяют определить величину необходимого дополнительного угла раскладки для формирования паковок с равномерно застиистой структурой намотки. Так, например, для нитей линейной плотности T от 5 до 50 *Текс* и значения номинального технологического угла раскладки $\beta_0 = 12^\circ$ величина дополнительного угла определяется в пределах $0,2^\circ \leq \beta_{дон} \leq 0,3^\circ$.

2.2 Разработка эскизной схемы механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа

В общем случае к механизму раскладки предъявляют следующие основные требования: конструкция должна быть простой, технологичной, удобной в наладке и обслуживании, экономичной в эксплуатации, обеспечивать нитеводителю заданный закон движения при заданной форме формируемой паковки; все звенья механизма должны иметь достаточную жесткость и прочность, а в кинематических парах передаточного устройства от двигателя до нитеводителя не должно быть люфтов и больших кинематических зазоров; механизм не должен быть источником резких шумов и вибраций, то есть механизм должен быть сбалансированным как статически, так и динамически.

Проведенный литературный обзор существующих механизмов раскладки показал, что наиболее удачной и перспективной конструкцией является механизм раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа, схема которого приведена на рисунке 1.13. При разработке новой конструкции механизма раскладки за базовую нами была принята схема,

разработанная на кафедре ПМХВ и КОО МГТУ им. А.Н. Косыгина и защищенная авторским свидетельством [42].

Новая конструкция механизма раскладки с рассеивающим устройством для крутильно-этажных и текстурирующих машин, перематывающих нити малой линейной плотности представлена на рисунках 2.12 и 2.14. С целью повышения надежности и срока службы механизма раскладки с рассеивающим устройством была разработана конструкция, в которой удалось избежать значительных сил трения между кулачком раскладки и обечайкой промежуточного барабана, ведущих к снижению точности, надежности и уменьшению срока службы механизма.

Принципиальная эскизная схема разработанного механизма раскладки содержит кулачок раскладки, состоящего из цилиндрической толстостенной обечайки 1, фланцев 2, 3 и опор качения 4, 5. Обечайка выполнена с двумя незамкнутыми сквозными наклонными пазами 6, 7 на боковой поверхности и одним замкнутым глухим винтовым пазом 8, в котором размещены следящие ролики 9, 10, смонтированные на концах пальцев 11, 12, жестко закрепленных соответственно на каретках 13, 14, установленных на прутках 17, 18, и 19, 20, и передающих движение нитеводительным штангам 15, 16.

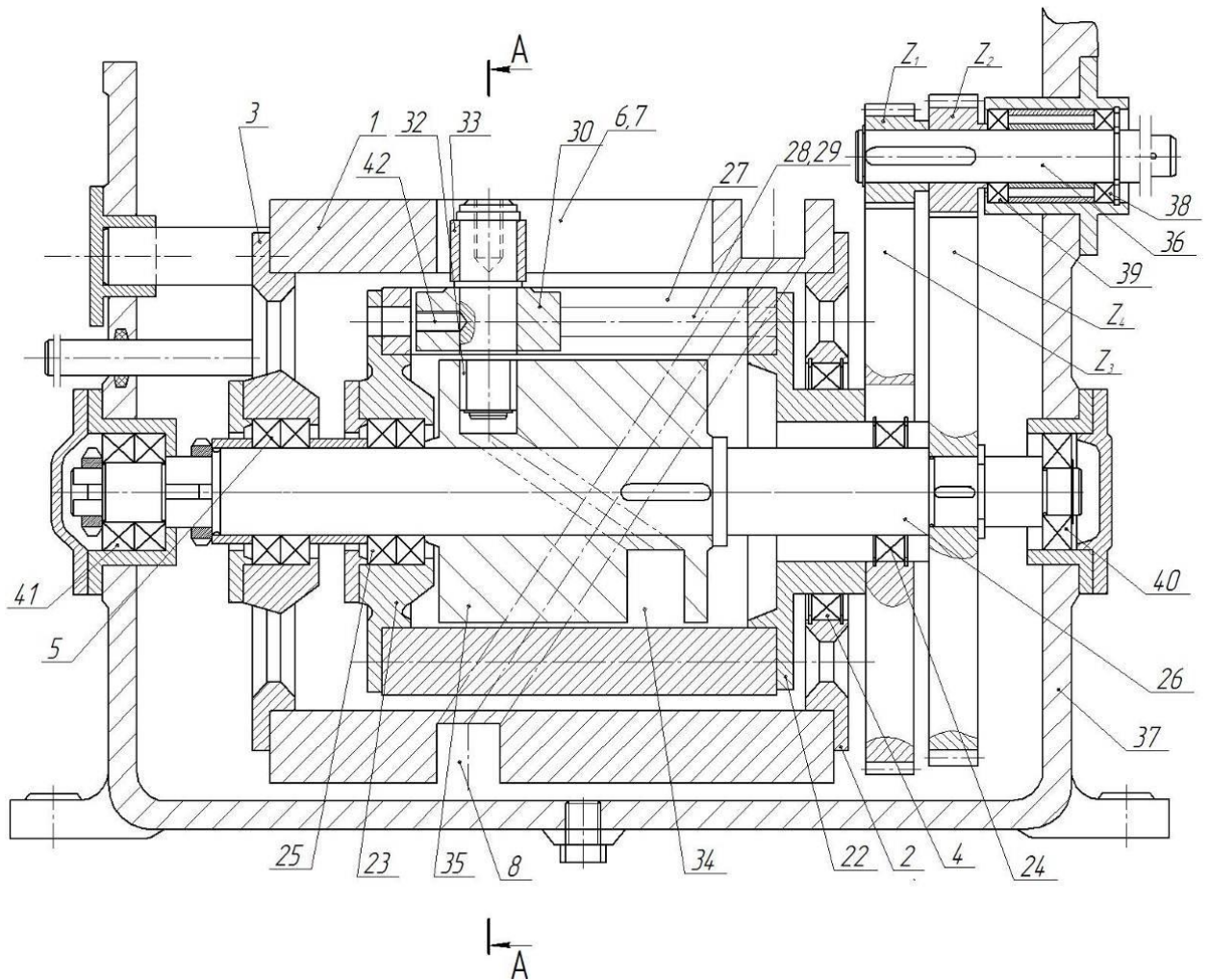


Рисунок 2.13. Схема продольного разреза разработанного механизма раскладки с кулачковым рассеивающим устройством:

1 – цилиндрическая толстостенная обечайка; 2, 3, 22, 23 – фланцы; 4, 5, 24, 25 – опоры качения; 6, 7 – наклонные пазы; 8, 34 – глухие винтовые пазы; 32, 33 – следящие ролики; 30 – каретки; 26 – ведомый вал; 27 – меридиональный паз; 28, 29 – направляющие прутки; 35 – рассеивающий кулачок; 36 – ведущий вал; 37 – корпусная коробка; 38, 39, 40, 41 – опоры качения; Z_1, \dots, Z_4 – шестерни

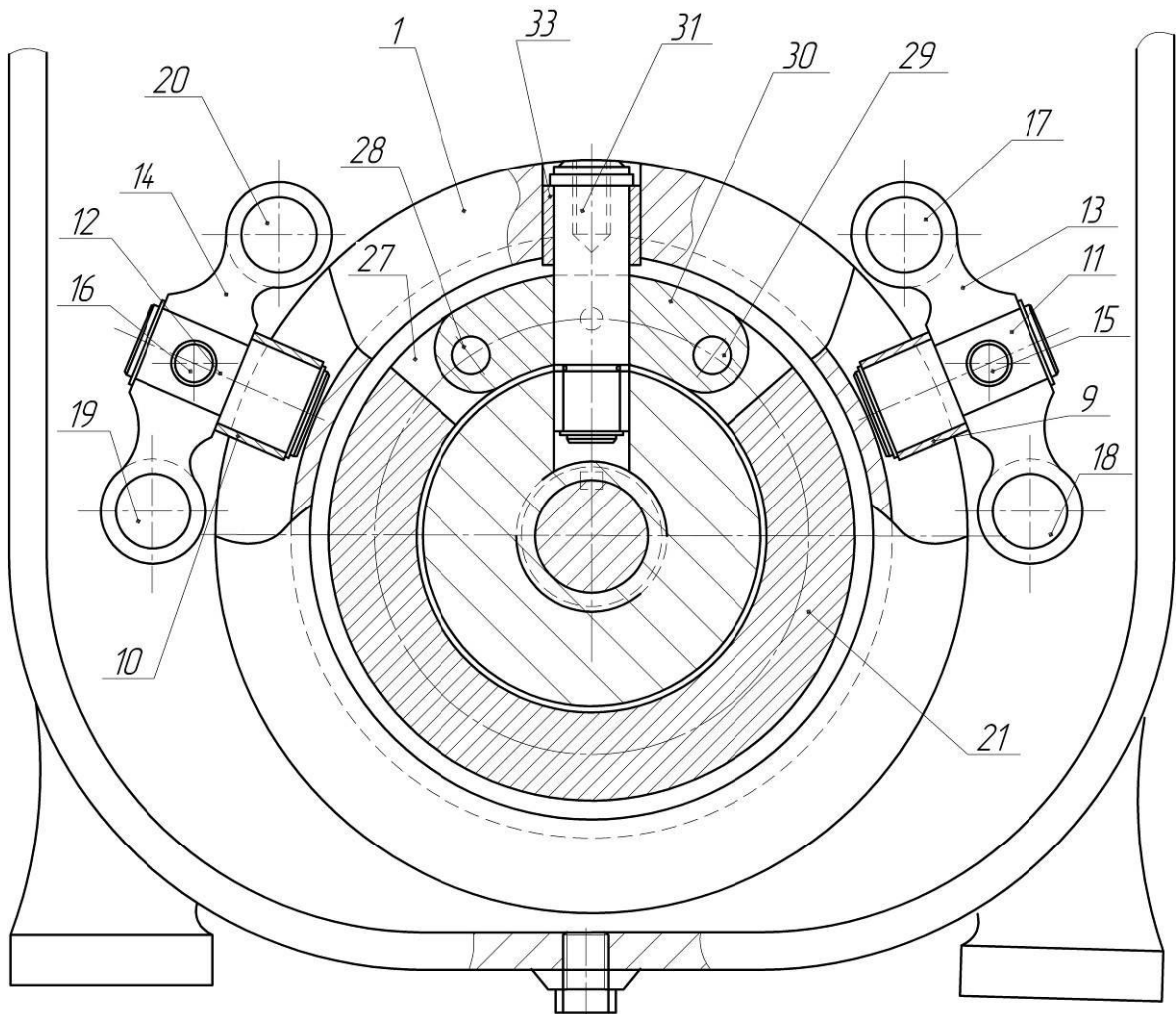


Рисунок 2.14. Схема поперечного разреза разработанного механизм раскладки с рассеивающим устройством:

1 – цилиндрическая толстостенная обечайка; 9, 10 – следящие ролики; 11, 12 – пальцы; 13, 14 – каретки; 15, 16 – нитеводительные штанги; 17, 18, 19, 20 – прутки; 21 – обечайка; 27 – меридиональный паз; 28, 29 – направляющие прутки; 30 – каретка; 31- палец; 33 – следящий ролик;

Внутри кулачка раскладки (цилиндрической толстостенной обечайки) размещен промежуточный барабан, состоящий из обечайки 21, фланцев 22, 23 и опор качения 24, 25, смонтированных на ведомом валу 26. Обечайка 21

выполнена с одним сквозным прямым меридиональным пазом 27, в котором размещены два направляющих прутка 28, 29, концами закрепленных в перемычках обечайки 21. Каретка 30, свободно перемещается на направляющим прутка, в сквозном отверстии которой жестко закреплен средней частью палец 31 со следящими роликами 32, 33 на концах, причем ролик 32 входит в замкнутый глухой винтовой паз 34 рассеивающего кулачка 35, жестко закрепленного на валу 26, а ролик 33 – в наклонный паз 6 и 7 кулачка раскладки.

На валу 26 жестко закреплена шестерня z_4 , входящая в зацепление с шестерней z_2 , получающей вращение от ведущего вала 36, который с помощью шестерен z_1 и z_3 сообщает вращение промежуточному барабану (обечайке 21). Валы 26 и 36 смонтированы в корпусной коробке 37 на подшипниках качения 38, 39, 40, 41.

При вращении ведущего вала 36 промежуточный барабан (обечайка 21) и рассеивающий кулачок 35 с помощью шестерен z_1, z_2, z_3, z_4 получают вращение с различной частотой. В результате палец 31 вместе с кареткой 30 перемещается вдоль меридионального паза 27, сообщая кулачку раскладки суммарную периодически изменяющуюся частоту вращения. Нитеводительные штанги 15 и 16, получающие возвратно-поступательное движение от кулачка раскладки с периодически изменяющейся скоростью, обеспечивают формирование цилиндрических паковок с равномерно застилой структурой.

Для изменения дополнительной частоты вращения кулачка раскладки необходим палец 31 из одного наклонного паза переставить в другой, имеющий иной угол наклона λ к образующей обечайки 1. Кроме того,

концевые участки этих пазов следует выполнять с увеличенным углом наклона λ (рисунок 2.15).

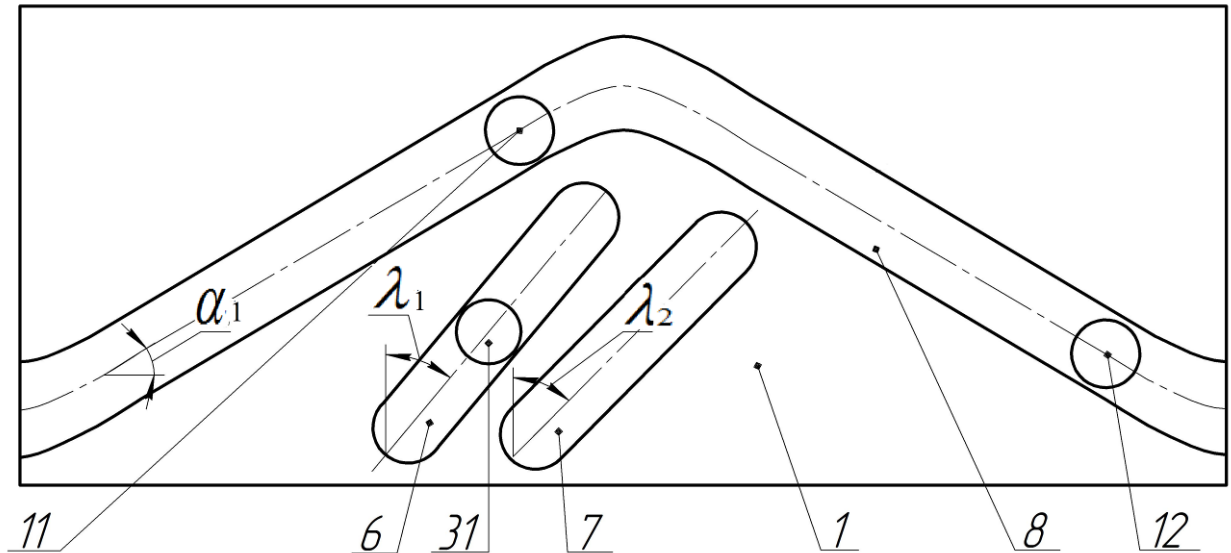


Рисунок 2.15. Развертка кулачка раскладки: 1 – цилиндрическая толстостенная обечайка; 6, 7 – наклонные пазы; 8 – глухой винтовой паз; 11, 12, 31 – пальцы; α_1 – угол наклона паза 8; λ_1, λ_2 – углы наклона пазов 6 и 7 соответственно

Механизм раскладки с рассеивающим устройством может устанавливаться на одну машину и сообщать движение сразу двум нитеводительным штангам, что увеличивает производительность и удешевляет стоимость производства. Предлагаемая конструкция механизма раскладки с рассеивающим устройством может использоваться на крутильно-этажных и текстурирующих машинах. Конструктивное оформление механизма обеспечивает получение дополнительного угла раскладки нити, необходимого для получения паковки с равномерно застилой структурой, то есть паковки лучшего качества. Механизм позволяет регулировать частоту вращения кулачка раскладки в зависимости от технологических потребностей и вида наматываемой нити. Конструкция

отличается своей компактностью и большей надежностью, чем ее прототип за счет устранения силового контакта кулачка раскладки с промежуточным барабаном.

2.3 Кинематический расчет рассеивающего устройства кулачкового типа

Для определения углов поворота, перемещений нитеводителя, угловой скорости и ускорения механизма раскладки с рассеивающим устройством необходимо провести кинематический расчет.

При кинематическом расчете необходимо определить зависимость перемещения нитеводителя от угла поворота кулачка раскладки и величину дополнительно угла раскладки от поворота кулачка рассеивания. Номинальная частота (рисунок 2.16) вращения кулачка раскладки 1 (без учета влияния рассеивающего устройства) определяется как:

$$n_1 = n_0 z_1 / z_2,$$

где n_0 - частота вращения на входном валу, а частота вращения рассеивающего кулачка 2

$$n_2 = n_0 z_3 / z_4.$$

Следовательно, относительная частота вращения кулачка 2 по отношению к промежуточному барабану 6

$$n_{2отн} = n_0 \left(\frac{z_2 z_3 - z_1 z_4}{z_2 z_4} \right), \quad (2.20)$$

а относительная угловая скорость рассеивающего кулачка

$$\omega_{2отн} = \frac{\pi n_{2отн}}{30} = \frac{\pi n_0}{30} \left(\frac{z_2 z_3 - z_1 z_4}{z_2 z_4} \right), \quad (2.21)$$

где n_0 - частота вращения ведущего вала I механизма раскладки

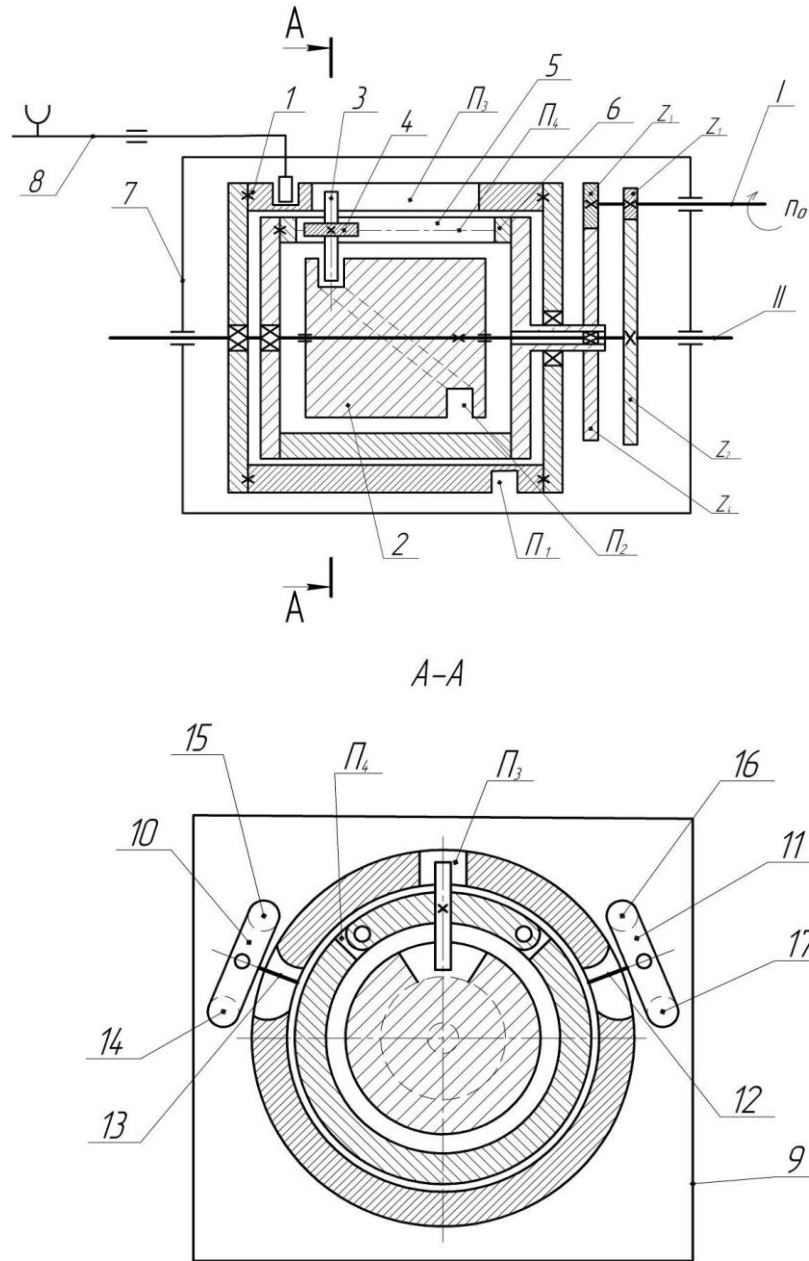


Рисунок 2.16. Схема разработанного механизма раскладки с кулачковым рассеивающим устройством: 1- кулачок раскладки; 2 – рассеивающий кулачок; 3 – палец; 4, 10 и 11 – каретки; 5 – направляющие каретки 4; 6 – промежуточный барабан; 7 – нитеводительные штанги; 8 – нитеводитель; 9 – корпусная коробка; 10 и 11 – нитеводительные каретки; 12 и 13 – пальцы с роликами (ползушками); 14 и 15 – направляющие каретки 10; 16 и 17 – направляющие каретки 11; Π_1 , Π_2 , Π_3 - винтовые пазы; Π_4 - прямой меридиональный паз; I – входной вал

Цикл рассеивания навиваемых витков

$$Ц = \frac{n_1}{n_{2\text{отн}}} = \frac{z_2 z_3}{z_2 z_3 - z_1 z_4} = \text{const}. \quad (2.22)$$

При кинематическом расчете кулачкового рассеивающего устройства применяем метод обращенного движения, при котором барабан 6 неподвижный, а кулачок 2 – вращающийся с относительной угловой скоростью $\omega_{2\text{отн}}$.

В этом случае при повороте рассеивающего кулачка 2 (рисунок 2.17) на угол $\varphi_{2\text{отн}}$ каретка 4 вместе с пальцем 3 переместиться вдоль оси вращения барабана 6 на:

$$y_4 = \frac{d_2 \varphi_{2\text{отн}} \text{tg} \alpha_2}{2} \quad (2.23)$$

и дополнительно повернет кулачок раскладки 1 на угол

$$\varphi_{1\text{дон}} = \frac{2y_4 \text{tg} \lambda}{d_1} = \frac{d_2}{d_1} \varphi_{2\text{отн}} \text{tg} \lambda \text{tg} \alpha_2, \quad (2.24)$$

сообщив последнему дополнительную угловую скорость

$$\omega_{1\text{дон}} = \frac{d\varphi_{1\text{дон}}}{dt} = \frac{d_2}{d_1} \omega_{2\text{отн}} \text{tg} \lambda \text{tg} \alpha_2, \quad (2.25)$$

где d_1 и d_2 – наружные диаметры кулачка раскладки 1 и рассеивающего кулачка 2; α_2 – угол подъема средней линии винтового паза $П_2$ рассеивающего кулачка 2; $\omega_{\text{отн}}$ – относительная угловая скорость рассеивающего кулачка; λ – угол наклона паза $П_3$.

Дополнительная угловая скорость $\omega_{1\text{дон}}$ кулачка раскладки 1 сообщает нитеводителю 8 дополнительную линейную скорость вдоль оси вращения тела намотки

$$v_{8\text{дон}} = \frac{\omega_{1\text{дон}} d_1 \text{tg} \alpha_1}{2} = \frac{d_2 \omega_{2\text{отн}} \text{tg} \lambda \text{tg} \alpha_1 \text{tg} \alpha_2}{2}, \quad (2.26)$$

а наматываемой нити – дополнительный угол раскладки

$$\sin \beta_{\text{дон}} = \frac{v_{8\text{дон}}}{v} = \frac{d_2 \omega_{2\text{отн}} \text{tg} \lambda \text{tg} \alpha_1 \text{tg} \alpha_2}{2v}, \quad (2.27)$$

раскладки I и рассеивающего кулачка; Π_3 - сквозной винтовой паз в обечайке кулачка раскладки I ; d_1 – наружный диаметр кулачка раскладки I ; α_1 – угол наклона паза Π_1 кулачка раскладки I ; α_2 – угол подъема средней линии винтового паза Π_2 рассеивающего кулачка 2 ; $\omega_{2\text{отн}}$ – относительная угловая скорость рассеивающего кулачка 2 ; $\omega_{\text{доп}}$ – дополнительная угловая скорость кулачка раскладки I ; $\varphi_{1\text{доп}}$ – дополнительный угол поворота кулачка раскладки I ; $y_3 = y_4$ – перемещение каретки 4 вместе с пальцем 3 ; λ – угол наклона паза Π_3

Задаваясь различными значениями кинематических и технологических параметров намотки, был определен диапазон изменения величины дополнительного угла раскладки, который позволяет подобрать параметры процесса намотки. При наматывания нитей с линейной и объемной плотностью $T_H = 6,67 \dots 11,1 \text{ г/км}$ и $\rho_H = 1300 - 1580 \text{ кг/м}^3$ соответственно для получения равномерно застиистой структуры паковки необходимо обеспечить дополнительный угол раскладки в пределах от $0,2^\circ \leq \beta_{\text{доп}} \leq 0,3^\circ$. Область, удовлетворяющая этим величинам дополнительного угла раскладки при различных значениях скорости наматывания V , цикла намотки Π и высоты тела намотки H , представлена на рисунке 2.16.

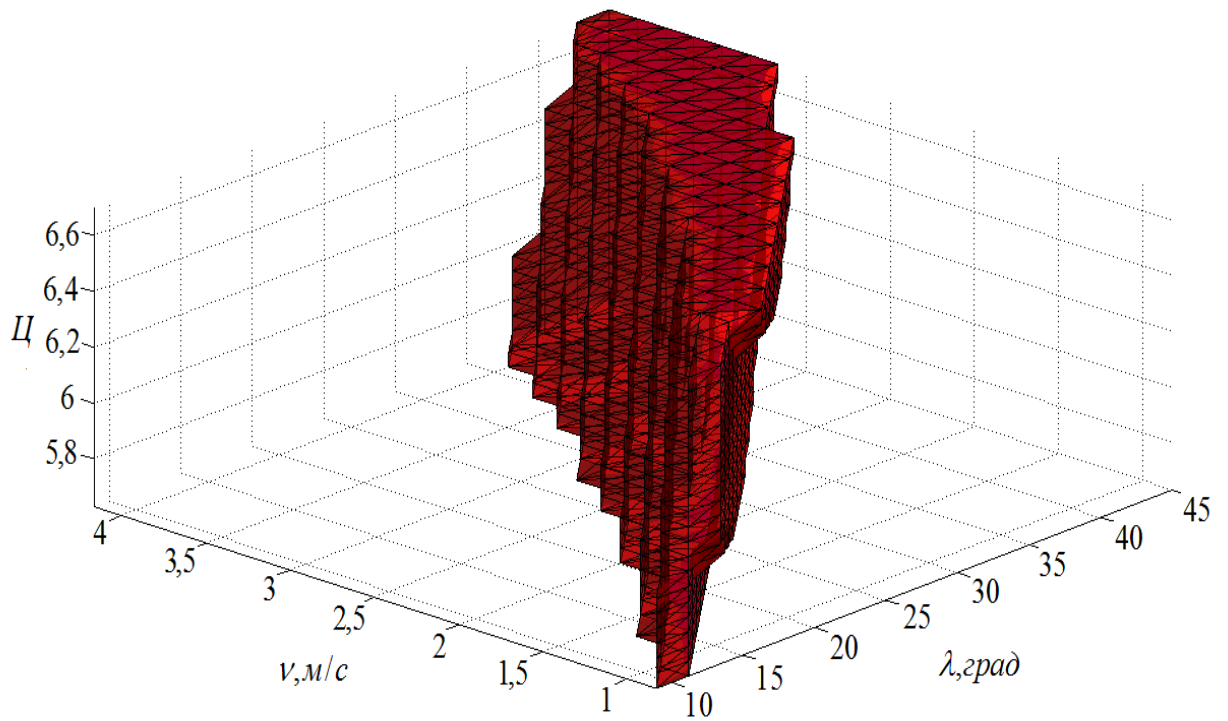


Рисунок 2.18. Область, в которой дополнительный угол раскладки принимает значения $0,2^\circ \leq \beta_{\text{дон}} \leq 0,3^\circ$ в зависимости от различных значений скорости наматывания V , цикла намотки C и высоты тела намотки H

По формуле (2.9) были определены зависимости дополнительного угла раскладки от кинематических и технологических параметров процесса намотки. Такие зависимости представлены на рисунках 2.19 и 2.21.

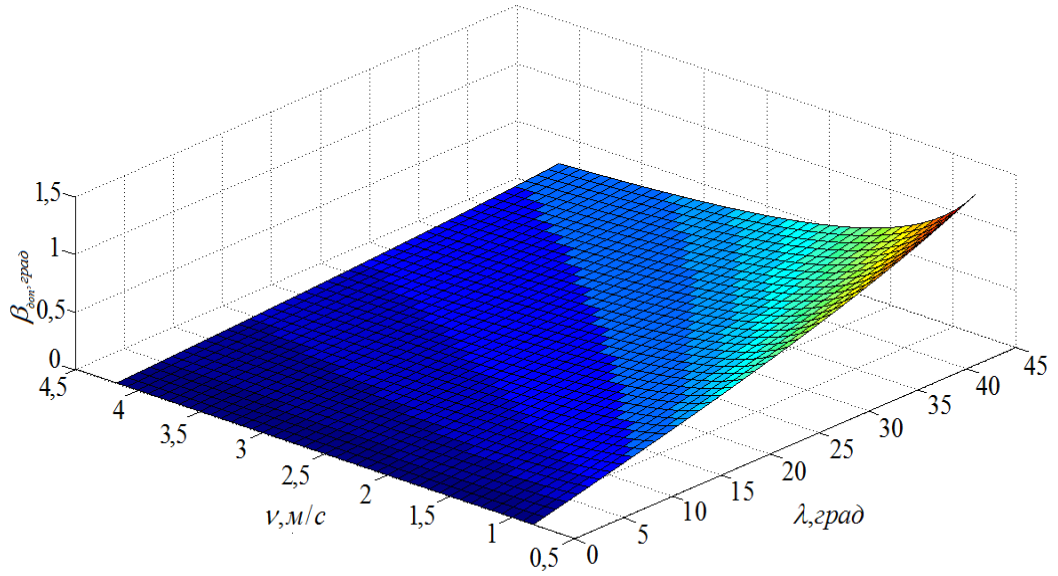


Рисунок 2.19. Графическая зависимость дополнительного угла раскладки нити $\beta_{дон}$ от скорости наматывания V и угла наклона наклонного паза λ кулачка раскладки

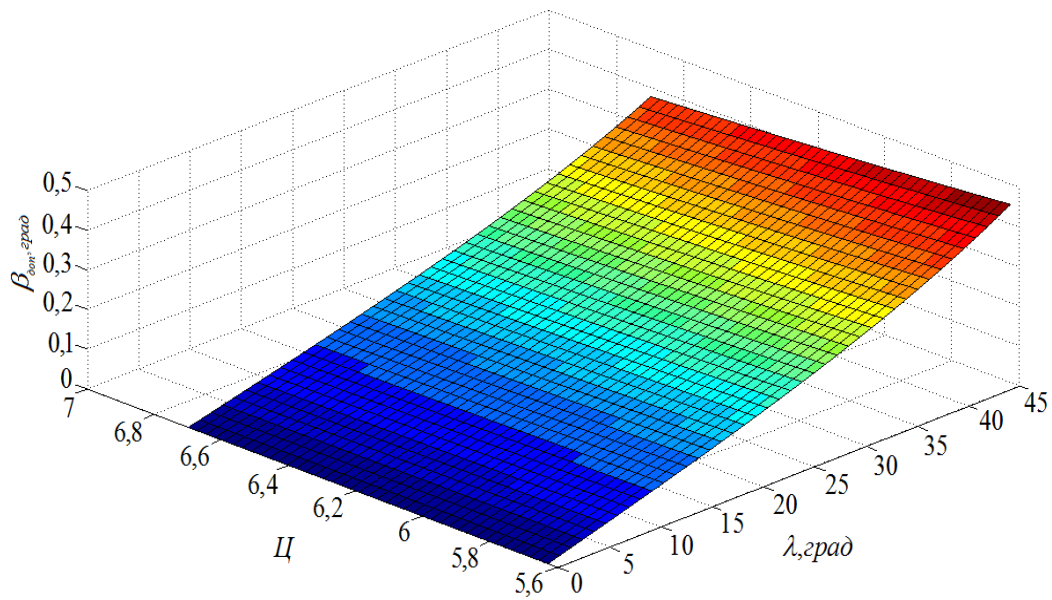


Рисунок 2.20. Графическая зависимость дополнительного угла раскладки нити $\beta_{дон}$ от цикла наматывания C и угла наклона наклонного паза λ кулачка раскладки

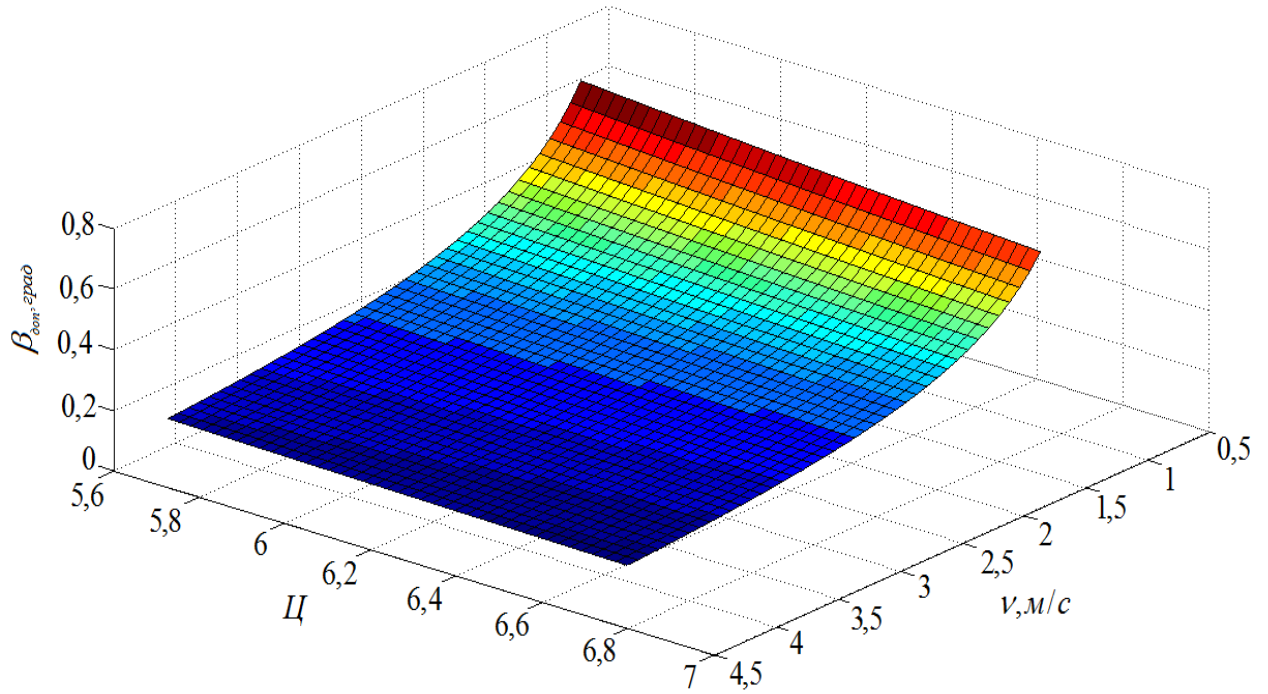


Рисунок 2.21. Графическая зависимость дополнительного угла раскладки нити $\beta_{\text{доп}}$ от скорости наматывания V и цикла намотки C

Данные графические зависимости позволяют подбирать кинематические параметры механизма и технологические параметры процесса намотки для обеспечения необходимого дополнительного угла раскладки нити, необходимого для получения равномерно застилой структуры паковки при формировании цилиндрических паковок крестовой намотки с использованием механизма раскладки с рассеивающим устройством [25].

2.4 Проектирование механизма раскладки с рассеивающим устройством

Проектирование механизма раскладки с рассеивающим устройством проводится с целью определения его основных параметров, таких как габаритные размеры всего механизма раскладки и размеры отдельных звеньев: кулачка раскладки, кулачка рассеивания, промежуточного барабана, каретки.

Исходными параметрами при проектировании нового механизма раскладки являются исходные данные заказчика. В нашем случае используются данные на проектирование механизма раскладки с кулачковым рассеивающим устройством для крутильно-этажной машины, приведенные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Исходные данные на проектирования механизма раскладки с кулачковым рассеивающим устройством

Наименование исходного параметра	Обозначение и размерность	Значение
Максимальная скорость наматывания	$v, м/с$	2,5
Номинальный угол раскладки	$\beta_0, град$	12
Расстояние между осями нитеводительных штанг	$A_1, мм$	350
Высота выходной цилиндрической паковки	$H, мм$	110
Диаметр выходной цилиндрической паковки	$d_{пак}, мм$	150
Наружный диаметр фрикционного цилиндра	$d_{ф}, мм$	90
Наружный диаметр нитеносителя	$d_0, мм$	45
Наружный диаметр нитеводительной штанги	$d_w, мм$	10

2.4.1 Проектирование кулачка раскладки

Наружный диаметр d_1 цилиндрического кулачка раскладки зависит в основном от межосевого расстояния A_1 нитеводительных штанг 7, расположенных на противоположных сторонах машины и получающих возвратно-поступательные движения от одного кулачка раскладки 1 (рисунок 2.22).

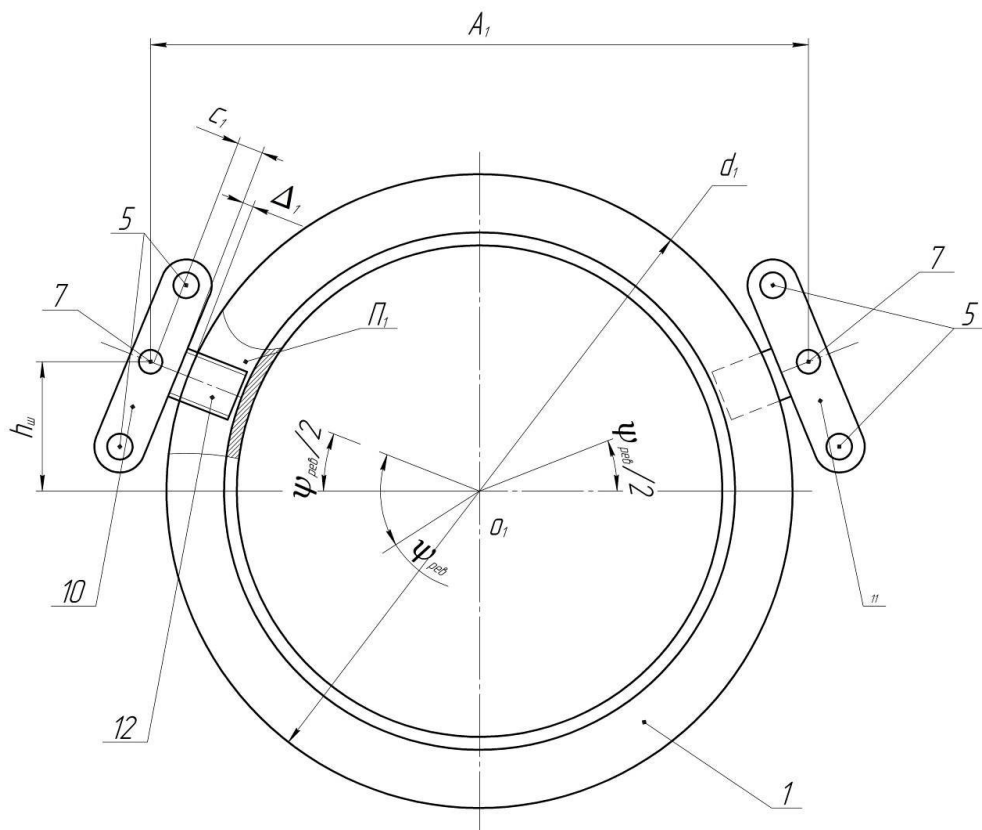


Рисунок 2.22. Схема к определению наружного диаметра d_1 цилиндрического кулачка раскладки, передающего движение двум нитеводительным штангам: 1- кулачок раскладки; 7 – нитеводительные штанги; 10 и 11 – нитеводительные каретки; 5 – направляющие, 12 – палец; ψ_{rev} – центральный угол, соответствующий дуге реверсирования пальца 12; h_w – расстояние от оси штанги до оси вращения кулачка раскладки; C_1 – половина толщины каретки; Δ_1 – зазор между кулачком 1 и кареткой

Так как кулачок раскладки 1 одновременно сообщает движение двум нитеводительным штангам 7, жестко соединенным со своими нитеводительными каретками 10 и 11, то во избежание одновременного реверсирования этих штанг, необходимо их оси располагать на одной прямой линии, удаленной от оси вращения O_1 кулачка раскладки на расстоянии (рисунок 2.22)

$$h_{ш} = \left(\frac{d_1}{2} + \Delta_1 + c_1 \right) \sin \frac{\psi_{рев}}{2}, \quad (2.28)$$

а искомый наружный диаметр цилиндрического кулачка раскладки

$$d_1 = \frac{A_1}{\cos \frac{\psi_{рев}}{2}} - 2(\Delta_1 + c_1), \quad (2.29)$$

где $\Delta_1 = 2 \dots 3$ мм – зазор между кулачком 1 и кареткой 10; $c_1 \approx d_{ш} = 10$ мм – половина толщины каретки 10; $d_{ш} = 10$ мм – наружный диаметр нитеводительной штанги 7 трубчатого сечения; $\psi_{рев}$ – центральный угол, соответствующий дуге реверсирования пальца 12, жестко закрепленного на каретке 10 или 11.

Известно, что угол реверсирования $\psi_{рев}$ зависит от конструктивного оформления паза $П_1$ кулачка раскладки на участке сопряжения средних винтовых линий противоположных направлений [45,65] на участке реверса.

Если центровой профиль кулачка раскладки на участке реверса выполнен по цилиндрической дуге окружности радиуса ρ_1 (рисунок 2.23), то

$$\psi_{рев} = \frac{2\rho_1 \sin \alpha_1}{r_1} = \omega_1 t_{рев}, \quad (2.30)$$

В случае, когда центровой профиль кулачка раскладки на участке реверса выполнен по цилиндрической синусоиде, то перемещение нитеводителя

$$y_1 = \frac{\chi_0 \operatorname{tg} \alpha_1}{\pi} \sin\left(\frac{\pi \chi}{\chi_0}\right), \quad (2.31)$$

а тангенс угла наклона в рассматриваемой точке этой синусоиды

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{пов}} = \frac{dy_1}{dx} = \operatorname{tg} \alpha_1 \cos\left(\frac{\pi \chi}{\chi_0}\right), \quad (2.32)$$

а градиент $\operatorname{tg} \alpha$

$$y_1'' = \frac{d^2 y_1}{dx^2} = -\frac{\pi \operatorname{tg} \alpha_1}{\chi_0} \sin\left(\frac{\pi \chi}{\chi_0}\right), \quad (2.33)$$

где $\chi_0 = r_1 \omega_1 t_{\text{пов}}$ - длина дуги окружности радиуса r_1 , соответствующий участку реверса кулачка раскладки; r_1 и ω_1 - наружный радиус и угловая скорость кулачка раскладки; $t_{\text{пов}}$ - время движения центра ролика по участку реверса кулачка раскладки [45];

$$t_{\text{пов}} = \frac{2\vartheta}{v \cos \beta_0}, \quad (2.34)$$

где ϑ - расстояние между точкой наматывания M и траекторией движения точки раскладки K нитеводителя; v и β_0 - скорость и угол раскладки наматываемой нити; α_1 - угол подъема винтового паза кулачка раскладки.

Следовательно, длина дуги окружности, соответствующей участку реверса кулачка раскладки

$$\chi_0 = r_1 \omega_1 t_{\text{пов}} = \frac{2\vartheta r_1 \omega_1}{v \cos \beta_0}.$$

Так как $\sin \beta_0 = \frac{r_1 \omega_1 \operatorname{tg} \alpha_1}{v}$,

то

$$r_1 \omega_1 = \frac{v \sin \beta}{\operatorname{tg} \alpha_1},$$

а

$$\chi_0 = \frac{2\vartheta \operatorname{tg} \beta_0}{\operatorname{tg} \alpha_1};$$

$$0 \leq \chi \leq \chi_0.$$

Радиус кривизны цилиндрической синусоиды

$$\rho_2 = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{y''} = \frac{\left\{1 + \left[\operatorname{tg} \alpha_1 \cos\left(\frac{\pi \chi}{\chi_0}\right)\right]^2\right\}}{-\pi \operatorname{tg} \alpha_1 \sin\left(\frac{\pi \chi}{\chi_0}\right)} \chi_0^{3/2}. \quad (2.35)$$

Минимальное значение ρ_2 цилиндрической синусоиды имеет место в ее вершине, т.е. в точке, которой соответствует $\chi = \frac{\chi_0}{2}$.

Следовательно,

$$\rho_{2\min} = \frac{\chi_0}{\pi \operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{2 \operatorname{tg} \beta_0}{\pi \operatorname{tg}^2 \alpha_1}.$$

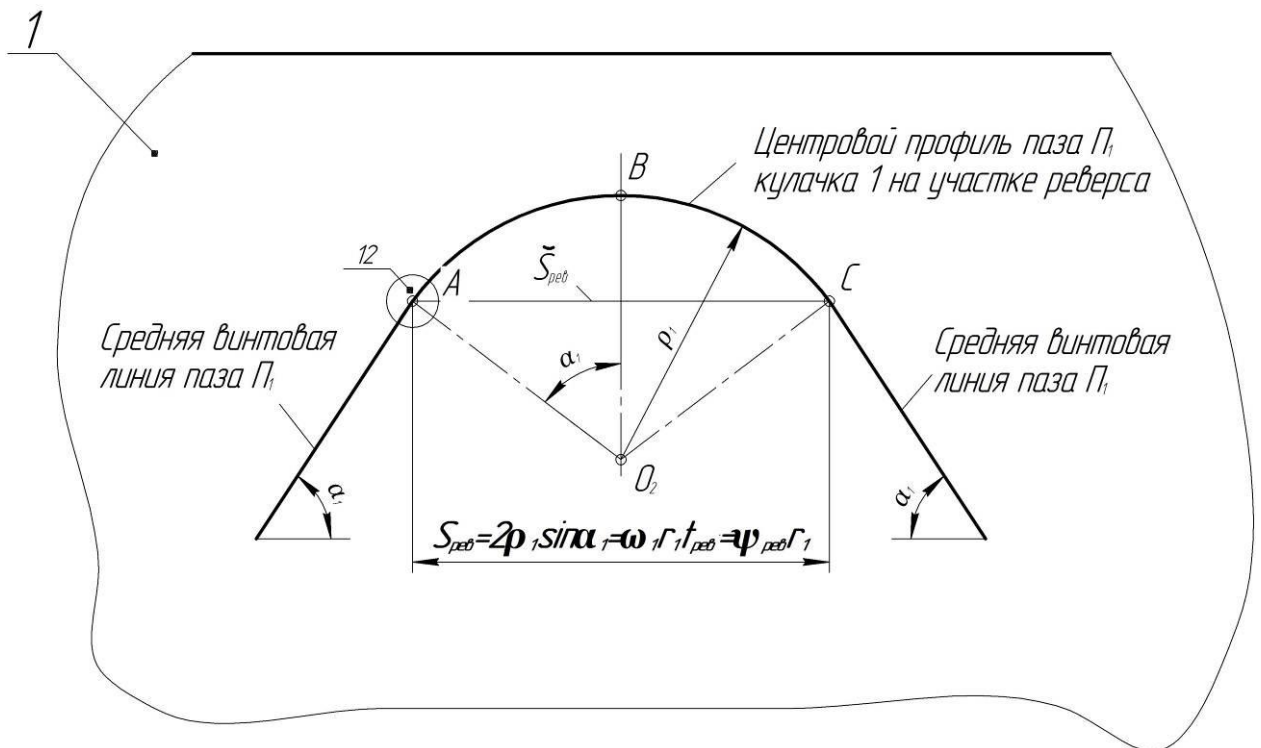


Рисунок 2.23. Схема к определению времени $t_{\text{реб}}$ реверсирования нитеводительной каретки 10 (пальца 12) по развертке кулачка раскладки 1 по образующей; ABC – цилиндрическая дуга окружности радиуса ρ_1 ;

α_1 – угол подъема средней линии винтового участка паза Π_1 ; $\omega_1 r_1 = \frac{\omega_1 d_1}{2}$ –

окружная скорость кулачка раскладки

Используя исходные данные (таблица 2.2) находим:

- скорость точки наматывания M вдоль образующей цилиндрического тела намотки при $d_1 = const$ и $\beta_0 = const$

$$V_m = V_k = V \sin \beta_0 = 2E_1 n_1 = 2H n_1; \quad (2.36)$$

- частоту вращения и угловую скорость кулачка раскладки

$$n_1 = \frac{V \sin \beta_0}{2H};$$

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{\pi V \sin \beta_0}{60H};$$

- угол $\psi_{рев}$, соответствующий участку реверса центрального профиля кулачка раскладки:

$$\psi_{рев} = \omega_1 t_{рев} = \frac{\pi V t_{рев} \sin \beta_0}{60H}; \quad (2.37)$$

где $t_{рев} = \frac{2\epsilon}{V \cos \beta_0} = 0,017c$ - время реверса нитеводителя [45]; $\epsilon \approx 20mm$ -

расстояние между точкой наматывания M и траекторией движения точки раскладки K ;

- наружный диаметр цилиндрического кулачка раскладки

$$d_1 = \frac{A}{\cos \frac{\psi_{рев}}{2}} - 2(\Delta_1 + c_1); \quad (2.38)$$

- расстояние между осью вращения O_1 кулачка раскладки и прямой, соединяющей оси нитеводительных штанг,

$$h_u = \frac{A}{2} \operatorname{tg} \frac{\psi_{рев}}{2}; \quad (2.39)$$

- угол подъема винтового паза Π_1 кулачка раскладки

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{2V \sin \beta_0}{\omega_1 d_1}; \quad (2.40)$$

- радиус дуги сопряжения средних винтовых линий паза Π_1

$$\rho_1 = \frac{\omega_1 d_1 t_{\text{pec}}}{4 \sin \alpha_1};$$

- длину дуги центрального профиля паза Π_1 на участке реверса

$$s = 2\rho_1 \sin \alpha_1;$$

- эксцентриситет кулачка раскладки

$$E_1 \approx H;$$

- угловую скорость кулачка раскладки

$$\omega_1 = \frac{2V \sin \beta_0}{d_1 \operatorname{tg} \alpha_1};$$

- относительную угловую скорость рассеивающего кулачка 2

$$\omega_{2\text{отн}} = \frac{\omega_1}{\Omega};$$

угол наклона средней линии винтового паза Π_3

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{2V \sin \beta_{\text{дон}}}{\omega_{2\text{отн}} d_2 \operatorname{tg} \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_2}.$$

При проектировании кулачка раскладки принимаем $h_{\text{ш}} = 40 \text{ мм}$. В этом случае наружный диаметр кулака раскладки находим из равенства

$$\left[\frac{d_1}{2} + (\Delta_1 + c_1) \right]^2 = h_{\text{ш}}^2 + \frac{A^2}{4};$$

Ширину b_{Π_1} и глубину h_{Π_1} паза Π_1 кулачка раскладки принимаем равными 30 мм. Радиус мыска рабочего профиля кулачка раскладки:

$$\rho_{\text{м}} = \rho_1 - \frac{b_{\Pi_1}}{2}.$$

Толщину δ_1 стенки кулачка раскладки принимаем равной 35 мм, а толщину перемычки δ_{Π} можно брать равной 10...12 мм.

При этих данных диаметр осевого отверстия кулачка раскладки

$$d_{1вн} = d_1 - 2\delta_1.$$

Результаты расчетов представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Значения полученных параметров при проектировании кулачка раскладки.

Наименование исходного параметра	Обозначение и размерность	Значение
Зазор между кулачком 1 и кареткой 10	$\Delta_1, мм$	2...3
Половина толщины каретки 10	$c_1, мм$	10
Наружный диаметр нитеводительной штанги 7 трубчатого сечения	$d_{ш}, мм$	40
Ширина паза Π_1 кулачка раскладки	$b_{\Pi_1}, мм$	30
Глубина паза Π_1 кулачка раскладки	$h_{\Pi_1}, мм$	30
Толщина стенки кулачка раскладки	$\delta_1, мм$	35
Толщина перемычки кулачка раскладки	$\delta_{\Pi}, мм$	10...12
Скорость точки наматывания M вдоль образующей цилиндрического тела намотки при $d_1 = const$ и $\beta_0 = const$	$V_M, м/с$	0,52
Угловая скорость кулачка раскладки	$\omega_1, с^{-1}$	14,8
Частота вращения и угловую скорость кулачка раскладки	$n_1, мин^{-1}$	142
Угол, соответствующий участку реверса центрального профиля кулачка раскладки	$\psi_{рев}, град$	14,42
Время реверса нитеводителя	$t_{рев}, с$	0,017
Расстояние между точкой наматывания M и траекторией движения точки раскладки	$e, мм$	20
Наружный диаметр цилиндрического кулачка раскладки	$d_1, мм$	305
Продолжение на след. странице		

Продолжение таблицы 2.3		
Наименование исходного параметра	Обозначение и размерность	Значение
Расстояние между осью вращения O_1 кулачка раскладки и прямой, соединяющей оси нитеводительных штанг	$h_{ш}, мм$	22
Угол подъема винтового паза $П_1$ кулачка раскладки	$\alpha_1, град$	12,12
Радиус дуги сопряжения средних винтовых линий паза $П_1$	$\rho_1, мм$	90
Длина дуги центрального профиля паза $П_1$ на участке реверса	$s, мм$	41
Эксцентриситет кулачка раскладки	$E_1, мм$	110
Относительная угловая скорость рассеивающего кулачка 2	$\omega_{2отн}, с^{-1}$	2,44
Угол наклона средней линии винтового паза $П_3$	$\lambda, град$	25
Радиус мыска рабочего профиля кулачка раскладки	$\rho_m, мм$	82
Диаметр осевого отверстия кулачка раскладки	$d_{1ен}, мм$	285

Для полученных размеров кулачка раскладки были проведены расчеты по определению кинематических параметров механизма раскладки с рассеивающим устройством при радиусном и синусоидальном сопряжении витков паза кулачка раскладки по методикам, описанным в [45,65].

Результаты расчета максимальных значений ускорений нитеводителя во время его реверса при радиусном сопряжении и синусоидальном сопряжении средних винтовых линий паза кулачка раскладки приведены в таблице 2.4. и на графиках (рисунки 2.24 и 2.25).

Таблица 2.4. Максимальные значения ускорения нитеводителя во время его реверса

Скорость наматыва- ния, <i>м/мин</i>	Максимальные значения ускорения нитеводителя во время его реверса, $м/с^2$, при сопряжении винтовых линий													
	синусоидальной кривой							по радиусу окружности						
	и номинальном угле раскладки β_0 , град													
	5°	10°	12°	14°	15°	20°	25°	5°	10°	12°	14°	15°	20°	25°
50	3,15	6,21	7,39	8,53	9,09	11,68	13,92	1,39	5,50	7,89	10,68	12,22	21,35	32,59
75	7,10	13,99	16,63	19,20	20,45	26,29	31,33	3,12	12,38	17,75	24,03	27,50	48,03	73,33
100	12,62	24,87	29,57	34,14	36,36	46,74	55,71	5,54	22,01	31,55	42,72	48,90	85,39	130,37
125	19,73	38,86	46,21	53,34	56,81	73,03	87,04	8,66	34,39	49,30	66,75	76,40	133,42	203,70
150	28,41	55,96	66,55	76,81	81,81	105,17	125,34	12,48	49,52	71,00	96,12	110,02	192,12	293,34
175	38,67	76,17	90,58	104,55	111,35	143,15	170,60	16,98	67,41	96,63	130,83	149,75	261,50	399,26
200	50,51	99,49	118,3	136,31	145,44	186,97	222,83	22,18	88,04	126,21	170,88	195,59	341,55	521,49

По результатам расчетов максимальных ускорений кулачка раскладки во время его реверса при синусоидальном сопряжении средних винтовых линий паза кулачка раскладки и при сопряжении винтового паза кулачка раскладки на участке реверса дугой окружности в зависимости от угла наклона витков нити на паковке и скорости наматывания были получены графические зависимости, представленные на рисунках 2.24 и 2.25

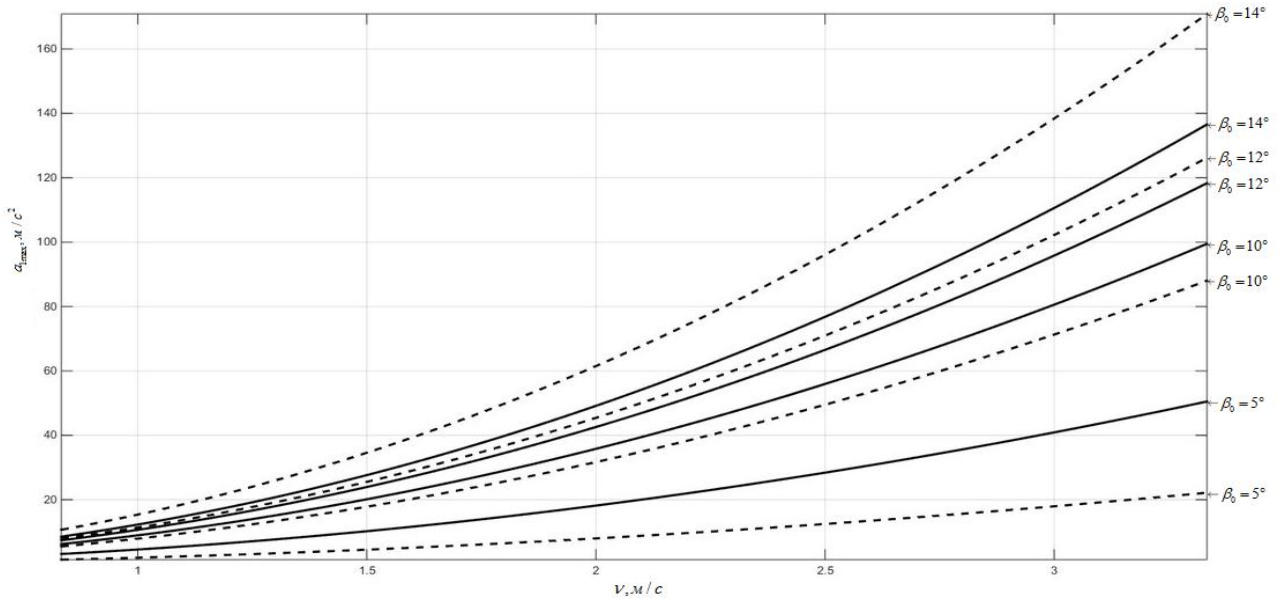


Рисунок 2.24. Максимальные значения ускорения в зависимости от скорости наматывания V и номинального угла раскладки β_0 нити на паковк

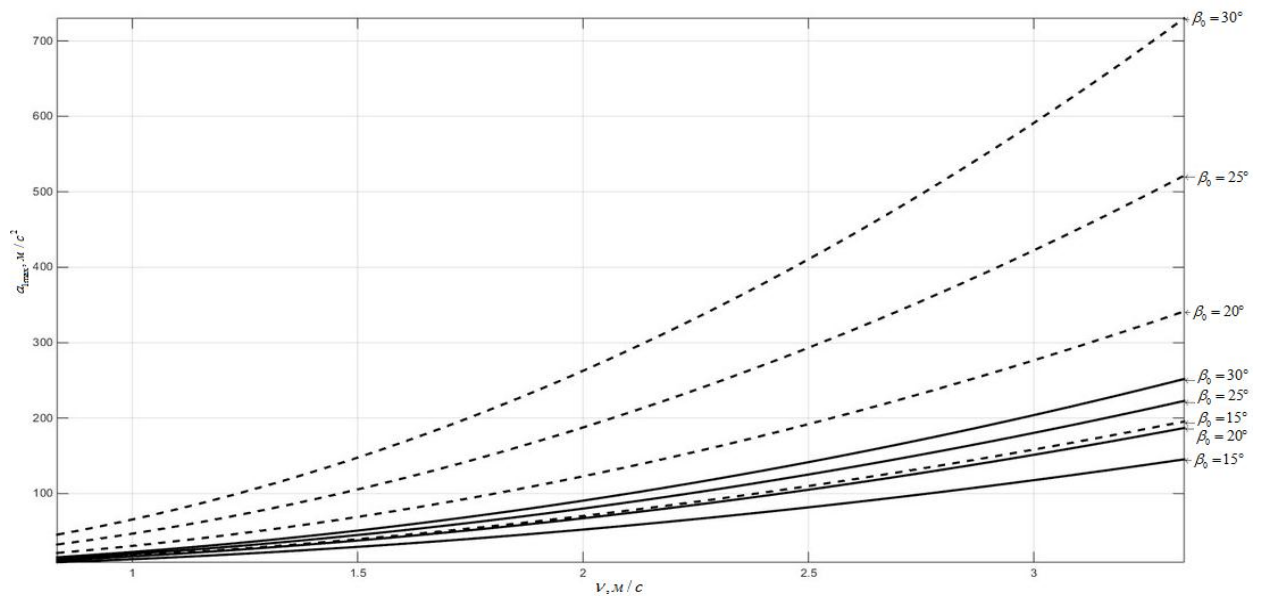


Рисунок 2.25. Максимальные значения ускорения в зависимости от скорости наматывания v и номинального угла раскладки β_0 нити на паковке

Анализ полученных значений максимальных ускорений нитеводителя подтверждают, что при сопряжении винтовых линий паза кулачка раскладки по цилиндрической дуге окружности радиуса ρ максимальные ускорения нитеводителя превосходят значения максимальных ускорений при сопряжении винтовых линий по цилиндрической синусоиде. Чем больше скорость наматывания, тем значительнее разница в значениях максимальных ускорений. Поэтому при проектировании цилиндрического кулачка раскладки необходимо стремиться к уменьшению угла подъема винтового паза, а рабочий профиль кулачка на участке реверса выполнять по цилиндрической синусоиде.

Однако, при проектировании механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа, предназначенного для намотки нитей с небольшими скоростями наматывания (до 150 м/мин), паз кулачка раскладки на участке сопряжения средних винтовых линий противоположных направлений на участке реверса проще и дешевле выполнять по цилиндрической дуге окружности радиуса ρ , т.к. разница в величинах максимальных ускорений нитеводителя при двух различных конфигурациях составляет 3%, что является незначительной величиной

Паз, выполненные по цилиндрической синусоиде, целесообразно применять, если кулачок раскладки с рассеивающим устройством необходимо применять для намотки нитей со скоростями более 150 м/мин.

2.4.2 Проектирование промежуточного барабана механизма рассеивания

Барабан 6 (рисунок 2.26) предназначен для передачи основного вращения кулаку раскладки от ведущего вала I и дополнительного вращения тому же кулачку от рассеивающего устройства.

Наружный диаметр цилиндрической обечайки барабана 6 (рисунок 2.26)

$$d_6 = d_{16н} - 2\Delta_2$$

где Δ_2 – радиальный круговой зазор между кулачком раскладки и барабаном 6.

Диаметр осевого отверстия цилиндрической обечайки барабана 6

$$d_{6вн} = d_6 - 2\delta_6$$

где δ_6 – толщина стенки обечайки барабана 6.

Длина барабана 6

$$l_6 = E_2 + l_k + 2(\epsilon_6 + c_6 + \Delta_3) + l_{cm}$$

где E_2 - эксцентриситет рассеивающего кулачка 2; l_k - длина каретки; ϵ_6 – толщина фланца; c_6 - толщина перемычки; Δ_3 – зазор между перемычкой и крайним положением каретки; $l_{cm} \approx$ длина ступицы фланца.

Размеры прямого меридионального прямого сквозного паза $П_4$ выбирают в зависимости от размеров каретки 4 и эксцентриситета E_2 рассеивающего кулака 2. Результаты расчетов представлены в таблице. 2.5.

Таблица 2.5. Значения полученных параметров при проектировании промежуточного барабана

Наименование исходного параметра	Обозначение и размерность	Значение
Наружный диаметр цилиндрической обечайки барабана 6	$d_6, мм$	285
Радиальный круговой зазор между кулачком раскладки и барабаном 6	$\Delta_2, мм$	2,5
Диаметр осевого отверстия цилиндрической обечайки барабана 6	$d_{6вн}, мм$	220
Толщина стенки обечайки барабана 6	$\delta_6, мм$	30
Длина каретки	$l_k, мм$	100
Толщина фланца	$\epsilon_6, мм$	10
Толщина перемычки	$c_6, мм$	20..25
Зазор между перемычкой и крайним положением каретки	$\Delta_3, мм$	3..5

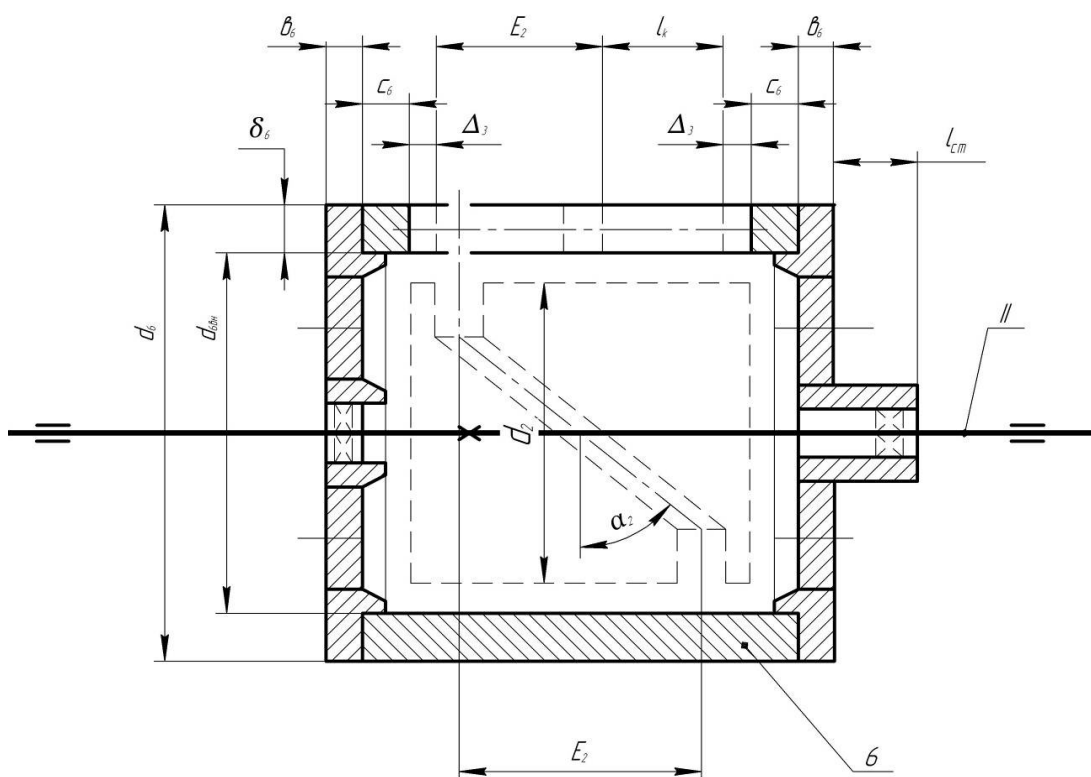


Рисунок 2.26. Схема к проектированию промежуточного барабана б:

d_6 – наружный диаметр цилиндрической обечайки барабана б; $d_{6вн}$ – диаметр осевого отверстия цилиндрической обечайки барабана б; δ_6 – толщина стенки обечайки барабана б; l_k – длина каретки; b_6 – толщина фланца; c_6 – толщина перемычки; Δ_3 – зазор между перемычкой и крайним положением каретки; d_2 – диаметр рассеивающего кулачка; α_2 – угол наклона паза рассеивающего кулачка; E_2 – эксцентриситет рассеивающего кулачка; l_{cm} – длина ступицы

2.4.3 Проектирование рассеивающего кулачка

Наружный диаметр цилиндрического рассеивающего кулачка 2 (рисунок 2.27)

$$d_2 = d_{6вн} - 2\Delta_6,$$

где Δ_6 – радиальный кольцевой зазор между обечайкой барабана 6 и рассеивающим кулачком 2.

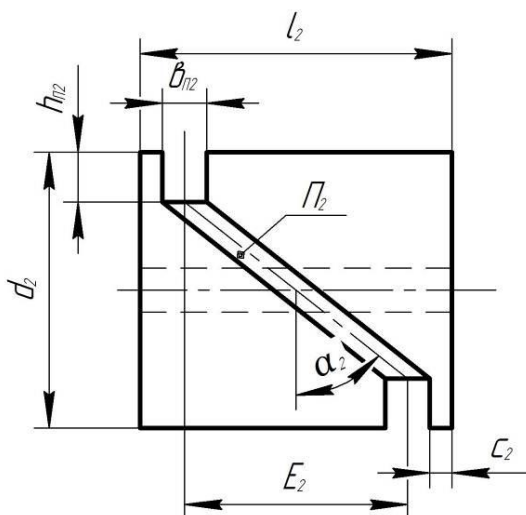


Рисунок 2.27. Схема к проектированию рассеивающего кулачка:

d_2 – диаметр рассеивающего кулачка; α_2 – угол наклона паза рассеивающего кулачка; E_2 – эксцентриситет рассеивающего кулачка; l_2 – длина рассеивающего кулачка 2; $b_{П_2}$ – ширина винтового паза $П_2$ кулачка 2; $h_{П_2}$ – глубина винтового паза $П_2$ кулачка 2

Используя результаты аналитических исследований рассеивающих устройств, принимаем $\beta_{дон} = 0,2^\circ$, а цикл рассеивания $Ц = 6,391$. При этих данных относительная угловая скорость рассеивающего кулачка

$$\omega_{2отн} = \frac{\omega_1}{Ц}, \quad (2.41)$$

а произведение

$$tg \lambda tg \alpha_2 = \frac{2V \sin \beta_{дон}}{\omega_{2отн} d_2 tg \alpha_1}.$$

Приняв в первом варианте $tg \lambda = tg \alpha_2$, находим $\lambda = \alpha_2 = 23^\circ$ и эксцентриситет рассеивающего кулачка 2

$$E_2 = \frac{\pi d_2 \operatorname{tg} \alpha_2}{2}.$$

При проектировании механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа принимаем

$$E_2 = E_1$$

В этом случае угол подъема средней линии винтового паза Π_2 рассеивающего кулачка 2

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{2E_2}{\pi d_2}. \quad (2.42)$$

Ширину b_{Π_2} и глубину h_{Π_2} винтового паза Π_2 кулачка 2 принимаем равными 25 мм, а радиус кривизны рабочего профиля мыска кулачка $\rho_m = 3,5 \text{ мм}$. Следовательно, радиус цилиндрической дуги сопряжения средних винтовых линий паза Π_2

$$\rho_2 = \frac{b_{\Pi_2}}{2} + \rho_m,$$

а время реверса нитеводителя (каретки 4 с пальцем 3)

$$t_{\text{рев}} = \frac{4\rho_2 \sin \alpha_2}{\omega_{2\text{омн}} d_2}. \quad (2.43)$$

Длина рассеивающего кулачка 2

$$l_2 = E_2 + b_{\Pi_2} + 2c_2,$$

где c_2 – толщина перемычки кулачка 2.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6. Значения полученных параметров при проектировании рассеивающего кулачка

Наименование исходного параметра	Обозначение и размерность	Значение
Наружный диаметр цилиндрического рассеивающего кулачка 2	$d_2, мм$	215
Радиальный кольцевой зазор между обечайкой барабана 6 и рассеивающим кулачком 2.	$\Delta_6, мм$	2,5
Цикл рассеивания	\mathcal{C}	6,391
Относительная угловая скорость рассеивающего кулачка	$\omega_{2отн}, с^{-1}$	2,44
Эксцентриситет рассеивающего кулачка 2	$E_2, мм$	110
Угол подъема средней линии винтового паза Π_2 рассеивающего кулачка 2	$\alpha_2, град$	18°
Ширина винтового паза Π_2 кулачка 2	$b_{\Pi_2}, мм$	25
Глубина винтового паза Π_2 кулачка 2	$h_{\Pi_2}, мм$	25
Радиус кривизны рабочего профиля мыска кулачка	$\rho_m, мм$	3,5
Радиус цилиндрической дуги сопряжения средних винтовых линий паза Π_2	$\rho_2, мм$	16
Время реверса нитеводителя	$t_{рев}, с$	0,037
Длина рассеивающего кулачка 2	$l_2, мм$	155
Толщина перемычки кулачка 2.	$C_2, мм$	10

2.4.4 Проектирование каретки

Проектируемый механизм раскладки одновременно сообщает движение двум нитеводительным штангам длиной 10...12 м каждая, то средние габаритные размеры каретки (рисунок 2.28) можно брать в пределах:

длину каретки

$$100 \leq l_{кар} \leq 120 \text{ мм};$$

межосевое расстояние направляющих каретки

$$75 \leq A_{кар} \leq 80 \text{ мм}.$$

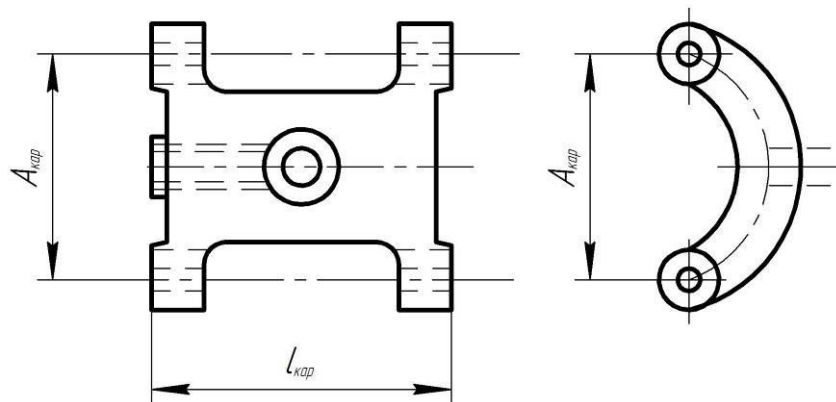


Рисунок 2.28. Схема к проектированию нитеводительной каретки:

$l_{кар}$ - длина каретки; $A_{кар}$ - межосевое расстояние направляющих каретки

Основные параметры разработанного механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7. Основные параметры разработанного механизма раскладки с рассеивающим кулачком

Наименование параметра механизма раскладки	Обозначение и размерность	Значение
Наружный диаметр кулачка раскладки	$d_1, мм$	305
Диаметр осевого отверстия кулачка раскладки	$d_{1вн}, мм$	285
Длина кулачка раскладки	$l_1, мм$	350
Эксцентриситет кулачка раскладки	$E_1, мм$	110
Угол подъема винтового замкнутого паза Π_1 кулачка раскладки	$\alpha_1, град$	12,12
Угол наклона средней линии сквозного незамкнутого винтового паза Π_3 кулачка раскладки	$\lambda, град$	25
Наружный диаметр барабана 6	$d_6, мм$	280
Диаметр осевого отверстия барабана 6	$d_{6вн}, мм$	220
Длина барабана 6	$l_6, мм$	300
Наружный диаметр рассеивающего кулачка	$d_2, мм$	215
Длина рассеивающего кулачка	$l_2, мм$	155
Эксцентриситет рассеивающего кулачка	$E_2, мм$	110
Угол подъема винтового паза Π_2 рассеивающего кулачка	$\alpha_2, град$	18
Длина каретки 3	$l_{кар}, мм$	100
Ширина каретки 3	$b_{кар}, мм$	85
Толщина каретки 3	$\delta_{кар}, мм$	30
Цикл рассеивания навиваемых витков	ζ	6,391

2.5 Индивидуальный привод нитеводительной штанги

Разработанный механизм раскладки с рассеивающим устройством может устанавливаться на одну машину и сообщать движение сразу двум нитеводительным штангам. Если расстояние между нитеводительными штангами $A_1 > 350$ мм, то целесообразней каждую нитеводительную штангу приводить в движение с помощью отдельного кулачка раскладки, жестко связанного кинематически с другим кулачком раскладки, сообщаемым движение второй нитеводительной штанге; расположенной на противоположной стороне той же машины. В этом случае только один кулачок раскладки имеет в своем приводе рассеивающее устройство. Оба кулачка раскладки следует размещать в одной корпусной коробке и при проектировании кулачков выполнять условие:

$$\frac{\omega_1 d_1 \operatorname{tg} \alpha_1}{2} = \frac{\omega_1 d_1^* \operatorname{tg} \alpha_1^*}{2} = v \sin \beta_0 = \operatorname{const}, \quad (2.44)$$

где d_1^* и α_1^* - наружный диаметр и угол подъема средней линии винтового паза Π_1^* второго кулачка раскладки, не имеющего в своем приводе рассеивающего устройства, причем

$$d_1^* \operatorname{tg} \alpha_1^* = \frac{2v \sin \beta_0}{\omega_1} = \operatorname{const}.$$

Угол α_1^* кулачка раскладки, сообщаемого движение одной нитеводительной штанге можно доводить до $25^\circ \dots 30^\circ$.

Методика проектирования механизма раскладки с кулачковым рассеивающим устройством, сообщаемым движение одной нитеводительной штанге, аналогична изложенной выше, за исключением методики определения наружного диаметра d_1 кулачка раскладки. В этом случае диаметр d_1 кулачка раскладки следует определять, исходя из

конструктивных соображений с учетом наружного диаметра d_2 рассеивающего кулачка.

Используя исходные данные на проектирование механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа и задаваясь углом $\alpha_2 = 30^\circ$ и эксцентриситетом $E_2 = E_1$ рассеивающего кулачка, последовательно находим наружный диаметр цилиндрического кулачка раскладки

$$d_2 = \frac{2E_2}{\pi \operatorname{tg} \alpha_2};$$

внутренний диаметр осевого отверстия промежуточного барабана 6

$$d_{6\text{вн}} = d_2 + 2\Delta_2,$$

наружный диаметр цилиндрического барабана 6

$$d_6 = d_{6\text{вн}} + 2\delta_2;$$

диаметр осевого отверстия цилиндрического кулачка раскладки 1

$$d_{1\text{вн}} = d_6 + 2\Delta_1;$$

наружный диаметр кулачка раскладки

$$d_1 = d_{1\text{вн}} + 2\delta_1;$$

угол подъема средней линии винтового паза Π_1 кулачка раскладки

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{2E_1}{\pi d_1};$$

Кинематическую связь между кулачком раскладки целесообразнее осуществлять с помощью цепной передачи.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8. Значения полученных параметров для механизма раскладки

Наименование параметра механизма раскладки	Обозначение и размерность	Значение
Угол подъема винтового паза Π_2 рассеивающего кулачка	$\alpha_2, \text{град}$	18
Эксцентриситет механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа	$E_2, \text{мм}$	110
Наружный диаметр цилиндрического кулачка раскладки	$d_2, \text{мм}$	215
Внутренний диаметр осевого отверстия промежуточного барабана 6	$d_{\text{вн}}, \text{мм}$	220
Наружный диаметр цилиндрического барабана 6	$d_6, \text{мм}$	280
Диаметр осевого отверстия цилиндрического кулачка раскладки 1	$d_{1\text{вн}}, \text{мм}$	285
Наружный диаметр кулачка раскладки	$d_1, \text{мм}$	305
Угол подъема средней линии винтового паза Π_1 кулачка раскладки	$\alpha_1, \text{град}$	12°

2.6 Силовой расчет кулачка раскладки

Силовой расчёт нитеводителя каретки 2 (рисунок 2.29). Нитеводительная каретка 2 с жёстко закреплённой на ней нитеводительной штангой 6 является ведомым звеном механизма раскладки. Каретка 2 перемещается по двум неподвижным параллельным направляющим 1 и 5, одна из которых 1 имеет круглое сечение, а вторая 5 (на рисунке не изображена) – с двумя лысками с противоположных сторон, предназначена для устранения вращения каретки 2 вокруг круглой направляющей 1. Жёсткое крепление многоопорной нитеводительной штанги с кареткой делает эту систему статически неопределённой и крайне нежелательной, так

как такие движущиеся системы требуют точного изготовления, монтажа и тщательного ухода. В первую очередь, ось нитеводительной штанги должна быть параллельна осям направляющих каретки, а каретка с жёстко закреплённым пальцем – весьма точно установлена по отношению к кулачку раскладки. Кроме этого, способ крепления нитеводительной штанги на каретке должен позволять при наладке механизм некоторую корректировку места крепления штанги с целью устранения перекоса последней и ее самоторможения.

При выполнении этих условий можно при условном расчете каретки 2 считать, что нитеводительная штанга 6 свободно лежит на опорах и движется без зацепления в них.

Кулачок раскладки 3, воздействуя на палец 7, сообщает нитеводительной каретке 2 возвратные движения с заданным размахом и заданным кинематическим законом.

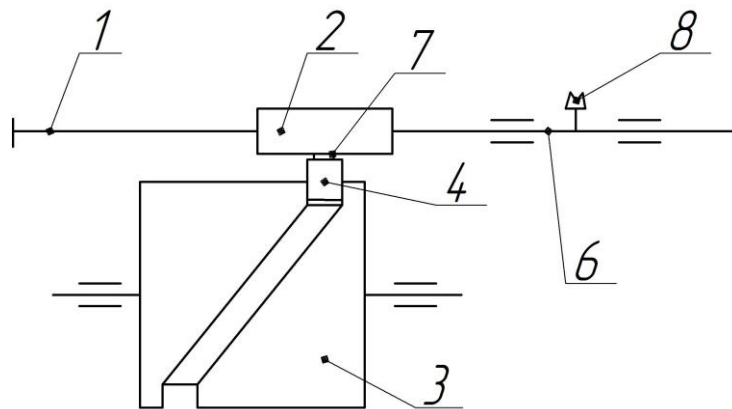


Рисунок 2.29. Схема к силовому расчету нитеводителя каретки

1 – направляющая; 2 – нитеводительная каретка, 3 – кулачок раскладки, 4 – ролик, 6 – нитеводительная штанга, 7 – палец; 8 – нитеводитель

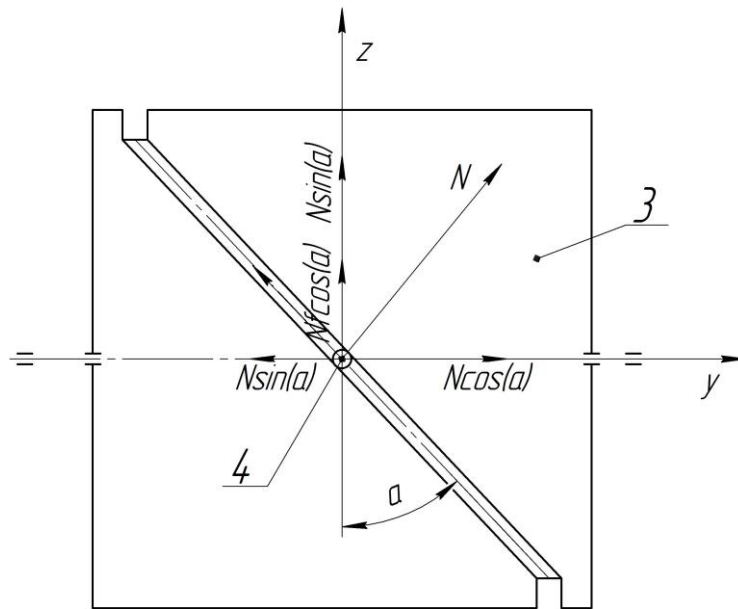


Рисунок 2.30. Расчетная схема к силовому расчету нитеводителя:

3– кулачок раскладки, 4 – ролик; a – угол наклона паза кулачка раскладки 3

В точке контакта ролика 4 с рабочей стенкой паза кулачка раскладки 3 действует движущая сила R , продлевающая инерционные силы нитеводительной штанги и каретки, а также все механические силы сопротивления, возникающие в опорах штанги и каретки (рисунок 2.30).

Рассмотрим самый неблагоприятный случай, когда ролик 4 скользит в пазу и не вращается. В этом случае движущая сила R состоит из двух составляющих N и $F = Nf$, причём

$$R = \sqrt{N^2 + F^2} = N\sqrt{1 + f^2},$$

где N – нормальная сила между роликом 4 и рабочей стенкой паза;

F – сила трения между роликом 4 и рабочей стенкой паза;

$f = 0,10 \dots 0,12$ – коэффициент трения скольжения между роликом 4 и рабочей стенкой паза.

Максимальное значение силы R будет в момент реверса каретки, когда суммарная сила инерции штанги 6 и каретки 2 максимальна.

Силы, действующие на нитеводительную каретку 2:

$Q_6 = U_6 + F_6 + T_6$ сопротивления движению каретки со стороны нитеводительной штанги,

где $U_6 = G_6 \cdot a_6 / g$ - сила инерции нитеводительной штанги весом G_6 , движущейся с ускорением a_6 ;

$F_6 = G_6 \cdot f_6$ - сила трения скольжения в опорах штанги при коэффициенте трения скольжения движения $f_4 = 0,15 \dots 0,20$;

T_6 - сила сопротивления движению каретки со стороны наматываемых нитей;

$U_2 = G_2 \cdot a_6 / g$ - сила инерции каретки 2 весом G_2 (g - ускорение свободного падения);

R_1, R_2, R_3 - реакции в опорах каретки 2, причём:

$$R_1 = \sqrt{R_{1x}^2 + R_{1y}^2 + R_{1z}^2};$$

$$R_2 = \sqrt{R_{2x}^2 + R_{2y}^2 + R_{2z}^2};$$

$$R_3 = \sqrt{R_{3x}^2 + R_{3y}^2 + R_{3z}^2}$$

Проектируя все силы, действующей на каретку 2, на оси x, y, z , получим (рисунок 2.31)

$$N_y = N \cos \alpha;$$

$$N_z = N \sin \alpha;$$

$$F_y = F \sin \alpha = N f \sin \alpha;$$

$$F_z = F \cos \alpha = N f \cos \alpha.$$

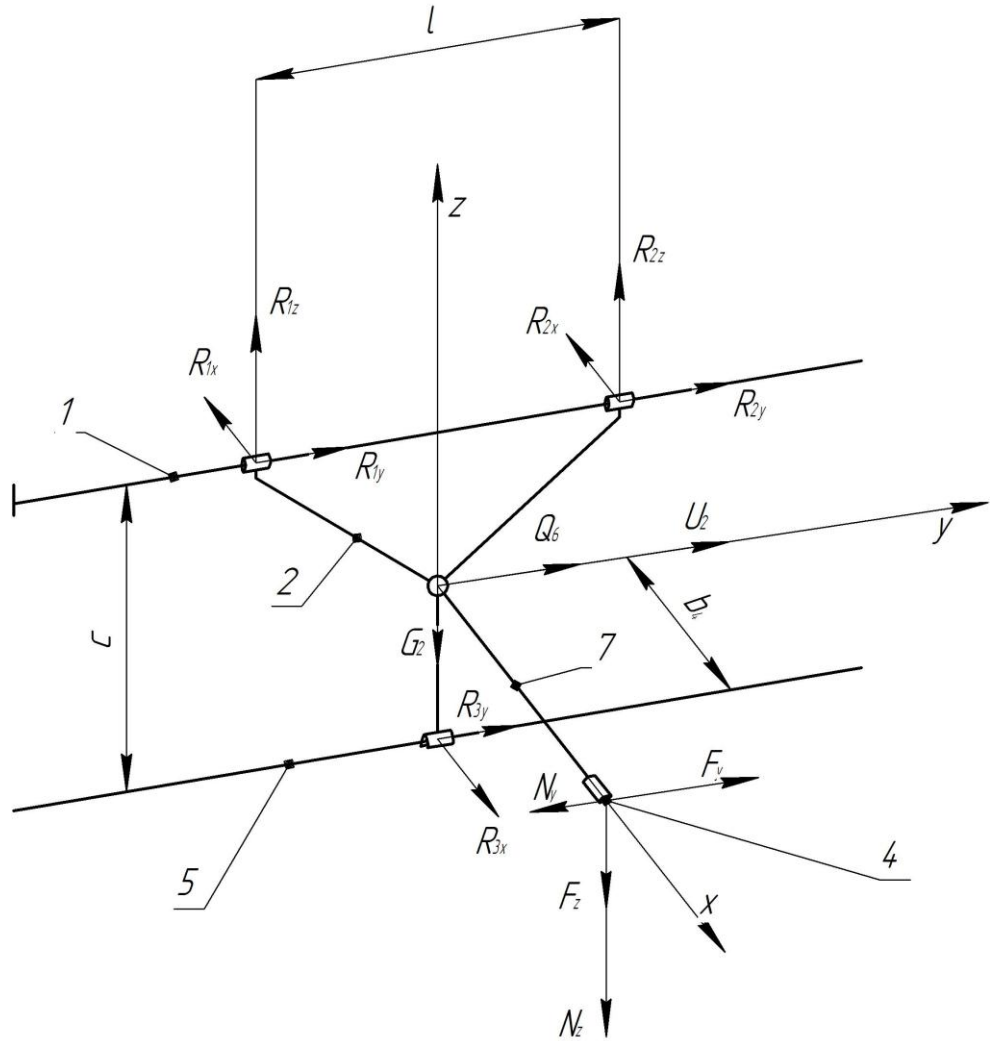


Рисунок 2.31. Схема к силовому расчету каретки нитеводителя:
 1,5 – направляющие; 2 – нитеводительная каретка; 4 – ролик; 7 – палец;
 l – расстояние между опорами; c – расстояние между
 направляющими каретки

Уравнения равновесия каретки 2 запишем в виде:

$$\sum F_x = 0;$$

$$R_{1x} - R_{2x} + R_{3x} = 0$$

$$\sum F_y = 0;$$

$$Q_6 + U_2 + R_{1y} + R_{2y} + R_{3y} + F_y - N_y = 0$$

$$\sum F_z = 0;$$

$$R_{Iz} + R_{2z} - G_2 - N_z - F_z = 0$$

$$\sum M_x = 0;$$

$$(-R_{Iz} + R_{2z})l / 2 + (R_{3y} - R_{Iy} - R_{2y})c / 2 = 0$$

$$\sum M_y = 0;$$

$$(-R_{Ix} - R_{2x} + R_{3x})c / 2 - N_z b_4 - F_z b_4 = 0$$

$$\sum M_z = 0;$$

$$(-R_{Ix} + R_{2x})c / 2 - N_y b_4 + F_y b_4 = 0$$

Дополнительные силовые связи:

$$N = R_{3x} f; R_{1y} = f \sqrt{R_{1x}^2 - R_{1z}^2}; R_{2y} = f \sqrt{R_{2x}^2 - R_{2z}^2},$$

где $f = 0,10 \dots 0,15$ – коэффициент трения скольжения в опорах каретки 2.

В первом приближении при силовом расчёте можно пренебрегать из-за малости силами трения скольжения в опорах каретки 2, т.е. принимать силы $R_{1y} = R_{2y} = R_{3y} = 0$.

Максимальные нагрузки на кулачок раскладки возникают во время одновременного реверсирования обеих нитеводительных штанг [45]. В разработанном механизме раскладки с рассеивающим устройством исключено одновременное реверсирование штанг. Следовательно, во время реверсирования нитеводительной штанги на кулачок раскладки со стороны пальца с роликом действует сила инерции $F^{ин}$

$$F^{ин} = (m_{ш} + m_{кар}) \frac{\omega_1^2 d_1^2}{4\rho_1 \cos^3 \alpha_1}, \quad (2.45)$$

где ω_1 – номинальная угловая скорость кулачка раскладки; d_1 – наружный диаметр кулачка раскладки; ρ_1 – радиус цилиндрической дуги сопряжения средних винтовых линий паза Π_1 кулачка раскладки на участке реверса; α_1 – угол подъема средней линии винтового паза Π_1 .

Для спроектированного механизма определим зависимости силы инерции и угловой скорости кулачка раскладки от угла подъема витков и скорости наматывания. Результаты расчета, представленным в таблице 2.9, и на графиках рис 2.32.

Таблица 2.9. Зависимость силы инерции $F^{ин}$ от скорости наматывания в момент смены направления движения нитеводителя

Скорость наматы- вания, <i>м/мин</i>	Значения силы инерции $F^{ин}$, <i>H</i> при номинальном угле раскладки β_0 , град						
	5°	10°	12°	14°	15°	20°	25°
50	15,76	31,05	36,50	42,5	45,45	58,4	69,9
75	35,60	69,95	83,00	96	102,45	131,45	156,65
100	63,00	124,95	147,85	170,7	181,8	233,7	278,55
125	98,5	194,3	231,05	266,75	284,85	365,15	423,2
150	142,00	279,8	332,75	384,1	409,05	525,85	627,6
175	193,5	380,85	452,90	522,8	556,8	715,8	853
200	295	497,45	591,95	682,2	727,2	934,9	1114

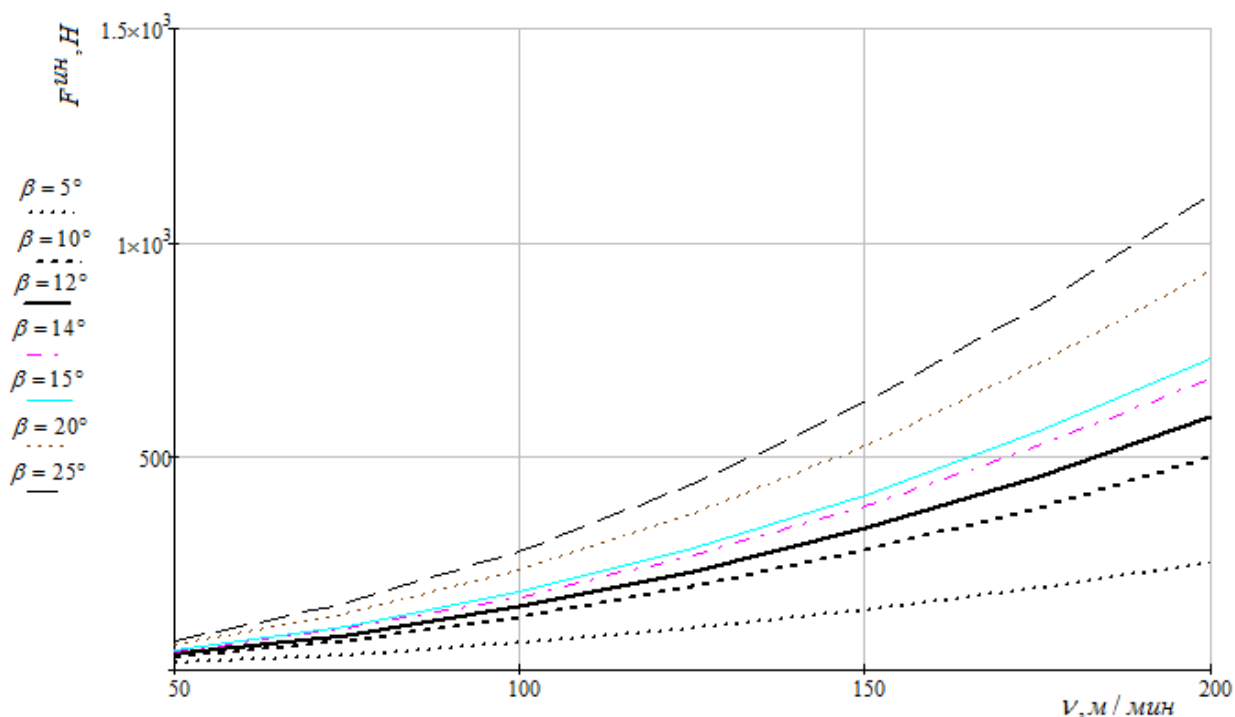


Рисунок 2.32. Графическая зависимость силы инерции $F^{ин}$ от скорости наматывания V в момент смены направления движения нитеводителя при различных значениях номинального угла раскладки β

В зоне контакта ролика с рабочим профилем кулачка раскладки от силы $F^{ин}$ возникает напряжение сдвига τ . При коэффициенте трения скольжения f_{pk} между роликом и рабочим профилем кулачка раскладки [45]

$$\tau = 0,145 \sqrt{\frac{qE_{np}}{\rho_{np}}} \leq [\tau], \quad (2.46)$$

где $q = \frac{F^{ин}}{l_p}$ - удельная нагрузка; l_p - длина контактной полосы (длина образующей ролика); E_{np} - приведенный модуль упругости контактных материалов (ролика и кулачка);

$$E_{np} = \frac{2E_p E_\kappa}{E_p + E_\kappa};$$

E_p - модуль упругости закаленной Стали 45;

E_k – модуль упругости серого чугуна СЧ18-36;

ρ_{np} - приведенный радиус кривизны контактирующих профилей (ролика и мыска кулачка раскладки);

$$\rho_{np} = \frac{\rho_p \rho_m}{\rho_p \pm \rho_m};$$

ρ_p – наружный радиус цилиндрического ролика; ρ_m – радиус кривизны рабочего профиля (мыска) кулачка раскладки.

Допускаемое напряжение сдвига $[\tau]$ в кулачках раскладки принимают [45]:

для серого чугуна СЧ18-36 $[\tau] = 65 \dots 80$ МПа, а для стали Ст45 – $[\tau] = 120 \dots 150$ МПа. Результаты расчетов напряжения сдвига τ для спроектированного кулачка (таблица 2.10) раскладки при различных кинематических и технологических параметрах представлены в таблице 2.11 и на рисунке 2.33.

Таблица 2.10. Значения параметров для силового расчета кулачка

Наименование параметра	Обозначение и размерность	Значение
Массы нитеводительной штанги и каретки	$m_{ш}$ и $m_{кар}$, кг	5
Наружный диаметр кулачка раскладки	d_1 , мм	305
Радиус цилиндрической дуги сопряжения средних винтовых линий паза Π_1 кулачка раскладки на участке реверса	ρ_1 , мм	90
Угол подъема средней линии винтового паза Π_1	α_1 , град	12
Коэффициент трения скольжения между роликом и рабочим профилем кулачка раскладки	f_{pk}	0,15
Длина контактной полоски (длина образующей ролика)	l_p , мм	0,025
Приведенный модуль упругости контактных материалов (ролика и кулачка)	E_{np} , МПа	$1,42 \cdot 10^5$
Модуль упругости закаленной Стали 45	E_p , МПа	$2 \cdot 10^5$
Модуль упругости серого чугуна СЧ18-36;	E_k , МПа	$1,1 \cdot 10^5$
Приведенный радиус кривизны контактирующих профилей (ролика и мыска кулачка раскладки)	ρ_{np} , мм	19
Наружный радиус цилиндрического ролика	ρ_p , мм	15
Радиус кривизны рабочего профиля (мыска) кулачка раскладки.	ρ_m , мм	75

Таблица 2.11. Значения напряжения сдвига при различных кинематических и технологических параметрах

Скорость наматывания V , м/мин	Напряжение сдвига τ , МПа при номинальном угле раскладки β , град						
	5°	10°	12°	14°	15°	20°	25°
50	10,02	14,06	15,25	16,45	17,01	19,29	21,05
75	15,04	21,11	22,99	24,73	25,52	28,93	31,59
100	20,03	28,14	30,69	32,97	34,03	38,58	42,12
125	25,05	35,18	38,36	41,22	42,53	48,53	52,65
150	30,07	42,21	46,04	49,46	51,04	57,87	63,18
175	35,11	49,25	53,71	57,70	59,55	67,52	73,71
200	40,10	56,26	61,38	65,95	68,06	77,17	84,24

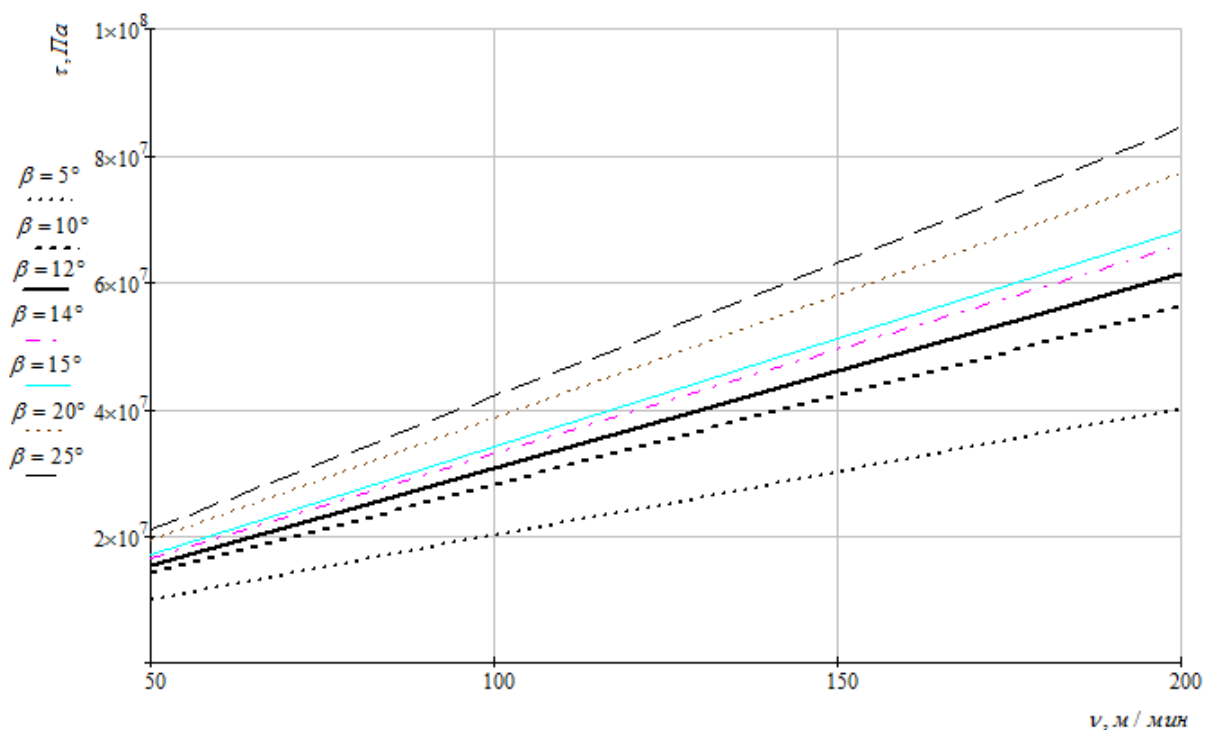


Рисунок 2.33. Графические зависимости напряжения сдвига от угла наклона навиваемых витков и максимальной скорости наматывания нити

Анализ полученных результатов показал, что для спроектированного кулачка раскладки при различных кинематических и технологических параметрах процесса намотки, напряжение сдвига в зоне контакта ролика с рабочим профилем кулачка раскладки не превышает допустимого значения. Исключением является случай, когда требуется намотать нить с номинальным углом раскладки более $\beta > 25^\circ$ и со скоростью намотки более $V > 200$ м/мин, тогда паз кулачка раскладки на участке реверса необходимо упрочнять за счет вставок.

2.7 Определение момента инерции кулачка раскладки

В рабочем режиме кулачок раскладки обладает кинетической энергией

$$T = \frac{J_k \omega_k^2}{2},$$

где J_k и ω_k - момент инерции и номинальная угловая скорость кулачка раскладки.

Во время реверсирования нитеводительной штанги, жестко соединенной с нитеводительной кареткой, развивается инерционная сила $F^{ин}$, направленная вдоль оси вращения кулачка раскладки и равная:

$$F^{ин} = F_{ш}^{ин} + F_{кар}^{ин} = (m_{ш} + m_{кар})a_{max},$$

которая с помощью ролика, свободно вращающегося на пальце, тормозит кулачок раскладки силой

$$F = F^{ин} f_1 = (m_{ш} + m_{кар}) f_1 a_{max},$$

где $m_{ш}$ и $m_{кар}$ - массы нитеводительной штанги и каретки; a_{max} - максимальное ускорение штанги во время реверсирования; f_1 - коэффициент трения скольжения между роликом и рабочим профилем кулачка раскладки.

Во время реверсирования нитеводительной штанги кулачок раскладки теряет часть накопленной кинетической энергии на преодоление силы трения F , причем работа силы трения равна:

$$\Delta F_{рев} = F s_{рев} = 2\rho_1 (m_{ш} + m_{кар}) f_1 a_{max} \sin \alpha_1,$$

где ρ_1 и α_1 - радиус цилиндрической дуги сопряжения средних винтовых линий паза кулачка раскладки и угол подъема этих линий; $s_{рев}$ - длина тормозного пути.

Во время реверса нитеводительной штанги угловая скорость кулачка раскладки снижается со своего максимального значения ω_{max} до минимального ω_{min} и кинетическая энергия во время реверса равна:

$$T_{рев} = \frac{J_{\kappa} (\omega_{max}^2 - \omega_{min}^2)}{2},$$

откуда находим зависимость для определения J_{κ} :

$$J_{\kappa} = \frac{2T_{рев}}{(\omega_{max}^2 - \omega_{min}^2)}. \quad (2.47)$$

Известно [45], что коэффициент неравномерности вращения кулачка раскладки

$$\delta = \frac{2(\omega_{max} - \omega_{min})}{\omega_{max} + \omega_{min}}, \quad (2.48)$$

а номинальная угловая скорость этого кулачка ω_{κ}

$$\omega_{\kappa} = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2}.$$

Следовательно, при определении J_{κ} можно принимать

$$\omega_{max} = \omega_{\kappa} \left(1 + \frac{\delta}{2}\right) \text{ или } \omega_{max} \approx \omega_{\kappa} \sqrt{1 + \delta};$$

$$\omega_{min} = \omega_{\kappa} \left(1 - \frac{\delta}{2}\right) \text{ или } \omega_{min} \approx \omega_{\kappa} \sqrt{1 - \delta},$$

и

$$J_{\kappa} = \frac{2\rho_1 (m_{ш} + m_{кар}) f_1 a_{max} \sin \alpha_1}{\delta \omega_{\kappa}^2}.$$

При радиусном сопряжении средних винтовых линий паза Π_1 кулачка раскладки

$$a_{\max} = \frac{\omega_k^2 d_1^2}{4\rho_1 \cos^3 \alpha_1}.$$

В этом случае

$$J_k = \frac{(m_{ш} + m_{кар}) f_1 d_1^2 \sin \alpha_1}{2\delta \cos^3 \alpha_1}. \quad (2.49)$$

Если реверсирование двух нитеводительных штанг, получающих перемещение от одного кулачка раскладки, происходит одновременно, то

$$J_k = \frac{(m_{ш} + m_{кар}) f_1 d_1^2 \sin \alpha_1}{\delta \cos^3 \alpha_1}. \quad (2.50)$$

В таблице 2.12 представлены данные, необходимые для расчета момента инерции кулачка раскладки.

Таблица 2.12. Данные для определения момента инерции кулачка раскладки

Наименование параметра механизма раскладки	Обозначение и размерность	Значение
Массы нитеводительной штанги и каретки	$m_{ш} + m_{кар}, кг$	5
Коэффициент трения скольжения между роликом и рабочим профилем кулачка раскладки	f_1	0,15
Инерционная сила	$F^{ин}, Н$	332,75
Длина тормозного пути	$s_{рев}, мм$	41
Радиус цилиндрической дуги сопряжения средних винтовых линий паза кулачка раскладки	$\rho_1, мм$	90
Угол подъема средних винтовых линий паза кулачка раскладки	$\alpha_1, град$	12°
Максимальное ускорение штанги во время реверсирования	$a_{\max}, м/с^2$	66,55
Наружный диаметр цилиндрического кулачка раскладки	$d_1, мм$	305
Коэффициент неравномерности вращения кулачка раскладки	δ	0,02...0,04
Момент инерции кулачка раскладки	$J_k, кг/м^2$	0,3869...0,7739

Выводы

1. При проектировании рассеивающего устройства значение цикла намотки C следует брать нецелым числом, не имеющим кратных множителей с числом 360° и выбирать в интервале $5,5 \leq C \leq 6,5$. В этом случае будет формироваться паковка с равномерно застилистой структурой.

2. Получены зависимости, позволяющие определять необходимые значения смещения витков навиваемых нитей, для получения равномерно застилистой структуры намотки в зависимости от линейной плотности нити и с учетом параметров последующих технологических процессов отделки нити на паковке. С увеличением линейной плотности наматываемой нити смещение витков увеличивается практически линейно. При этом увеличение плотности материала нити приводит к незначительному увеличению смещения витков. Полученные результаты необходимо учитывать при определении размеров формируемых паковок при переходе на другой ассортимент нитей.

3. Разработана методика определения дополнительного угла раскладки нити в зависимости от линейной плотности, технологического угла раскладки и длины формируемой паковки, обеспечивающая заданные значения смещения навиваемого витка.

4. Разработана новая конструкция механизма раскладки с рассеивающим устройством, которая может применяться на крутильно-этажных и текстурирующих машинах, предназначенных для кручения и текстурирования синтетического, искусственного и натурального шелка малой линейной плотности. Новый механизм более компактен и надежен, чем ее прототип за счет устранения силового контакта кулачка раскладки с промежуточным барабаном. В зависимости от габаритных размеров машины движение от кулачка раскладки может передаваться одной или двум нитеводителям штангам. В конструкции предусмотрена возможность

сообщения кулачку раскладки периодически изменяющейся частоты вращения, что обеспечивает нитеводительным штангам периодически изменяющуюся скорость и, следовательно, получение равномерно застилистой структуры намотки при формировании цилиндрической паковки.

5. Проведено кинематическое исследование спроектированного механизма раскладки с рассеивающим устройством, позволяющее определять зависимости перемещения нитеводителя и величину дополнительного угла раскладки нити от угла поворота кулачка раскладки. Для обеспечения рассеивания навиваемых витков по всей длине паковки концевые участки наклонных пазов в теле кулачка раскладки следует выполнять с увеличенным углом наклона паза к образующей кулачка раскладки.

6. Разработана методика проектирования нового механизма раскладки с рассеивающим устройством, позволяющая определять габаритные размеры всего механизма раскладки и размеры отдельных его звеньев: кулачка раскладки, промежуточного барабана, рассеивающего кулачка и каретки. При проектировании следует учитывать рекомендации по выбору сопряжения средних винтовых линий паза кулачка раскладки на участках реверса.

7. Разработанная методика проектирование механизма раскладки с рассеивающим устройством применима при проектировании подобных устройств для текстильных машин с фрикционным приводом бобино- и шпуледержателей.

8. Определено, что для спроектированного кулачка раскладки при различных кинематических и технологических параметрах процесса намотки напряжение сдвига в зоне контакта ролика с рабочим профилем кулачка раскладки не превышает допустимого значения.

9. При намотке нити с технологическим углом раскладки более $\beta = 25^\circ$ и со скоростью намотки превышающей 200 м/мин участок реверса паза кулачка раскладки необходимо упрочнять.

Глава 3. Экспериментальное определение дополнительного угла раскладки нити механизма раскладки с рассеивающим устройством

3.1 Цели и задачи эксперимента

Целью эксперимента является проверка результатов, полученных при теоретических исследованиях механизма раскладки с рассеивающим устройством. При проведении эксперимента требуется определить величину дополнительного угла раскладки нити, обеспечивающего получение равномерно застиистой структуры паковки, в зависимости от изменения кинематических и технологических параметров процесса намотки нити.

3.2 Методика проведения эксперимента

Численный эксперимент произведен в программном комплексе автоматизированного анализа динамики EULER. Программный комплекс предназначен для анализа работы механических систем, включающих в себя сложную кинематику, большие движения, жесткие и деформируемые элементы конструкции, гидравлические, пневматические и электрические системы, системы управления и другие компоненты [5,6]. По данным, полученным в ходе проектирования механизма (таблица 2.7), в программном комплексе была создана модель механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа для проведения исследования его кинематики и динамики (приложение 1).

Анализ динамики производится по методу многокомпонентных систем. Под многокомпонентной механической системой понимается произвольная совокупность конечного числа твердых и упругих тел, взаимное движение которых может быть ограничено механическими связями. Тела системы могут подвергаться как взаимодействующим между собой, так и воздействию внешних сил. На уровне формализованного представления

многокомпонентная механическая система состоит из следующих основных элементов: звенья, упругие тела, механические связи, силовые элементы.

В программном комплексе реализован формализм Ньютона, при котором уравнения движения выводятся из законов Ньютона, наиболее поддающихся автоматизации. При ручном составлении уравнений движения более удобен формализм Лагранжа, но недостатки самого ручного метода для задачи подобной сложности очевидны. Автоматизированный программный комплекс позволяет задавать модель в понятных терминах теоретической механики (звено – твердое тело; шарнир – кинематическая связь), а главное – легко вносить правки и варьировать параметры модели.

При необдуманном упрощении модели она может выродиться в кинематическую модель, и в таком случае компьютерный эксперимент отличается от математической модели, полученной аналитическим способом, только учетом дополнительной скорости рассеивания. В данной работе построена динамическая модель работы механизма с учетом сил трения и с рассмотрением силового взаимодействия пазов и пальцев и его влияния на работу механизма.

В модель механизма раскладки с рассеивающим устройством входят звенья рассеивающего кулачка, кулачка раскладки, промежуточного барабана, каретки и нитеводительных штанг, представленных как абсолютно твердые тела, а также звено неподвижной системы отсчета (рисунок 3.1).

Звенья рассеивающего кулачка, промежуточного барабана и кулачка раскладки связаны с неподвижным звеном вращательным шарниром. Рассеивающий кулачок и промежуточный барабан вращаются с постоянной заданной скоростью, а кулачок раскладки вращается относительно неподвижного звена свободно. Каретка и промежуточный барабан, а также нитеводительные устройства и неподвижное звено соединены поступательными шарнирами.

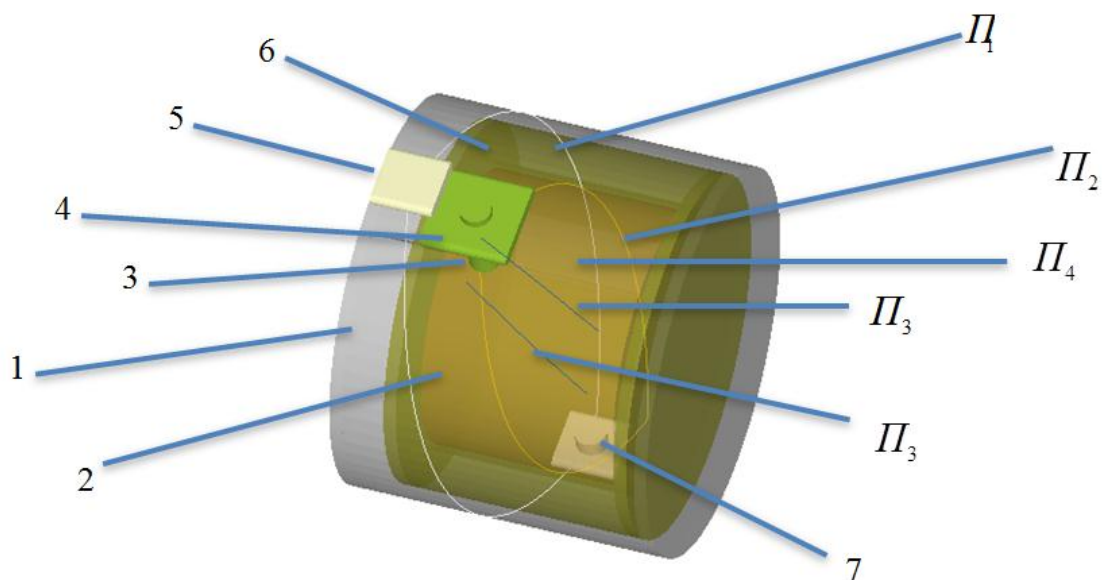


Рисунок 3.1. Модель механизма раскладки с рассеивающим устройством, выполненная в программном комплексе EULER: 1 – кулачок раскладки; 2 – рассеивающий кулачок; 3,7 – пальцы; 4 – каретка; 5 – нитеводительная каретка; 6 – промежуточный барабан; Π_1, Π_2 – винтовые пазы; Π_3 – наклонные пазы / в теле кулачка раскладки 1; Π_4 – прямой меридиональный паз; I – входной вал

Взаимодействие пальцев и пазов моделируется специальным силовым элементом «точка-линия». Таким образом учитывается сила трения в пазе, а также возможность деформации связи вследствие несовершенства исполнения конструкции - наличия зазоров, изгиба пальца, пластическая деформация поверхностей паза и пальца («притирка») и т. д.

Силовой элемент описывает контактное взаимодействие между прямой, определяемой по точке и направлению, и пазом в плоскости перпендикулярной этой прямой. Паз определяется по пространственной линии произвольной формы и функции величины зазора. На точку контакта действуют следующие силы:

- сила упругой нормальной реакции со стороны паза, ее направление совпадает с направлением нормали поверхности в окрестности внедрения

точки.

- сила нормального демпфирования, вектор силы коллинеарен вектору силы нормальной реакции.

- сила трения, которая возникает при движении точки вдоль паза.

При моделировании взаимодействия в незамкнутом наклонном пазу кулачка расщепления указывается, что концы паза закрыты, т.е. по достижении конца этого паза палец испытывает реакцию от стенки паза.

Контакт между пальцем и пазом представлен по модели вязкоупругого ударного взаимодействия. Трение представлено по модели сухого трения с коэффициентом трения скольжения между роликом и рабочим профилем кулачка расщепления равным $f_1 = 0,15$.

В численном эксперименте были разработаны две различных конфигурации спряжения винтовых линий паза кулачка расщепления на участке реверса: по синусоидальной кривой и по цилиндрической дуге окружности. Графические зависимости (рисунок 3.2) подтверждают выводы, полученные теоретически, о том, что разница в величинах максимальных ускорений нитеводителя при двух различных конфигурациях составляет менее 1,5%, что является незначительной величиной. Поэтому при проектировании кулачка расщепления для наматывания нитей с максимальными скоростями до 150 м/мин целесообразнее спрягать винтовые линии паза кулачка расщепления на участке реверса: по цилиндрической дуге окружности.

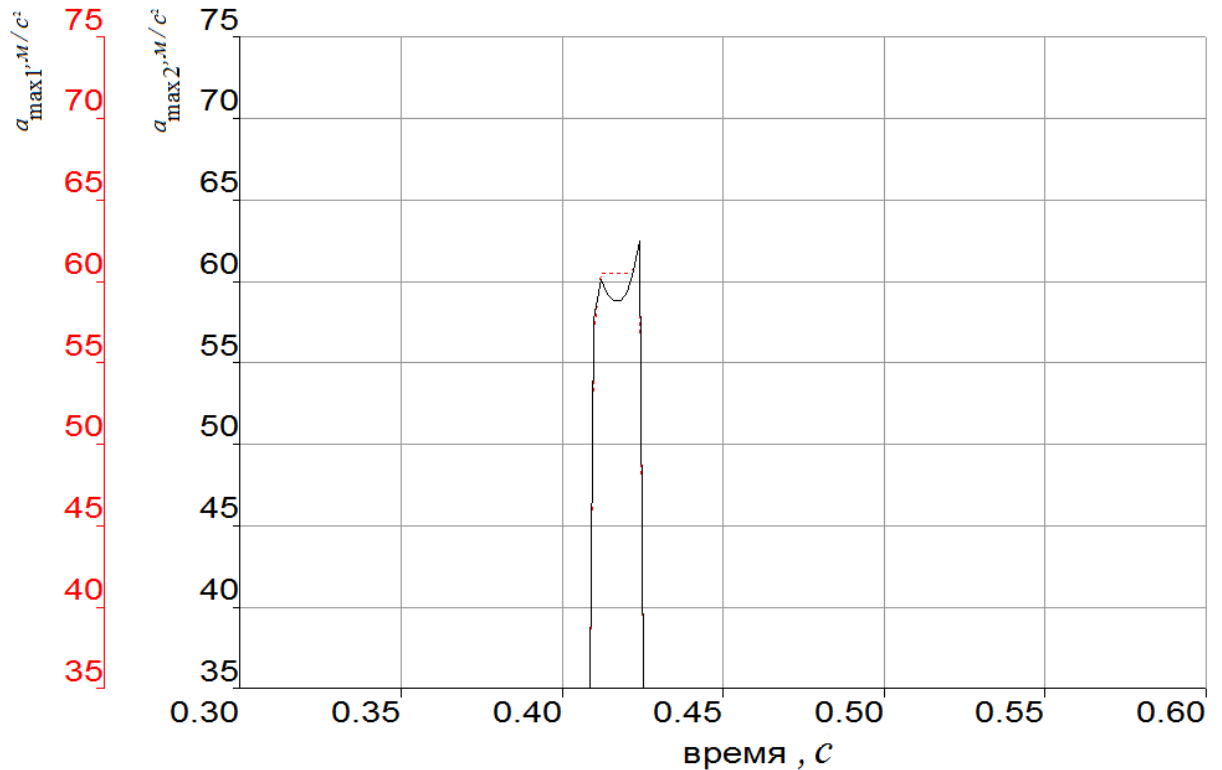


Рисунок 3.2. Максимальные ускорения нитеводителя при спряжении винтовых линий паза кулачка раскладки на участке реверса: $a_{\max 1}$ - по синусоидальной кривой; $a_{\max 2}$ - по цилиндрической дуге окружности

Задаваясь скоростью вращения кулачка рассеивания и промежуточного барабана, в качестве результата получаем значения перемещений, скоростей и ускорений нитеводительных штанг в зависимости от времени.

Цикличность намотки определяется соотношением скоростей рассеивающего кулачка и промежуточного барабана, величины скоростей нитеводительных штанг определяются абсолютными значениями вращательных скоростей.

Задаваемые скорости вращения подобраны для обеспечения скорости нитеводителя $V = 2,5 \text{ м/с}$ и $V = 5 \text{ м/с}$ при циклах намотки равным $C = 5,73$ и $C = 6,391$. С учетом четырех возможных вариантов конфигураций наклонного паза / в теле кулачка раскладки, произведено шестнадцать экспериментов, результаты которых представлены в приложении 2. По данным, полученным в ходе эксперимента, были проведены расчеты по определению

дополнительного угла раскладки нити $\beta_{дон}$ в зависимости от скорости наматывания, цикла раскладки и величины наклона паза в теле кулачка раскладки по методике, предложенной в работе [28]. Результаты расчетов приведены в таблице 3.1. и на рисунках 3.3 и 3.5.

Таблица 3.1. Значения дополнительного угла раскладки нити $\beta_{дон}$ при различных кинематических и конструктивных параметрах механизма раскладки с рассеивающим устройством

Скорость наматывания v , м/с	Цикл раскладки нити \mathcal{C}	Значение дополнительного угла раскладки $\beta_{дон}$			
		при угле наклона паза $\lambda=20$, град	при угле наклона паза $\lambda=25$, град	при угле наклона паза $\lambda=30$, град	при угле наклона паза $\lambda=35$, град
2,5	5,73	0,160	0,205	0,254	0,308
	6,391	0,143	0,184	0,228	0,276
5,0	5,73	0,080	0,103	0,127	0,154
	6,391	0,078	0,092	0,114	0,138

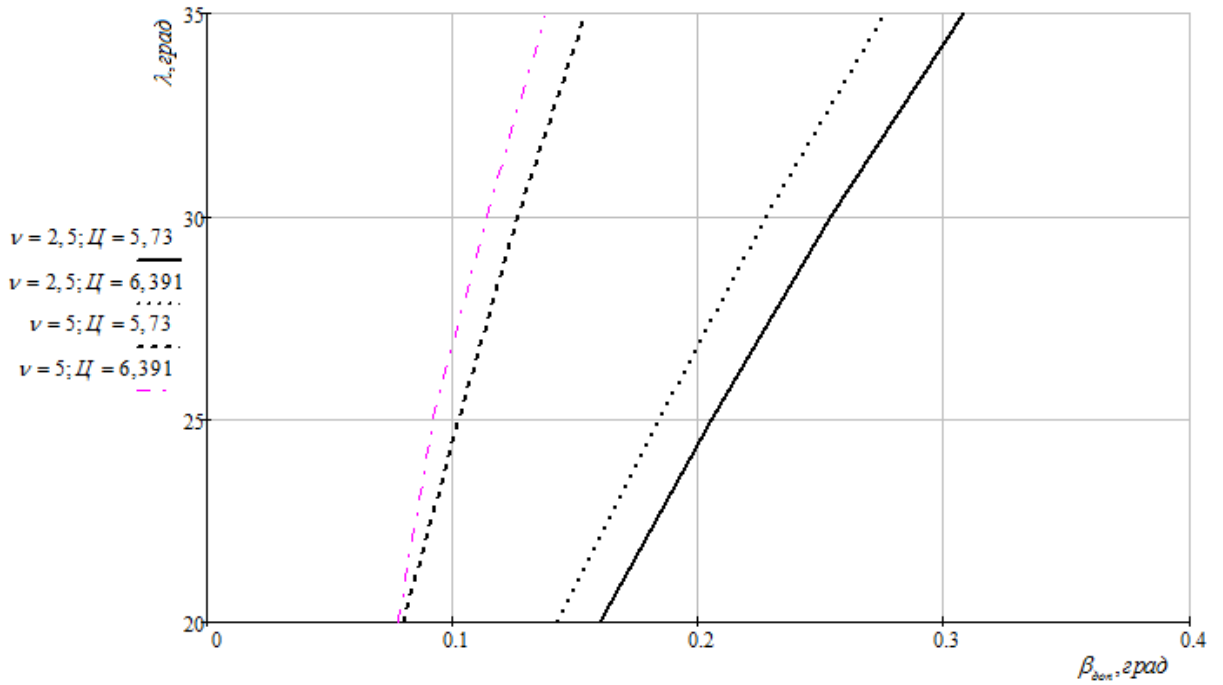


Рисунок 3.3. Результаты экспериментальных исследований дополнительного угла раскладки нити при различных конфигурациях наклонного паза / в теле кулачка раскладки при различных циклах намотки ζ

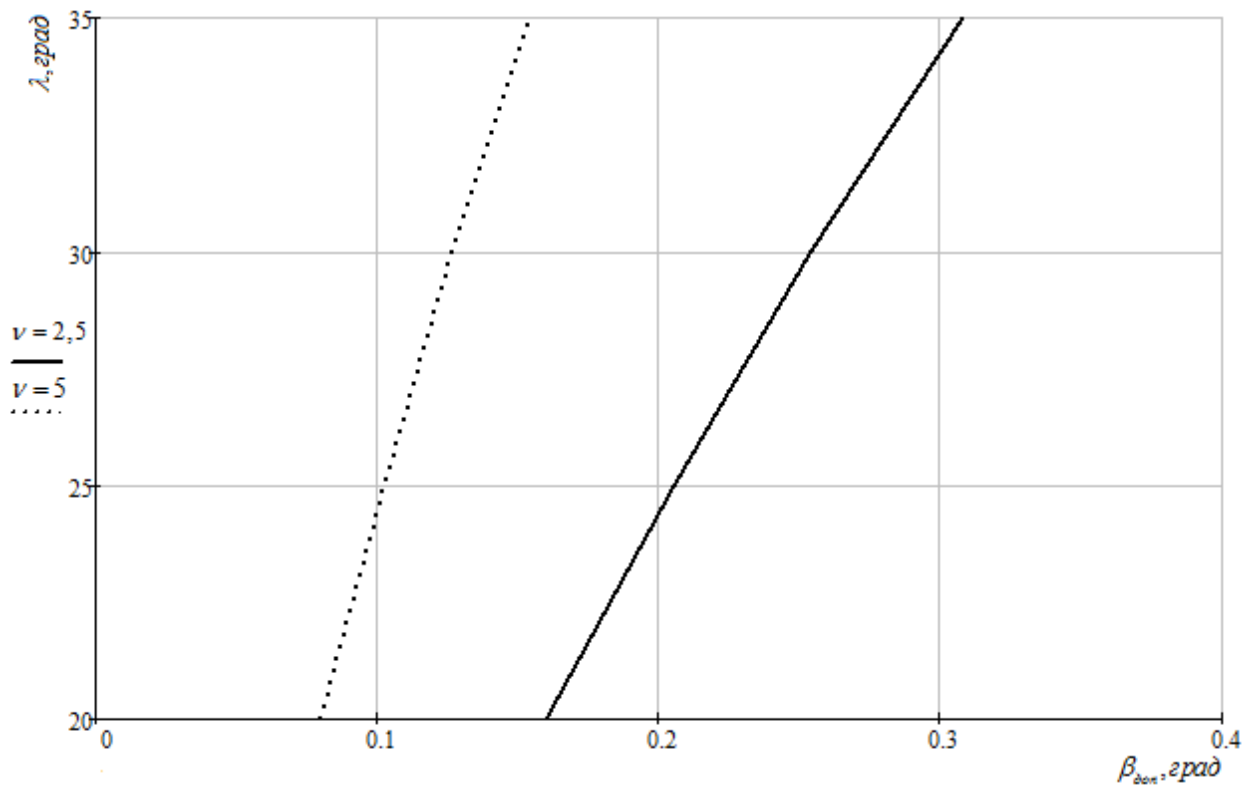


Рисунок 3.4. Результаты экспериментальных исследований дополнительного угла раскладки нити при различных конфигурациях наклонного паза / в теле кулачка раскладки при цикле намотки $\zeta = 5,73$

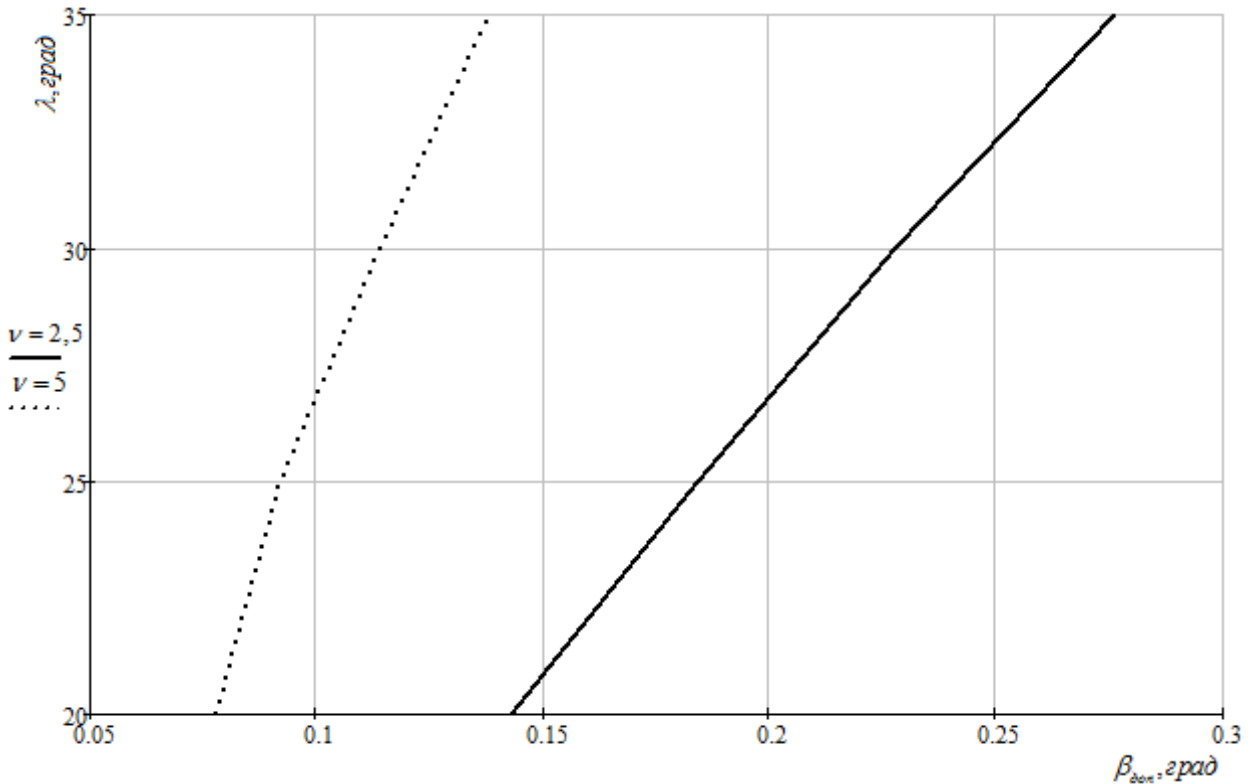


Рисунок 3.5. Результаты экспериментальных исследований дополнительного угла раскладки нити при различных конфигурациях наклонного паза / в теле кулачка раскладки при цикле намотки $C=6,391$

Используя результаты, полученным в ходе эксперимента, можно подобрать необходимые кинематические и конструктивные параметры механизма раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа обеспечивающего необходимый дополнительный угол раскладки нити.

При изменении ассортимента наматываемых нитей необходимо палец переставить из одного наклонного паза переставить в другой, имеющий иной угол наклона λ к образующей кулачка раскладки, изменяя дополнительную частоту вращения кулачка раскладки, тем самым обеспечивая различный дополнительный угол раскладки нити.

В данной работе проектировался механизм раскладки с рассеивающим устройством для намотки нитей, таких как шёлк (искусственный и натуральный), капрон и ацетат с линейной и объемной плотностью $T_H = 6,67 \dots 11,1 \text{ г/км}$ и $\rho_H = 1300 \text{ кг/м}^3$. В соответствии с проведенными

исследованиями и результатами эксперимента, для получения равномерно застиистой структуры намотки при формировании цилиндрической паковки с прямыми торцами при максимальной скорости намотки $N=2,5$ м/с угол наклона паза в теле кулачка раскладки следует проектировать равным $\beta = 25^\circ \dots 35^\circ$. При наматывании нитей с большей линейной плотностью необходимо проектировать механизм раскладки с рассеивающим устройством таким образом, чтобы угол наклона паза в теле кулачка раскладки β был больше 35° , либо снижать максимальную скорость намотки.

Выводы

1. В программном комплексе EULER была построена динамическая модель работы механизма раскладки с рассеивающим устройством с учетом сил трения и с рассмотрением силового взаимодействия пазов и пальцев и его влияния на работу механизма.
2. Результаты экспериментальных исследований подтверждают, что при проектировании кулачка раскладки для наматывания нитей с максимальными скоростями до 150 м/мин целесообразнее спрягать винтовые линии паза кулачка раскладки на участке реверса по цилиндрической дуге окружности.
3. Модель механизма подтверждает, что спроектированный механизм раскладки с рассеивающим устройством обеспечивает необходимый дополнительный угол раскладки нити для получения равномерно застиистой структуры паковки.
4. Результаты экспериментальных исследований подтверждают, что величину дополнительно угла раскладки нити можно регулировать за счет выбора кинематических и конструктивных параметров спроектированного механизма раскладки с рассеивающим устройством.

5. При изменении ассортимента наматываемых нитей необходимо палец переставить из одного наклонного паза переставить в другой, имеющий иной угол наклона λ к образующей кулачка раскладки, изменяя дополнительную частоту вращения кулачка раскладки, тем самым обеспечивая различный дополнительный угол раскладки нити.
6. Для получения равномерно застиистой структуры цилиндрической паковки с прямыми торцами для нитей с линейной плотностью до 12 *Текс* при максимальной скорости намотки 2,5 м/с угол наклона паза в теле кулачка раскладки следует проектировать равным $25^\circ \dots 35^\circ$. При наматывании нитей с большей линейной плотностью необходимо проектировать механизм раскладки с рассеивающим устройством таким образом, чтобы угол наклона паза в теле кулачка раскладки был больше 35° , либо снижать максимальную скорость намотки нити.

Общие выводы

1. Проведен анализ патентной и научно-технической литературы, который показал, что основное развитие и модернизация механизмов раскладки идет по пути улучшения качества выходной паковки путем усовершенствования конструкций механизмов раскладки и процесса наматывания.

2. Установлено, что при невысоких скоростях наматывания нитей малой линейной плотности перспективными остаются механизмы раскладки с рассеивающими устройствами кулачкового типа, позволяющее регулировать параметры намотки.

3. Приведенный обзор существующих механизмов раскладки с рассеивающими устройствами показал, что они имеют ряд существенных недостатков, затрудняющих получение заданной бездефектной структуры паковок.

4. Существует необходимость разработки новой простой и недорогой в обслуживании, малогабаритной конструкции механизма раскладки с рассеивающим устройством с возможностью регулирования параметров процесса намотки.

5. При проектировании рассеивающего устройства значение цикла намотки \mathcal{C} следует брать нецелым числом, не имеющим кратных множителей с числом 360° и выбирать в интервале $5,5 \leq \mathcal{C} \leq 6,5$. В этом случае будет формироваться паковка с равномерно застилистой структурой.

6. Получены зависимости, позволяющие определять необходимые значения смещения витков навиваемых нитей, для получения равномерно застилистой структуры намотки в зависимости от линейной плотности нити ρ с учетом параметров последующих технологических процессов отделки нити на паковке. С увеличением линейной плотности наматываемой нити смещение витков увеличивается практически линейно. При этом увеличение плотности материала нити приводит к незначительному увеличению

смещения витков. Полученные результаты необходимо учитывать при определении размеров формируемых паковок при переходе на другой ассортимент нитей.

7. Разработана методика определения дополнительного угла раскладки нити в зависимости от линейной плотности, технологического угла раскладки и длины формируемой паковки, обеспечивающая заданные значения смещения навиваемого витка.

8. Разработана новая конструкция механизма раскладки с рассеивающим устройством, которая может применяться на крутильно-этажных и текстурирующих машинах, предназначенных для кручения и текстурирования синтетического, искусственного и натурального шелка малой линейной плотности. Новый механизм более компактен и надежен за счет устранения силового контакта кулачка раскладки с промежуточным барабаном. В зависимости от габаритных размеров машины движение от кулачка раскладки может передаваться одной или двум нитеводительным штангам. В конструкции предусмотрена возможность сообщения кулачку раскладки периодически изменяющейся частоты вращения, что обеспечивает нитеводительным штангам периодически изменяющуюся скорость и, следовательно, получение равномерно застиистой структуры намотки при формировании цилиндрической паковки.

9. Проведено кинематическое исследование спроектированного механизма раскладки с рассеивающим устройством, позволяющее определять зависимости перемещения нитеводителя и величину дополнительного угла раскладки нити от угла поворота кулачка раскладки. Для обеспечения рассеивания навиваемых витков по всей длине паковки концевые участки наклонных пазов в теле кулачка раскладки следует выполнять с увеличенным углом наклона паза к образующей кулачка раскладки.

10. Разработана методика проектирования нового механизма раскладки с рассеивающим устройством, позволяющая определять

габаритные размеры всего механизма раскладки и размеры отдельных его звеньев: кулачка раскладки, промежуточного барабана, рассеивающего кулачка и каретки. При проектировании следует учитывать рекомендации по выбору сопряжения средних винтовых линий паза кулачка раскладки на участках реверса.

11. Разработанная методика проектирование механизма раскладки с рассеивающим устройством применима при проектировании подобных устройств для текстильных машин с фрикционным приводом бобино- и шпуледержателей.

12. Определено, что для спроектированного кулачка раскладки при различных кинематических и технологических параметрах процесса намотки напряжение сдвига в зоне контакта ролика с рабочим профилем кулачка раскладки не превышает допустимого значения.

13. При намотке нити с технологическим углом раскладки более $\beta = 25^\circ$ и со скоростью намотки превышающей 200 м/мин участок реверса паза кулачка раскладки необходимо упрочнять.

14. Машинный эксперимент проводился в программном комплексе EULER. Результаты экспериментальных исследований подтверждают, что при проектировании кулачка раскладки для наматывания нитей с максимальными скоростями до 150 м/мин целесообразнее сопрягать винтовые линии паза кулачка раскладки на участке реверса по цилиндрической дуге окружности.

15. Результаты экспериментальных исследований подтверждают, что величину дополнительно угла раскладки нити можно регулировать за счет выбора кинематических и конструктивных параметров спроектированного механизма раскладки с рассеивающим устройством.

16. При изменении ассортимента наматываемых нитей необходимо палец нитеводительной каретки переставить из одного наклонного паза переставить в другой, имеющий иной угол наклона λ к образующей кулачка

раскладки, изменяя дополнительную частоту вращения кулачка раскладки, тем самым обеспечивая различный дополнительный угол раскладки нити.

Список литературы

1. Ашур С.Р. Анализ динамики и совершенствование приемно-намоточного механизма машины НВ 1000-КЖ9, Дис., к.т.н., Санкт-Петербург, 2008
2. Бабкина Н.М. Анализ механических и технологических характеристик нитераскладчиков с устройствами для устранения жгутообразования. Дис., к.т.н., Санкт-Петербург, 2002
3. Беляков А. Н., Рудовский П.Н., Закиров Ш.К., Сабитов С.В. Способ намотки нити. SU, а.с., № 1601059
4. Башашин П. А. Разработка и исследование высокоскоростного бобинодержателя для формовочных машин и агрегатов, вырабатывающих минеральные и полиамидные нити. Дис., к.т.н., Москва., 2012
5. Бойков В.А., Афанасьев А. Н., Жданов А.А., Осипов Д.М. "«EULER - реальное движение сложных механических систем» Журнал САПР и графика". Выпуск: ноябрь 1997 г.
6. Бойков В.А., Юдаков А.А. Моделирование динамики системы твердых и упругих тел в программном комплексе EULER". Журнал "Информационные технологии и вычислительные системы". Выпуск: январь 2011г.
7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. М.: Наука, 1981.
8. Дружинина Т.В., Слеткина Л.С, Горбачева И.Н., Редина Л.В. Химические волокна: основы получения, методы исследования и модифицирование. Учебное пособие для химико-технологических факультетов высших учебных заведений. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. – 472 с.

9. Бабкина Н.М. Анализ механических и технологических характеристик нитераскладчиков с устройствами для устранения жгутообразования. Дис., к.т.н., Санкт-Петербург, 2002
10. Вилков П. В., Разработка и исследование механизма перемотки нити электрифицированным методом мотальным барабанчиком. Дис., к.т.н., Иваново, 2005
11. Герасимова С.Ф. Разработка конструкции и методики проектирования механизма раскладки бескруточной пневмопрядильной машины. Дис., к.т.н., Кострома, 2000
12. Глушенков В.И. Разработка и исследование безынерционного механизма раскладки. Дис., к.т.н., М., 2000
13. Гросман М.Ш. Устройство для раскладки нити, SU, а.с., № 1770243
14. Журнал фирмы Barmag Oerlikon
15. Зазулина З.А., Дружинина Т.В., Конкин А.А. основы технологии химических волокон: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. И дор. – М.: Химия, 1985 – 304 с.
16. Иванов Г.М., Исаева К.И. Устройство для раскладки нитевидного материала, SU, а.с., №1684210
17. Коновалов А.В., Разработка и исследование прецизионного, высокоскоростного, безынерционного механизма раскладки с круговым движением нитеводителя. Дис. к.т.н., М., 2008
18. Коркин В.П., Регельман Е.Е., Левина С.Д., Рокотов Н.В. Устройство для намотки нити на бобину, SU, а.с., №1331780
19. Коротеева Л.И. и др. Технологическое оборудование заводов химических нитей и волокон. М.: Легпромбытиздат, 1985.
20. Левицкий Н. И. Кулачковые механизмы. Издательство «Машиностроение», М., 1964 .-286 с.
21. Марков А.И. Расчет и конструирование текстильных машин прядильного производства. Машиностроение, 1981

22. Мартынова Е.А. К вопросу о формировании паковки с равномерно застилизованной структурой. Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (поиск – 2013). Сборник материалов часть 2.
23. Мартынова Е.А. К вопросу формирования бездефектных паковок из химических нитей. - Химические волокна, 2012. №6, с. 53-54.
24. Мартынова Е.А. Механизм раскладки с рассеивающим устройством, RU, а. с., №0134523
25. Мартынова Е.А. Механизм раскладки с рассеивающим устройством, 2011.RU, патент. №116481
26. Мартынова Е.А. Механизм раскладки с рассеивающим устройством кулачкового типа. - Дизайн и технологии. 2013. №35(77), с.70-74.
27. Мартынова Е.А. Определение дополнительного угла раскладки нити. - Химические волокна. 2013. №1, с. 55-56.
28. Мартынова Е.А. Проектирование механизма раскладки с рассеивающим устройством и с двумя нитеводительными штангами. - Дизайн и технологии. 2012. №32(74), с.127-131.
29. Микушев А.Е., Регельман Х.З. К расчету и проектированию кулачкового механизма раскладки нити. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1975, №5, с. 141-145. Прошков А.Ф. Механизмы раскладки нити (вопросы проектирования). – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 248 с.
30. Панин А.И. . Экспериментально-теоретическое исследование формирования мотальных паковок для создания и внедрения перспективных текстильных материалов Дис. д.т.н., Москва., 2014;
31. Поликарпов А.В. О недостатках наматывающего устройства пневмомеханических прядильных машин ППМ, Изв. вузов. Технология текстильной промышленности - 2008 г., № 2с, с.148,;

32. Поликарпов А.В. Совершенствование процесса формирования бобин на мотальных машинах и автоматах фрикционного типа. Дис. к.т.н., Москва., 2009;
33. Пономарев С.Д. и др. Расчеты на прочность в машиностроении. Том I,II,III, М.: Машгиз, 1959.
34. Попов Н.Н. Расчет и проектирование кулачковых механизмов. М.: Машиностроение, 1965. - 304 с.
35. Попов Э.А., Усенко В.Т. Основы проектирования кинематических схем машин прядильного производства. М., 2011.
36. Прошков А.Ф. Машины для производства химических волокон. Конструкции, расчет и проектирование. Учебное пособие для текстильных вузов по специальности «Машины и аппараты производства химических волокон». М., «Машиностроение», 1974, 472 с.
37. Прошков А.Ф. Механизмы раскладки нити (вопросы проектирования). – М.: Легпромбытиздат. 1986. – 248 с.
38. Прошков А.Ф. Расчет и проектирование машин для производства химических волокон: Учебник для студентов вузов. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 408 с., ил.
39. Прошков А.Ф., Мельникова О.А. Устройство для раскладки нити на паковке, SU, а.с. № 903270, В 65 Н, 54/28, 1979.
40. Прошков И. А., Прошкова Т.И.. Устройство для раскладки нити. SU, а.с., №1632907
41. Прошков И. А., Прошкова Т.И. Устройство для раскладки нити, SU, а.с., №1712292
42. Прошков И.А., Прошкова Т.И. Устройство для раскладки нити, SU, а.с. № 1632907, В 65 Н, 54/28, 1989.
43. Прошков А.Ф., Прошкова О.А. Устройство намотки нити, SU, а.с. № 689925, В 65 Н, 54/28, 1978.

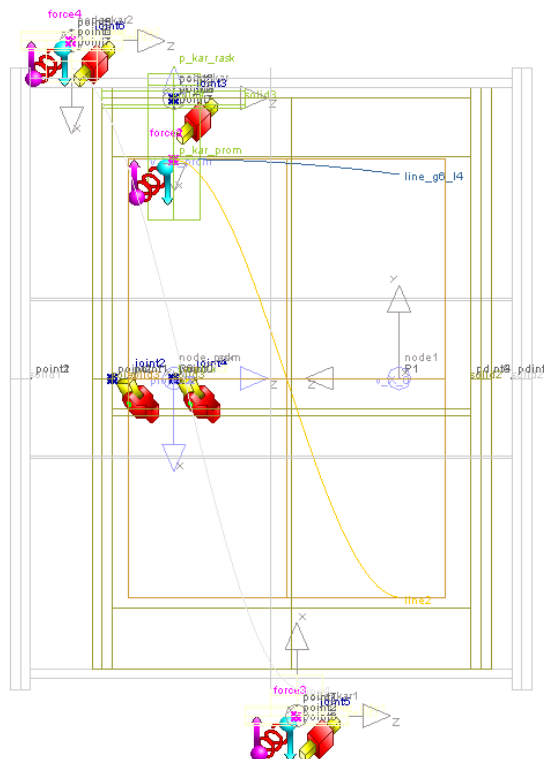
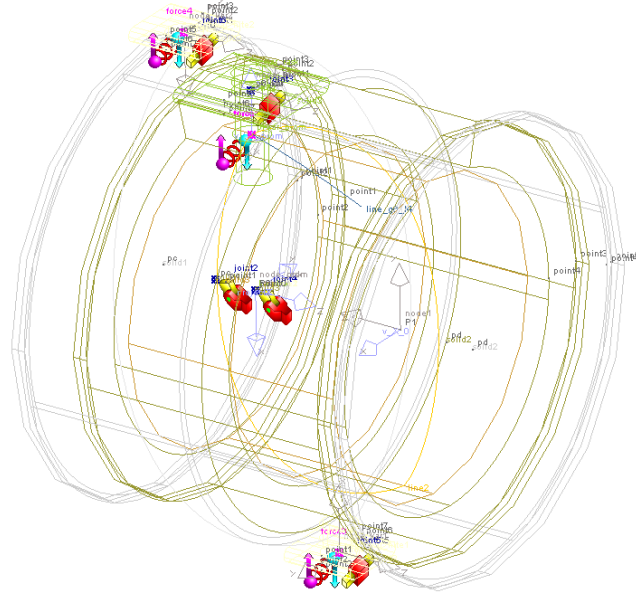
44. Прошков А.Ф., Прошкова О.А., Яскин А.П. Устройство для раскладки нити на паковке, SU, а.с. № 6744963, В 65 Н, 54/28, 1979.
45. Прошков А.Ф. Расчет и проектирование машин для производства химических нитей и волокон. Учеб. для вузов. – М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001 – 497 с.
46. Прошков А.Ф., Царакаев А.П., Царакаева Л.А. Устройство для раскладки нитевидного материала, SU, а.с. № 861255, В 65 Н, 54/28, 1978.
47. Прошков А.Ф., Яскин А.П. Динамика машин для производства химических волокон и нитей / учебник. М., ИО МГТА, 1998.360 с.
48. Прошков А.Ф., Яскин А.П. Динамика машин для производства химических нитей и волокон. Учебник. – 2-е изд., испр. – М.:МГТУ, 2001. – 360 с.
49. Прошков А.Ф., Яскин А.П. Устройство для раскладки нитяного материала, SU, а.с. № 556095, В 65 Н, 54/28, 1977.
50. Прошков А.Ф., Яскин А.П. Устройство для раскладки нити, SU, а.с. № 617344, В 65 Н, 54/28, 1978.
51. Регельман. Х.З. и др. Машины для формования химических нитей и волокон. Л.: Машиностроение, 1972
52. Регельман Х.З. Механизм раскладки нити в кружке центрифугальной прядильной машины, SU, а.с., №102660
53. Регельман Х. З. Раскладчик нити, например, для центрифугально-прядильных машин, SU, а.с. №144259
54. Регельман Е.З., Кузьмин И.Н., Рокотов Н. В., Тупеченков Е.А. Устройство для раскладки нити, SU, а.с., №1615120
55. Регельман Е. З., Рокотов Н.В. Приемные механизмы машин для производства химических волокон / под ред. Е.З. Регельмана. – Л. : Издательство Ленинградского университета. 1988. – 248 с.
56. Решетов. Л.Н. Кулачковые механизмы. М.: Машгиз. 1953.

57. Рокотов Н.В., Регельман Е.З., Астреин Э.П., Лубани С.И. Устройство для раскладки нити на паковке, SU, а.с. № 650929
58. Рудик Е.В. Методика проектирования механизма раскладки с кулачковым рассеивающим устройством. Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009. – №2С. – 315 с.
59. Рудовский П.Н., Филиппюк А.Н., Ямщиков А.В. Устройство раскладки нити, RU, а.с., № 2198837
60. Светик Ф.Ф. Проектирование механизмов раскладки нити. М.: Машиностроение, 1984. - 216 с.
61. Севастьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. – 648 с.
62. Сухарев В.А., Матюшев И.И., Расчет тел намотки. – М.: Машиностроение, 1982. – 136 с., ил.
63. Усенко В.А., Шахова Н.В, Родионов В.А. и др. Оборудование для переработки химических волокон и нитей. Учеб. пособие для студентов вузов текстильной промышленности. М., «Легкая индустрия», 1977. – 368 с.
64. Фатдахов Р.М., Пашаева В.П. Исследование структуры намотки бобины с превмопрядильных машин. Изв. Вузов Технология текстильной промышленности. – 1983. – №6. – 112 с.
65. Шаронов А.В. Разработка и исследование механизмов раскладки однопроцессорного базальтового ровинга текстильного назначения. Дис., к.т.н., М., 2006
66. Энциклопедический справочник, т.2. Инженерные расчеты в машиностроении, М., Машиностроение, 1948.
67. Энциклопедия, т. IV-13, Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности, М., Машиностроение, 1997

68. Якубицкая И.А., Чугин В.В., Щербань В.Ю. Динамический анализ условий раскладки на торцевых участках канавки мотального барабанчика. //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. -1997, №5, с. 33-37.
69. <http://www.textileclub.ru/index.php?option=articles&task=viewarticle&articleid=317&Itemid=3>

Приложение 1

Программа для моделирования механизма раскладки с рассеивающим устройством в программном комплексе EULER



Модель каретки нитеводителя

//каретка

scalar lk "длина каретки"=50 [mm];

scalar S "ширина каретки"=50 [mm];

```

scalar H "толщина каретки"=10 [mm];
scalar d6=285 [mm];
scalar d2=215 [mm];
scalar hg2=25 [mm];
scalar h1=20 [mm];
point point0=point( 0 [ m ], 0 [ m ], 0 [ m ] );
solid solid1=cylinder( point0, move( point0, projectX, h1 ), hg2/2, density = 1000 [
kg / m3 ] );
point point1=point( H/2, S/2-H/2, 0 [ m ] );
point point2=point( 0 [ m ], S/2, 0 [ m ] );
point point3=point( -H/2, S/2-H/2, 0 [ m ] );
plane plane1=planePV( point0, projectY, visible = hide: );
point point5=mirror( point3, plane1 );
point point6=mirror( point2, plane1 );
point point7=mirror( point1, plane1 );
line line1=circlePPP( point1, point3, point2 );
line line2=circlePPP( point5, point7, point6 );
line line3=polyLine( list( point7, point1 ) );
line line4=polyLine( list( point3, point5 ) );
line line5=compoundLine( list( line3, line1, line4, line2 ) );
solid solid3=extrude( line5, move( point0, projectZ, lk/2 ), move( point0, reverse(
projectZ ), lk/2 ) );
group group1=group( list( solid1, solid3 ) );

```

^//

^ Параметры агрегата;
set parameters = (d6, d2, hg2);

^//

^ Фильтр агрегата;
set privateType = ALL;
set publicType = solid;
set publicType = point;
set publicType = group;
set publicType = flag;
set publicType = list;
set publicType = CONSTRAINT;

^//

^ Единицы измерения;
set units = SI;

Модель промежуточной каретки

```
//каретка
scalar lk "длина каретки"=70 [mm];
scalar S "ширина каретки"=70 [mm];
scalar H "толщина каретки"=10 [mm];
scalar d6=285 [mm];
scalar d2=215 [mm];
scalar hg2=25 [mm];
scalar h1=hg2+(d6-d2)/2;
scalar h2=15 [mm];
point point0=point( 0 [ m ], 0 [ m ], 0 [ m ] );
solid solid1=cylinder( point0, move( point0, projectX, h1 ), hg2/2, density = 1000 [
kg / m3 ] );
solid solid2=cylinder( point0, move( point0, reverse( projectX ), h2 ), hg2/2 );
point point1=point( H/2, S/2-H/2, 0 [ m ] );
point point2=point( 0 [ m ], S/2, 0 [ m ] );
point point3=point( -H/2, S/2-H/2, 0 [ m ] );
plane plane1=planePV( point0, projectY, visible = hide: );
point point5=mirror( point3, plane1 );
point point6=mirror( point2, plane1 );
point point7=mirror( point1, plane1 );
line line1=circlePPP( point1, point3, point2 );
line line2=circlePPP( point5, point7, point6 );
line line3=polyLine( list( point7, point1 ) );
line line4=polyLine( list( point3, point5 ) );
line line5=compoundLine( list( line3, line1, line4, line2 ) );
solid solid3=extrude( line5, move( point0, projectZ, lk/2 ), move( point0, reverse(
projectZ ), lk/2 ) );
group group1=group( list( solid1, solid2, solid3 ) );
```

^////////////////////////////////////

^ Параметры агрегата;
set parameters = (d6, d2, hg2);

^////////////////////////////////////

^ Фильтр агрегата;
set privateType = ALL;
set publicType = solid;
set publicType = point;
set publicType = group;
set publicType = flag;
set publicType = list;
set publicType = CONSTRAINT;

```

\////////////////////////////////////
\  Единицы измерения;
set units = SI;

```

Модель промежуточного барабана

```

// промежуточный барабан
scalar E2=110 [mm];
scalar d6=285 [mm];
scalar d6in=285 [mm]-2*30[mm];
scalar lk=100 [mm];
scalar delta3=5 [mm];
scalar b6=10 [mm];
scalar c6=20 [mm];
scalar l6=E2+lk+2*(b6+c6+delta3);
scalar c2=10 [mm];
scalar l2=155 [mm];
point point0=point( 0 [ m ], 0 [ m ], 0 [ m ] );
point pc=move( point0, reverse( projectZ ), c6+c2 );
solid solid1=cylinder( pc, move( pc, reverse( projectZ ), b6 ), d6/2, density = 1000
[ kg / m3 ] );
point pd=move( pc, projectZ, l2+c6 );
solid solid2=cylinder( pd, move( pd, projectZ, b6 ), d6/2, density = 1000 [ kg / m3
] );
point point1=move( pc, projectY, d6/2 );
point point2=move( pc, projectY, d6in/2 );
point point3=move( pd, projectY, d6/2 );
point point4=move( pd, projectY, d6in/2 );
line line2=polyLine( list( point1, point2, point4, point3, point1 ) );
solid solid3=spin( line2, projectZ, spinFi = 330 [deg], spinV0 = rotate( reverse(
projectX ), projectZ, 15 [deg] ), density = 1000 [ kg / m3 ] );
group group1=group( list( solid1, solid2, solid3 ) );

```

```

\////////////////////////////////////
\  Параметры агрегата;
set parameters = (E2, c2);

```

```

\////////////////////////////////////
\  Фильтр агрегата;
set privateType = ALL;
set publicType = solid;
set publicType = point;

```

```

set publicType = group;
set publicType = flag;
set publicType = list;
set publicType = CONSTRAINT;

```

```

\////////////////////////////////////

```

```

\  Единицы измерения;
set units = SI;

```

Модель кулачка раскладки

```

// кулачок раскладки
scalar E2=110 [mm];
scalar l2=155 [mm];
scalar d1=305 [mm];
scalar d1in=d1-2*5[mm];
scalar lk=100 [mm];
scalar delta3=5 [mm];
scalar b6=10 [mm];
scalar c6=20 [mm];
scalar l6=E2+lk+2*(b6+c6+delta3);
scalar c2=10 [mm];
point point0=point( 0 [ m ], 0 [ m ], 0 [ m ] );
point pc=move( point0, reverse( projectZ ), c6+c2+b6+c2 );
solid solid1=cylinder( pc, move( pc, reverse( projectZ ), b6 ), d1/2, density = 1000
[ kg / m3 ] );
point pd=move( pc, projectZ, l2+c6+c2+b6+c2+b6 );
solid solid2=cylinder( pd, move( pd, projectZ, b6 ), d1/2, density = 1000 [ kg / m3
] );
point point1=move( pc, projectY, d1/2 );
point point2=move( pc, projectY, d1in/2 );
point point3=move( pd, projectY, d1/2 );
point point4=move( pd, projectY, d1in/2 );
line line2=polyLine( list( point1, point2, point4, point3, point1 ) );
solid solid3=spin( line2, projectZ, spinFi = 360 [ deg ], spinV0 = rotate( reverse(
projectX ), projectZ, 15 [deg] ), density = 1000 [ kg / m3 ] );
group group1=group( list( solid1, solid2, solid3 ) );

```

```

\////////////////////////////////////

```

```

\  Параметры агрегата;
set parameters = (E2, c2);

```

```

\////////////////////////////////////

```

```

^ Фильтр агрегата;
set privateType = ALL;
set publicType = solid;
set publicType = point;
set publicType = group;
set publicType = flag;
set publicType = list;
set publicType = CONSTRAINT;

```

```

^////////////////////////////////////

```

```

^ Единицы измерения;
set units = SI;

```

Координаты точек для построения линии наклонного паза в теле кулачка раскладки (для $\alpha = 20$, град)

3

X [mm]

Y [mm]

Z [mm]

// X Y Z

49.63797592	95.35366457	0
45.00592179	97.62539119	11.06486139
40.27020879	99.67226437	22.12972277
35.44174437	101.4895697	33.19458416
30.53164956	103.0731215	44.25944555
25.55123343	104.4192725	55.32430694
20.511967	105.5249222	66.38916832
15.42545686	106.3875241	77.45402971
10.3034184	107.0050913	88.5188911
5.157648816	107.3762015	99.58375248
6.58517E-15	107.5	110.6486139

Координаты точек для построения линии наклонного паза в теле кулачка раскладки (для $\alpha = 25$, град)

3

X [mm]

Y [mm]

Z [mm]

// X Y Z

60.11323712	89.12153905	0
-------------	-------------	---

54.72195219	92.5297679	11.04906113
49.13802716	95.61226013	22.09812225
43.38111936	98.35816429	33.14718338
37.47149509	100.7578139	44.19624451
31.42995826	102.8027613	55.24530564
25.27777716	104.4858076	66.29436676
19.03660958	105.8010279	77.34342789
12.72842659	106.7437921	88.39248902
6.375435159	107.3107815	99.44155014
-8.8894E-14	107.5	110.4906113

Координаты точек для построения линии паза 6 (для $\alpha = 30$, град)

3
 X [mm]
 Y [mm]
 Z [mm]

// X	Y	Z
70.95017931	80.76089435	0
64.94956177	85.66098544	11.06646976
58.61162351	90.11618939	22.13293952
51.96928113	94.10336774	33.19940928
45.05703215	97.60181276	44.26587904
37.91077589	100.593355	55.33234879
30.567627	103.0624577	66.39881855
23.06572271	104.9962972	77.46528831
15.44402475	106.3848302	88.53175807
7.742117028	107.2208451	99.59822783
3.0455E-14	107.5	110.6646976

Координаты точек для построения линии наклонного паза в теле кулачка раскладки (для $\alpha = 35$, град)

3
 X [mm]
 Y [mm]
 Z [mm]

// X	Y	Z
39.39888187	100.0198886	0
35.61882301	101.4275576	11.08302782
31.78861538	102.6924239	22.16605565
27.91365164	103.8127066	33.24908347

23.99938747	104.7868284	44.3321113
20.05133387	105.6134178	55.41513912
16.07504942	106.291311	66.49816695
12.07613244	106.8195536	77.58119477
8.060213134	107.1974019	88.6642226
4.032945617	107.4243238	99.74725042
-1.12764E-13	107.5	110.8302782

Координаты точек для построения линии замкнутого паза в кулачке рассеивания

3

X [mm]

Y [mm]

Z [mm]

// X	Y	Z
107.5	0	110
107.49785	0.68013	109.98554
107.49139	1.36023	109.94207
107.48064	2.04028	109.86937
107.46558	2.72024	109.76701
107.44622	3.4001	109.63443
107.42255	4.07982	109.47085
107.39459	4.75937	109.27526
107.36233	5.43874	109.04642
105.30057	21.63426	103.64178
100.81004	37.33077	98.23714
93.99432	52.16626	92.8325
85.01061	65.79852	87.42785
74.06614	77.91314	82.02321
61.41332	88.23069	76.61857
47.344	96.51319	71.21393
32.18269	102.56961	65.80928
16.27908	106.26025	60.40464
3.0455E-14	107.5	55
-16.27908	106.26025	49.59536
-32.18269	102.56961	44.19072
-47.344	96.51319	38.78607
-61.41332	88.23069	33.38143
-74.06614	77.91314	27.97679
-85.01061	65.79852	22.57215
-93.99432	52.16626	17.1675
-100.81004	37.33077	11.76286

-105.30057	21.63426	6.35822
-107.36233	5.43874	0.95358
-107.39459	4.75937	0.72474
-107.42255	4.07982	0.52915
-107.44622	3.4001	0.36557
-107.46558	2.72024	0.23299
-107.48064	2.04028	0.13063
-107.49139	1.36023	0.05793
-107.49785	0.68013	0.01446
-107.5	-1.77788E-13	0
-107.49785	-0.68013	0.01446
-107.49139	-1.36023	0.05793
-107.48064	-2.04028	0.13063
-107.46558	-2.72024	0.23299
-107.44622	-3.4001	0.36557
-107.42255	-4.07982	0.52915
-107.39459	-4.75937	0.72474
-107.36233	-5.43874	0.95358
-105.30057	-21.63426	6.35822
-100.81004	-37.33077	11.76286
-93.99432	-52.16626	17.1675
-85.01061	-65.79852	22.57215
-74.06614	-77.91314	27.97679
-61.41332	-88.23069	33.38143
-47.344	-96.51319	38.78607
-32.18269	-102.56961	44.19072
-16.27908	-106.26025	49.59536
4.5764E-13	-107.5	55
16.27908	-106.26025	60.40464
32.18269	-102.56961	65.80928
47.344	-96.51319	71.21393
61.41332	-88.23069	76.61857
74.06614	-77.91314	82.02321
85.01061	-65.79852	87.42785
93.99432	-52.16626	92.8325
100.81004	-37.33077	98.23714
105.30057	-21.63426	103.64178
107.36233	-5.43874	109.04642
107.39459	-4.75937	109.27526
107.42255	-4.07982	109.47085
107.44622	-3.4001	109.63443
107.46558	-2.72024	109.76701
107.48064	-2.04028	109.86937
107.49139	-1.36023	109.94207

107.49785	-0.68013	109.98554
107.5	0	110

Координаты точек для построения линии замкнутого паза в кулачке раскладки (при радиусном сопряжении)

3

X [mm]

Y [mm]

Z [mm]

// X Y Z

9.34176E-15	-152.5	50
2.628226647	-152.4773505	50.03838741
5.2556726	-152.4094088	50.15364803
7.881557396	-152.2961951	50.34607836
10.50510104	-152.137743	50.61617679
13.12552422	-151.9340996	50.96465018
15.74204857	-151.6853253	51.39242321
18.35389686	-151.391494	51.900651
20.96029327	-151.0526931	52.49073532
42.31605634	-146.5114377	57.74166179
62.80445218	-138.9670853	62.99258826
82.00552284	-128.5742751	68.24351473
99.52569718	-115.5460324	73.49444119
115.0058579	-100.1494016	78.74536766
128.1287028	-82.69997292	83.99629413
138.6252481	-63.55541354	89.2472206
146.2803425	-43.10813627	94.49814706
150.9370767	-21.77725621	99.74907353
152.5	0	105
150.9370767	21.77725621	110.2509265
146.2803425	43.10813627	115.5018529
138.6252481	63.55541354	120.7527794
128.1287028	82.69997292	126.0037059
115.0058579	100.1494016	131.2546323
99.52569718	115.5460324	136.5055588
82.00552284	128.5742751	141.7564853
62.80445218	138.9670853	147.0074117
42.31605634	146.5114377	152.2583382
20.96029327	151.0526931	157.5092647
18.35389686	151.391494	158.099349
15.74204857	151.6853253	158.6075768
13.12552422	151.9340996	159.0353498

10.50510104	152.137743	159.3838232
7.881557396	152.2961951	159.6539216
5.2556726	152.4094088	159.846352
2.628226647	152.4773505	159.9616126
7.70654E-14	152.5	160
-2.628226647	152.4773505	159.9616126
-5.2556726	152.4094088	159.846352
-7.881557396	152.2961951	159.6539216
-10.50510104	152.137743	159.3838232
-13.12552422	151.9340996	159.0353498
-15.74204857	151.6853253	158.6075768
-18.35389686	151.391494	158.099349
-20.96029327	151.0526931	157.5092647
-42.31605634	146.5114377	152.2583382
-62.80445218	138.9670853	147.0074117
-82.00552284	128.5742751	141.7564853
-99.52569718	115.5460324	136.5055588
-115.0058579	100.1494016	131.2546323
-128.1287028	82.69997292	126.0037059
-138.6252481	63.55541354	120.7527794
-146.2803425	43.10813627	115.5018529
-150.9370767	21.77725621	110.2509265
-152.5	-4.90401E-14	105
-150.9370767	-21.77725621	99.74907353
-146.2803425	-43.10813627	94.49814706
-138.6252481	-63.55541354	89.2472206
-128.1287028	-82.69997292	83.99629413
-115.0058579	-100.1494016	78.74536766
-99.52569718	-115.5460324	73.49444119
-82.00552284	-128.5742751	68.24351473
-62.80445218	-138.9670853	62.99258826
-42.31605634	-146.5114377	57.74166179
-20.96029327	-151.0526931	52.49073532
-18.35389686	-151.391494	51.900651
-15.74204857	-151.6853253	51.39242321
-13.12552422	-151.9340996	50.96465018
-10.50510104	-152.137743	50.61617679
-7.881557396	-152.2961951	50.34607836
-5.2556726	-152.4094088	50.15364803
-2.628226647	-152.4773505	50.03838741
3.78316E-13	-152.5	50

Координаты точек для построения линии замкнутого паза в кулачке раскладки (при синусоидальном сопряжении)

3

X [mm]

Y [mm]

Z [mm]

// X Y Z

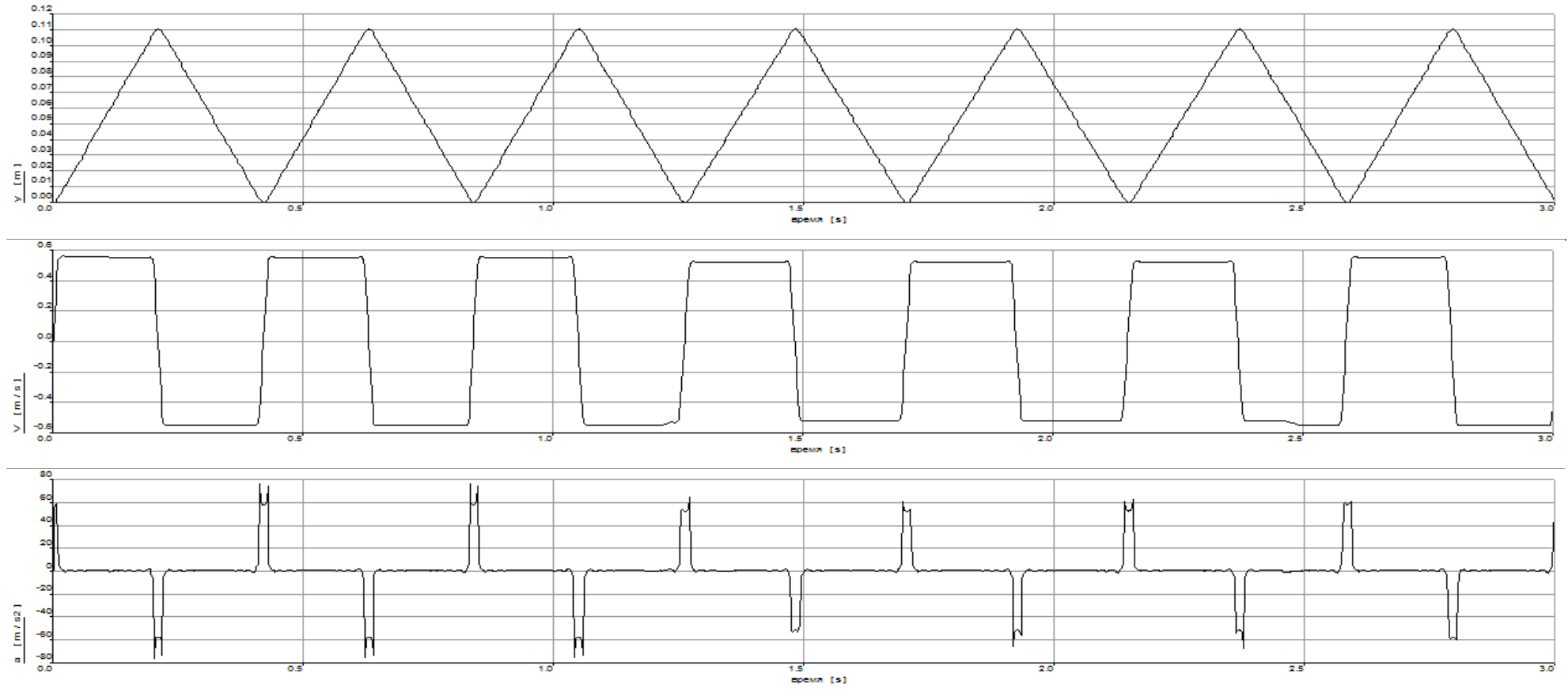
9.34176E-15	-152.5	50
2.628226647	-152.4773505	50.03950283
5.2556726	-152.4094088	50.15801103
7.881557396	-152.2961951	50.35552371
10.50510104	-152.137743	50.63203938
13.12552422	-151.9340996	50.98755595
15.74204857	-151.6853253	51.42207076
18.35389686	-151.391494	51.93558054
20.96029327	-151.0526931	52.52808142
42.31605634	-146.5114377	57.77527235
62.80445218	-138.9670853	63.02246327
82.00552284	-128.5742751	68.2696542
99.52569718	-115.5460324	73.51684513
115.0058579	-100.1494016	78.76403606
128.1287028	-82.69997292	84.01122699
138.6252481	-63.55541354	89.25841792
146.2803425	-43.10813627	94.50560885
150.9370767	-21.77725621	99.75279978
152.5	0	104.9999907
150.9370767	21.77725621	110.2471816
146.2803425	43.10813627	115.4943726
138.6252481	63.55541354	120.7415635
128.1287028	82.69997292	125.9887544
115.0058579	100.1494016	131.2359454
99.52569718	115.5460324	136.4831363
82.00552284	128.5742751	141.7303272
62.80445218	138.9670853	146.9775181
42.31605634	146.5114377	152.2247091
20.96029327	151.0526931	157.4719
18.35389686	151.391494	158.0644195
15.74204857	151.6853253	158.5779292
13.12552422	151.9340996	159.012444
10.50510104	152.137743	159.3679606
7.881557396	152.2961951	159.6444763
5.2556726	152.4094088	159.841989

2.628226647	152.4773505	159.9604972
7.70654E-14	152.5	160
-2.628226647	152.4773505	159.9604972
-5.2556726	152.4094088	159.841989
-7.881557396	152.2961951	159.6444763
-10.50510104	152.137743	159.3679606
-13.12552422	151.9340996	159.012444
-15.74204857	151.6853253	158.5779292
-18.35389686	151.391494	158.0644195
-20.96029327	151.0526931	157.4719186
-42.31605634	146.5114377	152.2247091
-62.80445218	138.9670853	146.9775181
-82.00552284	128.5742751	141.7303272
-99.52569718	115.5460324	136.4831363
-115.0058579	100.1494016	131.2359454
-128.1287028	82.69997292	125.9887544
-138.6252481	63.55541354	120.7415635
-146.2803425	43.10813627	115.4943726
-150.9370767	21.77725621	110.2471816
-152.5	-4.90401E-14	104.9999907
-150.9370767	-21.77725621	99.75279978
-146.2803425	-43.10813627	94.50560885
-138.6252481	-63.55541354	89.25841792
-128.1287028	-82.69997292	84.01122699
-115.0058579	-100.1494016	78.76403606
-99.52569718	-115.5460324	73.51684513
-82.00552284	-128.5742751	68.2696542
-62.80445218	-138.9670853	63.02246327
-42.31605634	-146.5114377	57.77527235
-20.96029327	-151.0526931	52.52808142
-18.35389686	-151.391494	51.93558054
-15.74204857	-151.6853253	51.42207076
-13.12552422	-151.9340996	50.98755595
-10.50510104	-152.137743	50.63203938
-7.881557396	-152.2961951	50.35552371
-5.2556726	-152.4094088	50.15801103
-2.628226647	-152.4773505	50.03950283
3.78316E-13	-152.5	50

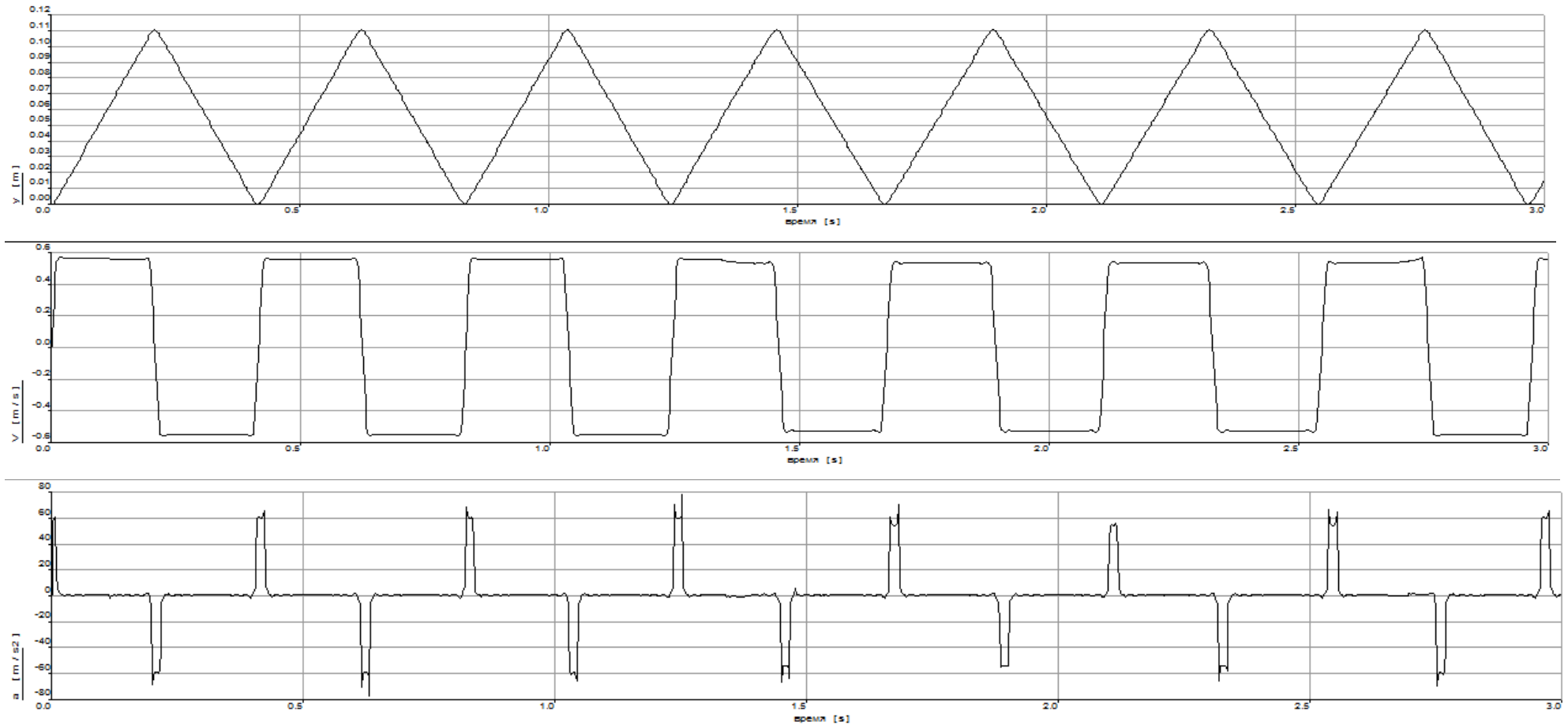
Приложение 2

Результаты экспериментальных исследований при радиусном сопряжении винтовых линий паза кулачка раскладки на участке реверса

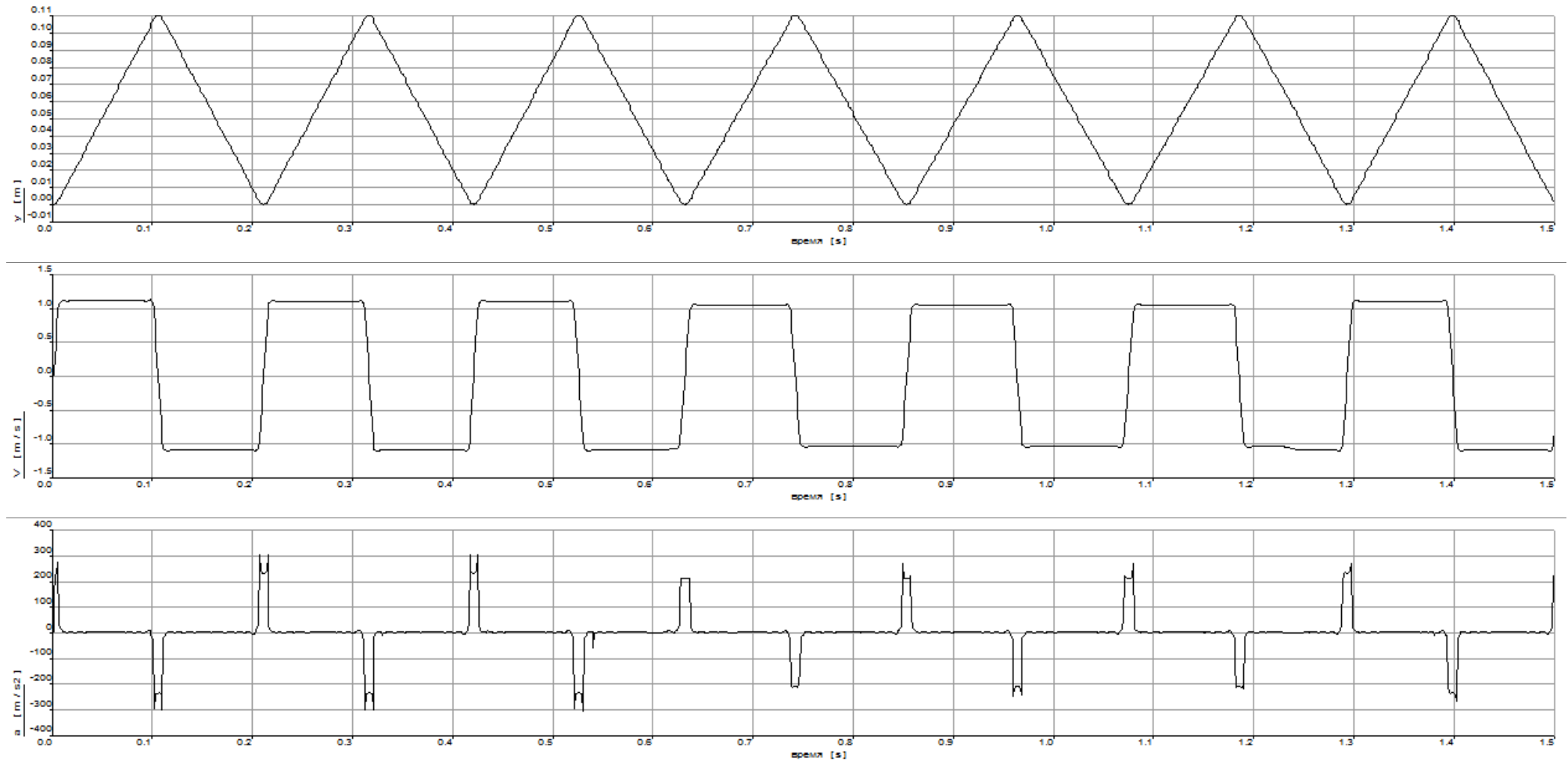
Угол наклона паза $\lambda = 25^\circ$; скорость $v = 2,5$; Цикл $C = 5,73$.



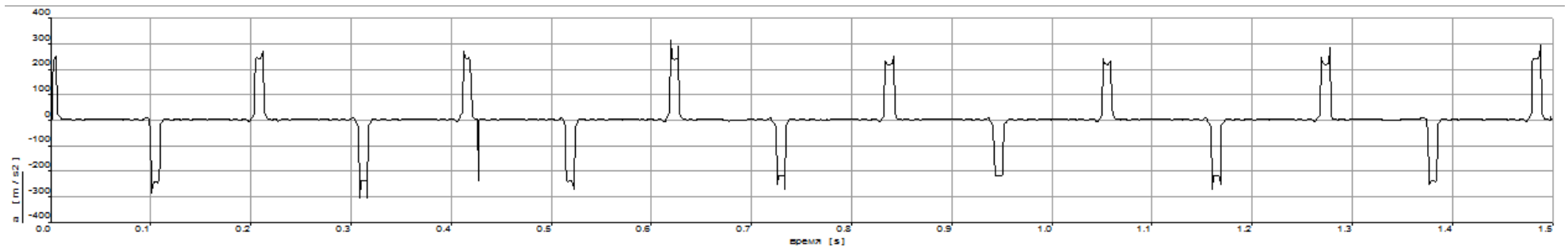
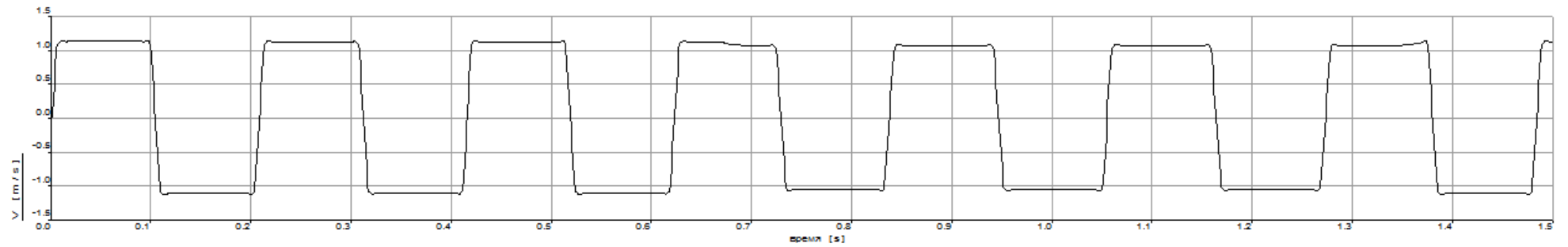
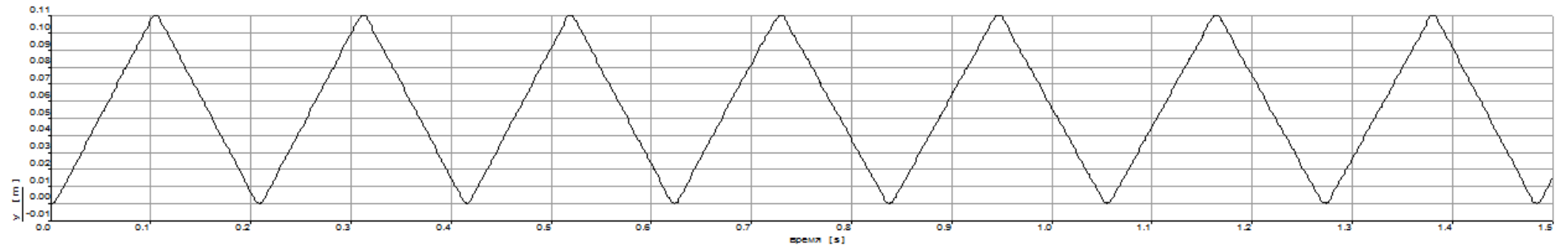
Угол наклона паза $\lambda = 25^\circ$; скорость $v = 2,5$; Цикл $C = 6,391$.



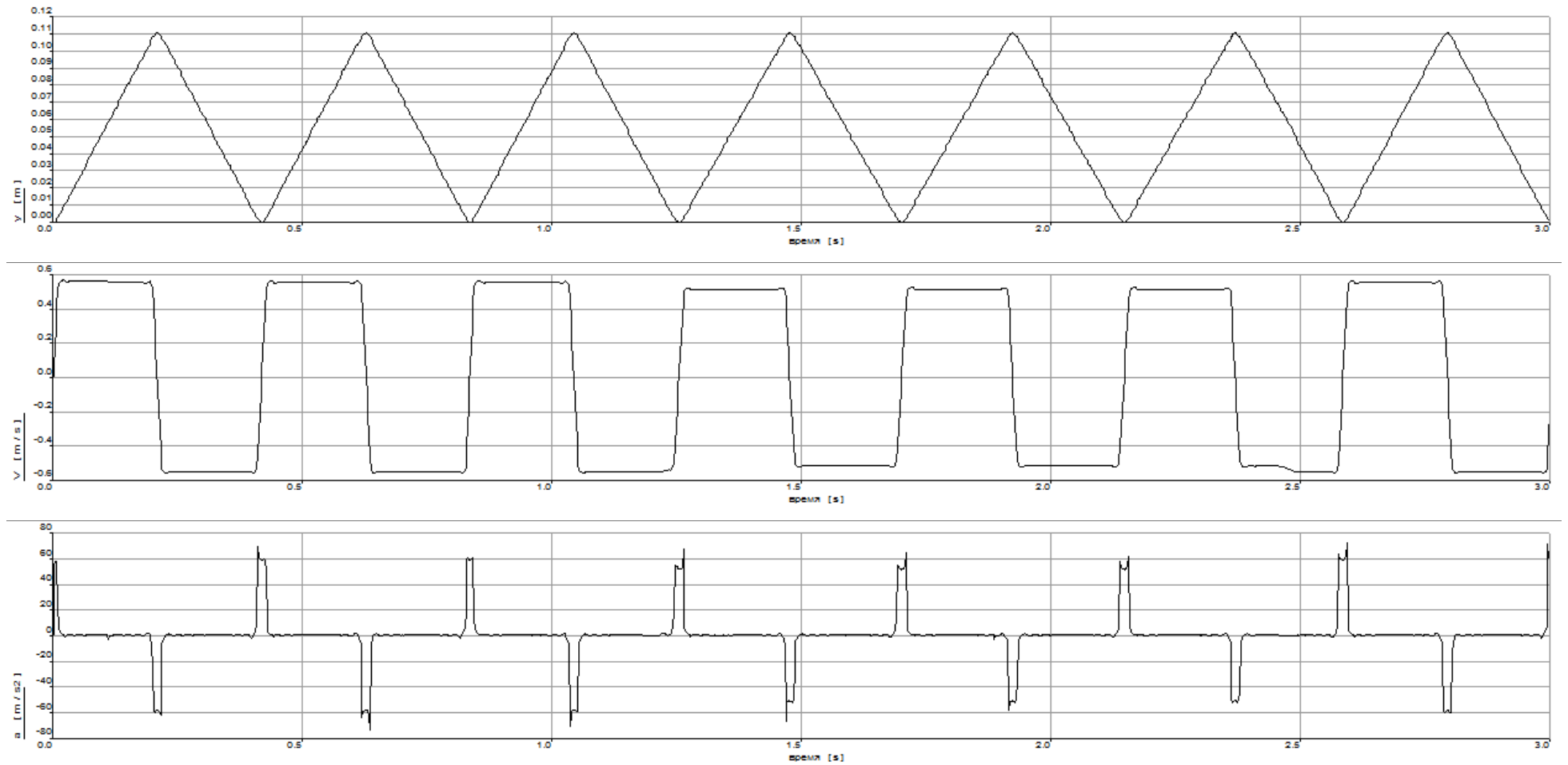
Угол наклона паза $\lambda = 25^\circ$; скорость $v = 5$; Цикл $C = 5,73$.



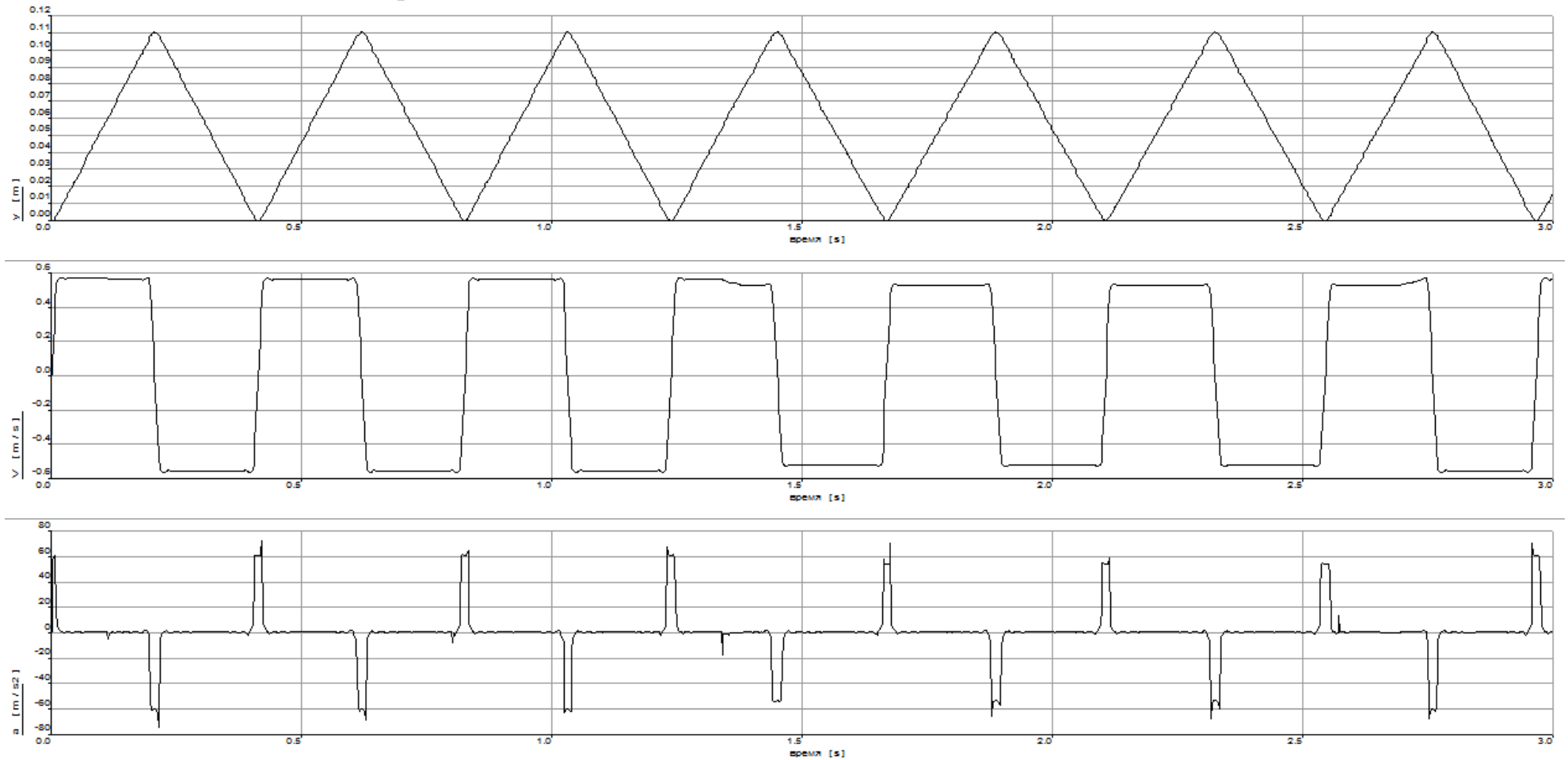
Угол наклона паза $\lambda = 25^\circ$; скорость $v = 5$; Цикл $C = 6,391$.



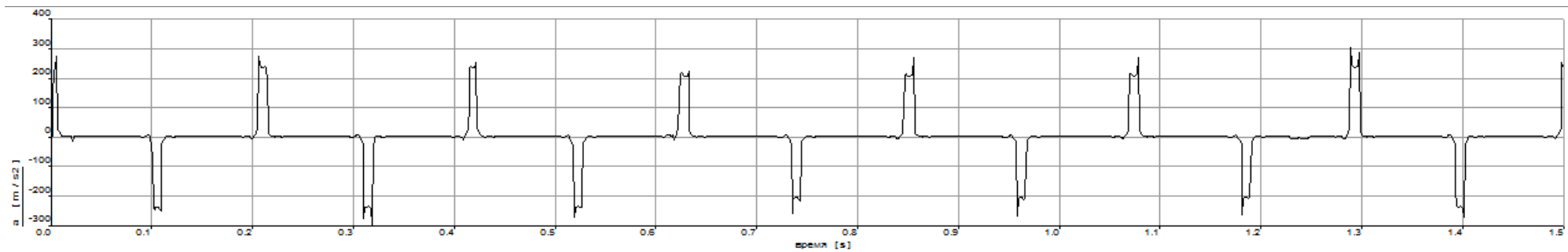
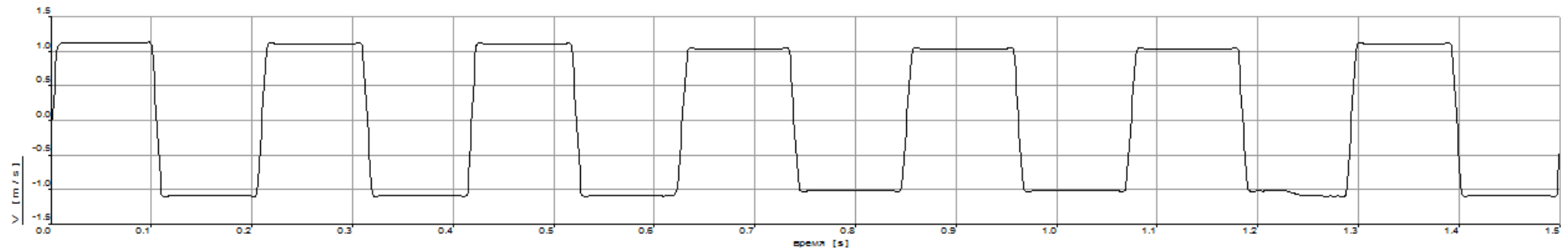
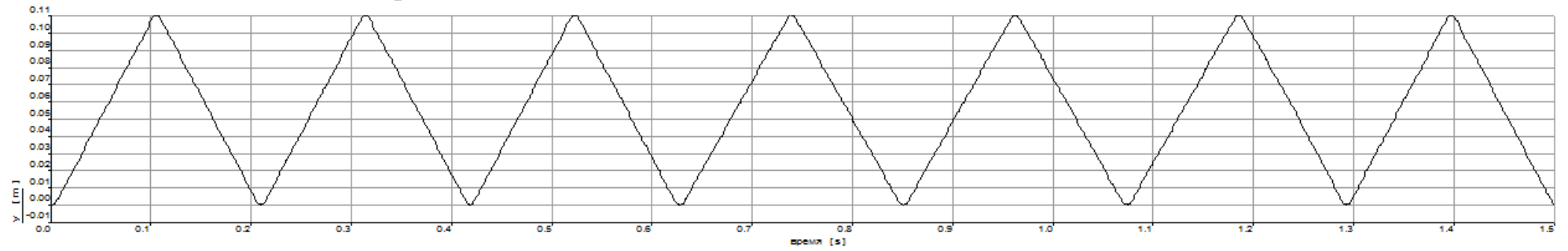
Угол наклона паза $\lambda = 30^\circ$; скорость $v = 2,5$; Цикл $C=5,73$.



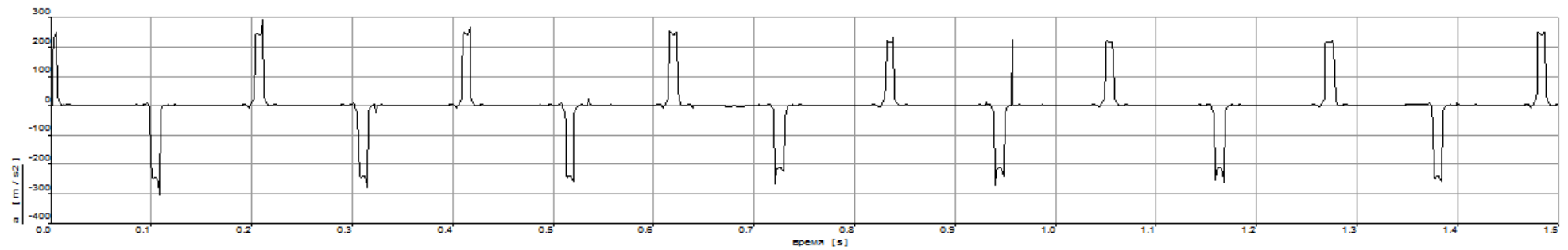
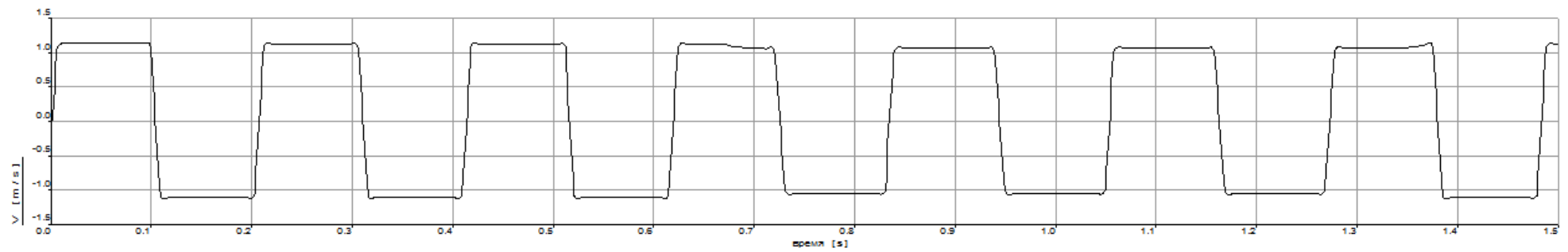
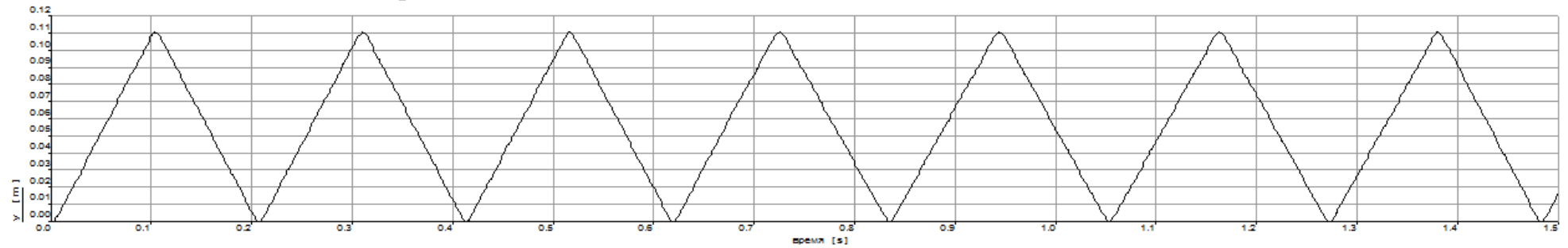
Угол наклона паза $\lambda = 30^\circ$; скорость $v = 2,5$; Цикл $C = 6.391$.



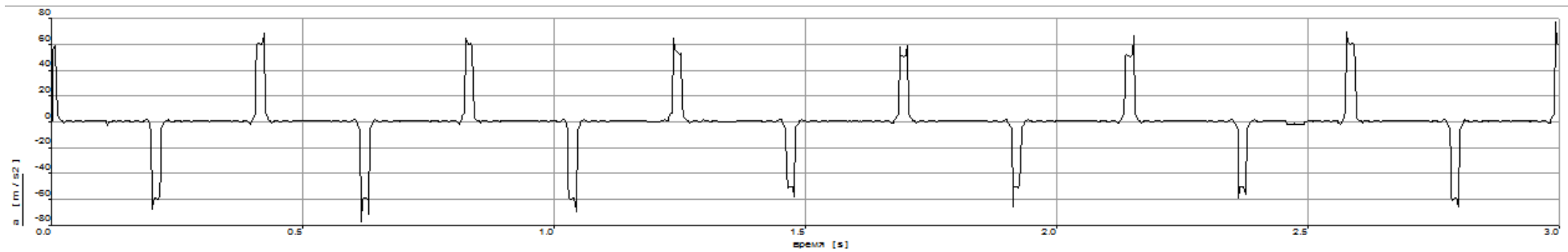
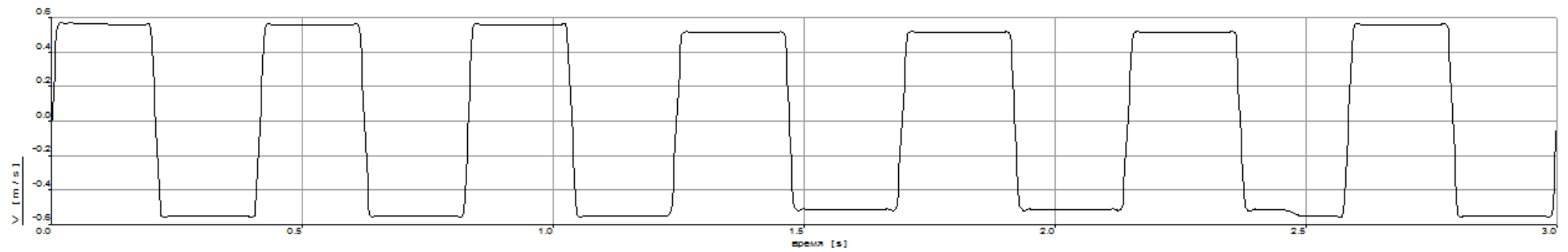
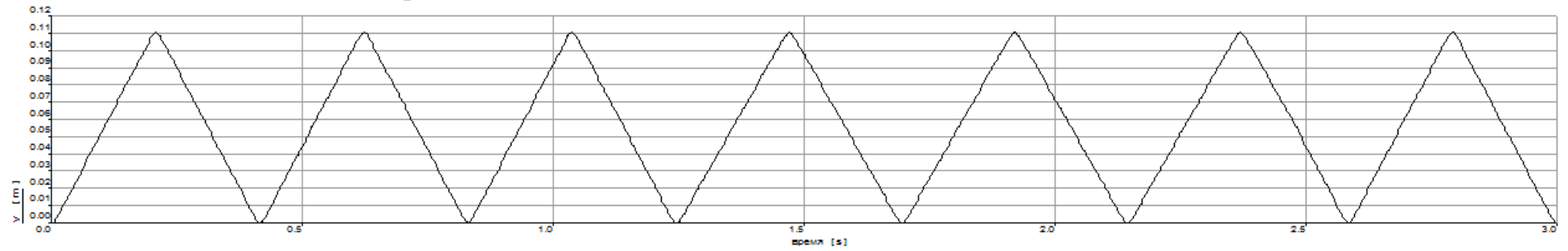
Угол наклона паза $\lambda = 30^\circ$; скорость $v = 2,5$; Цикл $C = 5,73$.



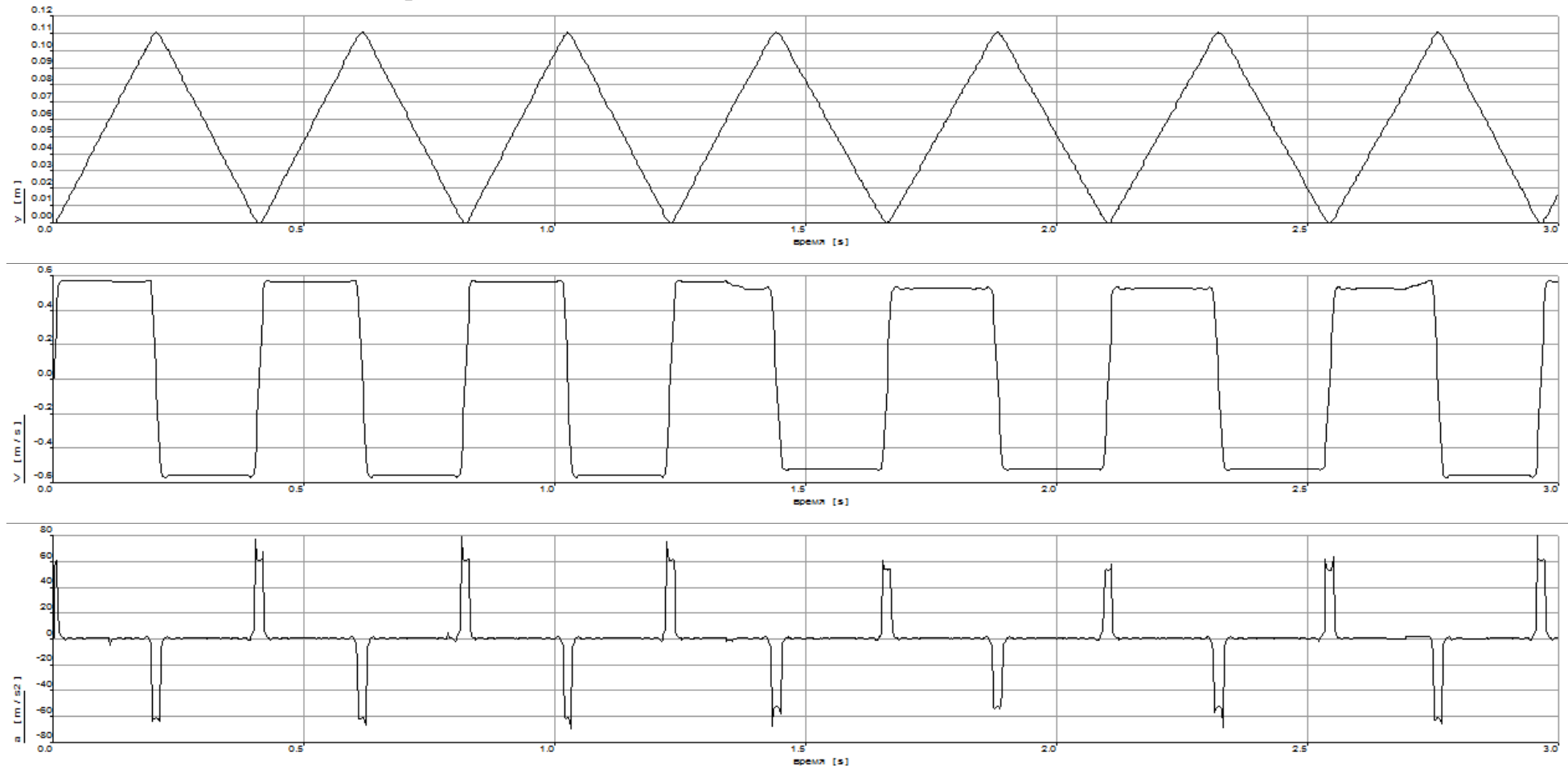
Угол наклона паза $\lambda = 30^\circ$; скорость $v = 2,5$; Цикл $C = 6,391$.



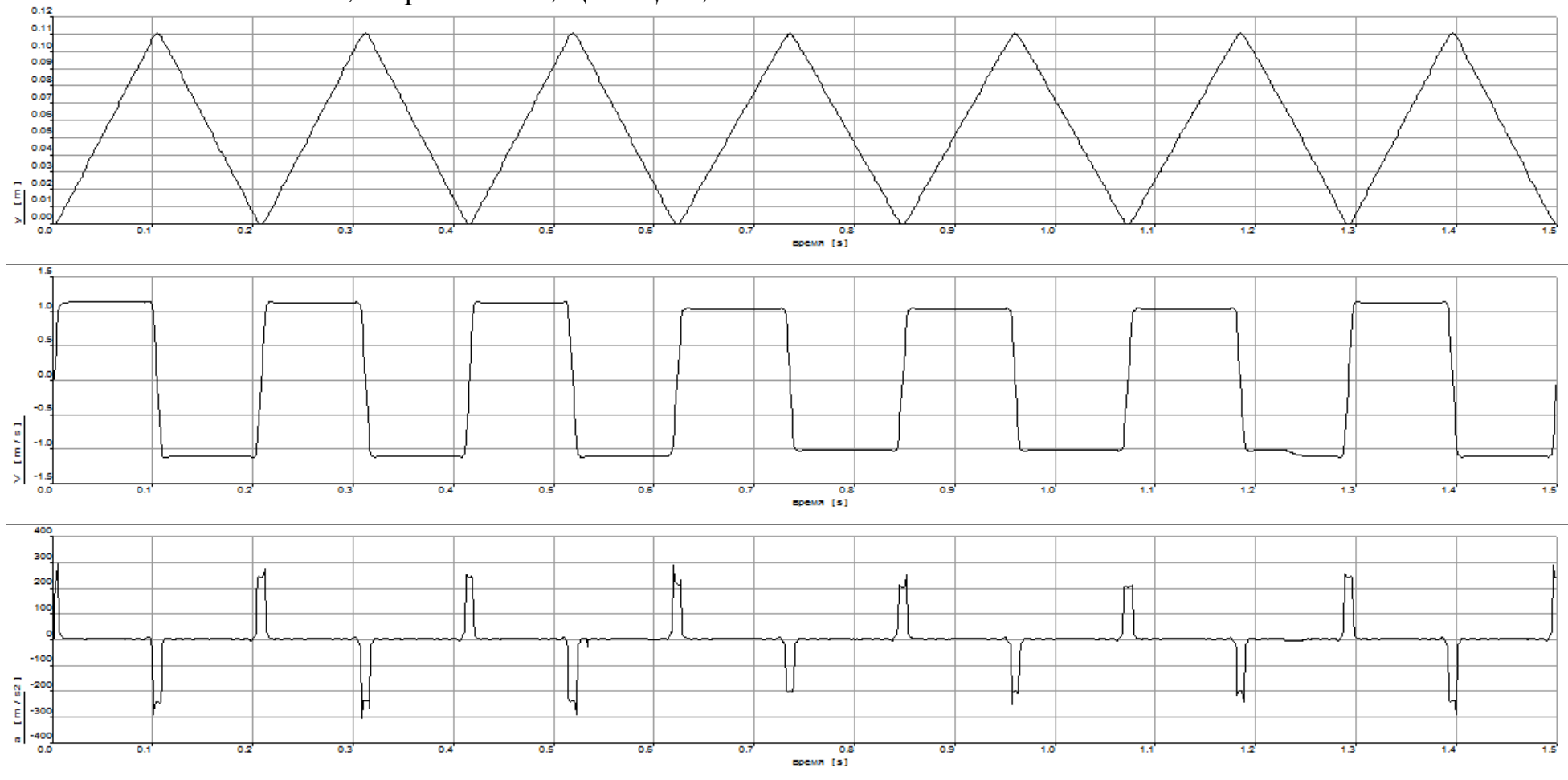
Угол наклона паза $\lambda = 35^\circ$; скорость $v = 2,5$; Цикл $C = 5,73$.



Угол наклона паза $\lambda = 35^\circ$; скорость $v = 2,5$; Цикл $C = 6,391$.



Угол наклона паза $\lambda = 35^\circ$; скорость $\nu = 5$; Цикл $C = 5,73$.



Угол наклона паза $\lambda = 35^\circ$; скорость $v = 5$; Цикл $C=6,391$.

