

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

УДК 621.867

На правах рукописи

ШАЯХМЕТОВ ЕРЖАН ЯРНАРОВИЧ

**Конструктивное и технологическое обеспечение качества роlikоопор
ленточных конвейеров, работающих в тяжелых условиях**

6D071200 - Машиностроение

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научные консультанты
доктор технических наук,
профессор Мендебаев Т.М.

доктор PhD,
профессор Станислав Завислак

Республика Казахстан
Алматы, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	4
ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	6
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ В ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ.....	14
1.1 Анализ эксплуатации ленточных конвейеров в реальных условиях производства.....	14
1.2 Конструкции роликов, применяемые в ленточных конвейерах, факторы, влияющие на качество их изготовления и сборку.....	19
1.3 Анализ причин выхода из строя роликоопор ленточных конвейеров, влияние нагрузок на узлы ленточных конвейеров.....	32
1.4 Постановка цели и задач исследования.....	37
1.5 Выводы по разделу.....	37
2 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ ОПОРНЫХ РОЛИКОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ	38
2.1 Методика определения перспективы конструкций роликов на основе инженерного прогнозирования	38
2.2 Прогнозирование по патентам перспективности конструкций роликов конвейеров	42
2.3 Обоснование предлагаемой конструкции опорного ролика конвейера.....	46
2.4 Выводы по разделу.....	47
3 РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ОПОРНОГО РОЛИКА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	48
3.1 Основные требования к сборочному узлу – опорный ролик ленточного конвейера.....	48
3.2 Выявление размерных цепей и расчет допусков размеров	51
3.3 Рекомендации по организации технологического процесса сборки опорного ролика	65
3.4 Выводы по разделу.....	66
4 МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РОЛИКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАГРУЗОК.....	67
4.1 Расчет нагрузок на роликоопоры ленточного конвейера.....	67
4.2 Моделирование нагружения ролика ленточного конвейера в среде Femap with NX Nastran.....	73
4.3 Компьютерное моделирование работы опорного ролика новой конструкции в условиях переменного нагружения.....	78
4.4 Выводы по разделу.....	86

5	ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА	88
	ИЗГОТОВЛЕНИЯ РОЛИКОВ КОНВЕЙЕРА.....	
5.1	Конструкции элементов ролика и рекомендации по их технологической обработке	88
5.2	Разработка рациональной технологии изготовления ступицы	107
5.3	Методика прогнозирования шероховатости при токарной обработке, с учетом систематических и случайных параметров.....	115
5.4	Имитационное стохастическое моделирование формирования шероховатости при токарной обработке внутренних поверхностей	126
5.5	Методика планирования и результаты экспериментальных исследований	132
5.6	Расчет экономической эффективности внедрения ролика.....	141
5.7	Выводы по разделу.....	152
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	154
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	156
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	166

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7.12–93 - Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила.

ГОСТ 7.1-84 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 6.38-90 Унифицированные системы документации. Система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов.

ГОСТ 8.417–81 - Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин.

ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 7.9-95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования.

ГОСТ Р 15.011-96 - Патентные исследования. Содержание и порядок проведения.

ГОСТ 22646 – 77 (СТ СЭВ 1334-78). Конвейеры ленточные. Ролики. Типы и основные размеры.

ГОСТ 22644 – 77 (СТ СЭВ 1333-78). Конвейеры ленточные. Основные параметры и размеры.

ГОСТ 520-2002. Подшипники качения. Общие технические условия.

ГОСТ 7242-81 (СТ СЭВ 3793-82) Подшипники шариковые радиальные однорядные с защитными шайбами.

ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

ГОСТ 23270-89. Трубы-заготовки для механической обработки. Технические условия.

ГОСТ 14963-78. Проволока стальная легированная пружинная. Технические условия.

ГОСТ 9389-75. Проволока стальная углеродистая пружинная. Технические условия

ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия.

ГОСТ 13113-83. Штампы для листовой штамповки. Плиты-заготовки для штампов с осевым расположением направляющих узлов. Конструкция и размеры.

ГОСТ 21173-83. Штампы для листовой штамповки. Блоки штампов с четырьмя направляющими узлами скольжения. Конструкция и размеры

ГОСТ 13118-83 (СТ СЭВ 3329-81) Штампы для листовой штамповки. Колонки направляющие гладкие. Конструкция и размеры

ГОСТ 13120-83 (СТ СЭВ 3330-81) Штампы для листовой штамповки. Втулки направляющие гладкие. Конструкция и размеры

ГОСТ 13125-83 (СТСЭВ 3326-81). Штампы для листовой штамповки. Блоки штампов с задним расположением направляющих узлов скольжения. Конструкции и размеры.

ГОСТ 16716-71 "Хвостовики с резьбой для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры"

ГОСТ Р51984-2002 Конвейеры шахтные ленточные. Общие технические условия.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации использованы следующие термины с соответствующими определениями:

Ленточный конвейер - транспортирующее устройство непрерывного действия с рабочим органом в виде ленты.

Размерная цепь – это ряд расположенных в определенной последовательности по замкнутому контуру линейных или угловых размеров, определяющих взаимное расположение поверхностей детали, деталей в узле или узлов в машине.

Технический ресурс - наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта определенного вида до перехода в предельное состояние.

Срок службы - календарная продолжительность от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта определенного вида до перехода в предельное состояние.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ГПИИР - Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы (Указ президента Республики Казахстан от 1 августа 2014 года №874)

ЛК — ленточный конвейер;

ГОК – горно-обогатительный комбинат;

МНТ – машина непрерывного транспорта;

ПТМ – подъемно-транспортные машины;

ОКР – опытно конструкторские работы;

СОЖ – смазочно-охлаждающая жидкость;

ГПС - гибкие производственные системы;

РТК - роботизированные технологические комплексы;

АРИЗ – алгоритм решения изобретательских задач;

ТРИЗ – теория решения изобретательских задач;

ГОТ – генеральная определительная таблица;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина;

ИЗЧ – известно по чертежу;

ИЗП – известный промежуточный;

ИЗО – известный окончательный;

ОПР – верхние и нижние отклонения которые находятся по ГОСТ или нормам;

Е – соосность;

N – отклонение от перпендикулярности;

P – параллельность.

НИОКР - Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

ВВЕДЕНИЕ

Послание Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана от 14 декабря 2012 года, **СТРАТЕГИЯ «Казахстан-2050»** раскрывает политический курс нашего государства, в нем сказано что «сильное государство особенно важно для обеспечения условий ускоренного экономического роста» и «наша главная цель – к 2050 году создать общество благоденствия на основе сильного государства, развитой экономики и возможностей всеобщего труда». И одним из приоритетных направлений экономики является создание современного эффективного сектора горнодобывающей отрасли экономики и эффективное использование сырьевого потенциала, что невозможно без надежного функционирования машин и оборудования горнодобывающей промышленности, к которой и относятся рассматриваемый нами конвейерный транспорт [1].

Тема диссертации «Конструктивное и технологическое обеспечение качества роликкоопор ленточных конвейеров работающих в тяжелых условиях» соответствует согласно **Государственной программе индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы (Указ президента Республики Казахстан от 1 августа 2014 года №874)** одному из приоритетных секторов машиностроения - **производство машин и оборудования для горнодобывающей промышленности**. Согласно статистическим данным ГПИИР по этому сектору за 2008-2013 годы наблюдается степень износа основных средств до 38% за 2013 год, а одной из проблем является низкая конкурентоспособность производимой продукции: по цене – если сравнивать с Китаем и Россией, по качеству и производительности - со странами дальнего зарубежья. И выпуск качественного и конкурентоспособного горнодобывающего оборудования стоит очень остро.

Ленточный конвейер (ЛК) – одно из наиболее высокопроизводительных подъемно-транспортных средств, применяемых на горнодобывающих предприятиях, как на открытых рудниках, так и в подземных шахтах. ЛК являются одним из звеньев в системе горнодобывающего оборудования, и обеспечивает бесперебойный цикл технологического процесса. Простои ЛК недопустимы, поскольку они приводят к остановке всего предприятия, что вызывает серьезные экономические потери. Они стали более сложными, возросла производительность, существенно ужесточились стандарты экологической безопасности и охраны труда. В связи с этим, существенно возросли требования к составным элементам ЛК (это опорные ролики, прямые ролики, конвейерная лента, приводная станция и металлоконструкции). Особенно большие нагрузки в добывающей и горнорудной промышленности приходятся на ролики в узлах загрузки, поскольку здесь чаще всего присутствуют как динамические, так и ударные нагрузки. Основные составные элементы ЛК общего назначения стандартизованы. Однако можно выделить ролики как одни из самых массовых составляющих ленточного конвейера. При этом производство качественных деталей и узлов для ленточных конвейеров

тесно связано с устойчивым развитием машиностроения и во многом определяет дальнейшую функциональность, материалоемкость и энергоемкость ленточных конвейеров.

Диссертационная работа направлена на совершенствование конструкции опорных роликов ленточного конвейера, конструктивные особенности которых позволяют существенно увеличить сроки их эксплуатации, исследование работоспособности конструкции и выработку рекомендации по технологическому обеспечению качества деталей роликов.

Актуальность темы исследования

Из анализа опыта эксплуатации ленточных конвейеров на горнорудных предприятиях (добыча угля, известняка, гравия, различных рудных пород) видно, что большинство из них работает в условиях высокой влажности и запыленной среде, при этом в ходе эксплуатации эти факторы оказывают свое негативное влияние на узлы конвейеров. На долю роликов приходится до 40% всех затрат на ремонт и обслуживание и до 30% от стоимости всего конвейера. От их надежной работы зависит, как долго прослужит конвейерная лента, и сколько будет потреблять энергии вся конвейерная система. К роликам предъявляют высокие требования. Они должны быть недорогими, надежными; у них должно быть минимальное сопротивление вращению, они должны обеспечивать центрирование ленты; задавать ленте необходимую желобчатость и благоприятные условия работы. Таким образом, ролики являются одной из важнейших составляющих, которые определяют работоспособность и надежность ленточного конвейера, их качество влияет на долговечность ленты, которая является одним из дорогостоящих элементов конвейера (на ленту приходится около 60% всех эксплуатационных расходов) [2]. Следовательно, повышение надежности и долговечности опорных роликов конвейерных установок является актуальной задачей.

Цель исследования

Конструктивное и технологическое обеспечение качества опорных роликов ленточных конвейеров работающих в тяжелых условиях.

Основная идея работы

Состоит в повышении ресурса (срока службы) опорных роликов ленточных конвейеров, а соответственно и повышение надежности самих ленточных конвейеров, за счет совершенствования конструктивных параметров роликов и выработки рекомендаций по технологическому обеспечению качества деталей ролика.

Объект исследования

Опорный ролик ленточного конвейера для горнорудной промышленности, эксплуатируемого в тяжелых условиях. Под тяжелыми условиями подразумевается повышенная влажность, запыленность, агрессивная среда, перепады температур, т.е. условия характерные для горнорудной промышленности.

Предмет исследования

Факторы, как конструктивные, так и технологические, оказывающие влияние на надежность и срок службы опорного ролика ленточного конвейера.

В соответствии с целью исследования в работе были поставлены следующие задачи:

- систематизировать и провести анализ патентной и научно-технической информации о конструкциях роликов, технологии их изготовления и сборки, определить перспективность предлагаемых конструкций;
- разработать новые конструкции опорных роликов ленточных конвейеров, определить суммарные нагрузки, действующие на ролики новой конструкции;
- выполнить анализ напряженно-деформированного состояния ролика при переменном нагружении методами компьютерного моделирования;
- выполнить анализ технологии изготовления деталей опорных роликов, в том числе методами размерного анализа технологического процесса, разработать прогрессивную технологию изготовления деталей ролика;
- разработать имитационную стохастическую модель для прогнозирования шероховатости поверхности при токарной обработке, учитывающую систематические и случайные параметры, получить теоретические данные разброса шероховатости и сравнить их с экспериментальными данными.

Методы исследования

Методы исследования базируются на основных положениях таких наук как подъемно-транспортные машины, основы конструирования и детали машин, теория размерных цепей, размерный анализ технологических процессов, расчет допусков размеров, научные основы технологии машиностроения, инженерия поверхностей деталей.

Исследования по теме диссертации проводились на базе лабораторий института промышленной инженерии имени А.Буркитбаева КазНИТУ имени К.Сатпаева.

Исследования нагружения на опорные ролики конвейера с помощью программного комплекса Femap with NX Nastran проводились на базе лаборатории компьютерного моделирования техническо-гуманитарной академии г.Бельска-Бялы (Польша) в ходе зарубежной стажировки.

Измерения шероховатости производились на базе предприятия ТОО СП «КАЗЭЛЕКТРОПРИВОД» (г.Алматы), прибор для определения шероховатости - профилометр SurfTest SJ-210, производитель фирма Mitutoyo (Япония).

Научная новизна

- разработаны новые оригинальные конструкции опорных роликов, позволяющие улучшить их основные характеристики, такие как надежность, срок службы;
- методами инженерного прогнозирования определена перспективность конструкций опорных роликов новой конструкции;
- проведен анализ напряженно-деформированного состояния опорного ролика при переменных нагрузках с помощью программного комплекса Femap NX Nastran, при этом для ролика новой конструкции доказана возможность

совместного перекоса наружного кольца подшипника относительно внутреннего, что предотвращая защемление шариков подшипника, увеличивает срок службы ролика;

- разработана математическая модель, показывающая связь между нагрузкой и деформациями, дан прогноз дальнейшего изменения деформации от нагрузки;

- разработана имитационная стохастическая модель формообразования шероховатости поверхности для токарной обработки (расточивание внутренней поверхности), с учетом систематических и случайных параметров, разработан алгоритм расчета шероховатости и программа для ЭВМ «Расчет законов распределения параметров шероховатости при точении».

Практическая ценность работы

- разработана новая конструкция опорного ролика ЛК, отличающаяся от имеющихся конструкций комбинированным уплотнением (лабиринтное и центробежное роторное уплотнение) и способностью под действием нагрузки обеспечивать совместный перекося наружного и внутреннего кольца подшипников, на конструкцию ролика подано заявление о выдаче патента РК, регистрационный номер №2016/0368.1;

- разработана программа для ЭВМ «Определение нагрузки на подшипники роликов ленточного конвейера», программа является универсальной и может использоваться для различных типов груза, на программу было получено свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права №1599 от 2августа 2016г (приложение А);

- разработана методика прогнозирования шероховатости для растачивания на этапе проектирования технологического процесса механической обработки с помощью программы для ЭВМ «Расчет законов распределения параметров шероховатости при точении», на нее получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017610890, Российской Федерации (приложение Б);

- предложена прогрессивная технология изготовления деталей ролика, с использованием современного инструмента и заготовок, разработана технология штамповки для тонкостенной ступицы ролика новой конструкции (приложение В);

Основные положения, выносимые на защиту

- конструкция опорного ролика новой конструкции для ленточных конвейеров горнорудной промышленности, отличающаяся от имеющихся конструкций комбинированным уплотнением (лабиринтное и центробежное роторное уплотнение) и устраняющая защемляющий эффект в подшипнике ролика за счет обеспечения совместного перекося наружного кольца шарикоподшипника относительно внутреннего;

- исследование напряженно-деформированного состояния роликов при переменном нагружении в среде Femap with NX Nastran;

- имитационная стохастическая модель формообразования шероховатости поверхности для токарной обработки внутренней поверхности, с учетом систематических и случайных параметров;

- теоретические данные разброса шероховатости при растачивании, полученные с помощью программы для ЭВМ «Расчет законов распределения параметров шероховатости при точении» и результаты экспериментов, доказывающие адекватность созданной программы.

Достоверность научных положений, выводов и предложенных рекомендаций подтверждаются

- анализом большого массива данных по теме исследования, включая данные с ряда предприятий Восточного Казахстана по эксплуатации роликов ленточных конвейеров и анализом более чем 125 отечественных и зарубежных патентов на конструкции роликов конвейера;

- использованием основных положений теории размерных цепей, научных основ технологии машиностроения, инженерии поверхностей деталей и решением задач с помощью разработанных программ для ЭВМ;

- проведенным имитационным стохастическим моделированием и экспериментальным исследованием формообразования шероховатости поверхности с использованием разработанной программы для ЭВМ;

- сходимостью экспериментальных данных в диапазоне полученного нами теоретического разброса шероховатости.

Личный вклад автора

заключается в постановке задач и целей исследования и способов их реализации; анализе отечественных и зарубежной научно-технической литературы по исследуемой теме; анализе патентов из патентного фонда республиканской научно-технической библиотеки; проектировании конструкции роликов и технологии изготовления деталей; анализе напряженно-деформированного состояния опорного ролика при переменных нагрузках с помощью программного комплекса Femap NX Nastran; разработке имитационной стохастической модели формирования шероховатости при растачивании; участие в разработке программ для ЭВМ, полученных в результате данного исследования; проведении экспериментальных исследований, обработке полученных данных.

Реализация результатов работы

- результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс государственного университета имени Шакарима г.Семей для специальности 5В071200 «Машиностроение» по дисциплине «Основы технологии машиностроения» (приложение Г);

- результаты работы переданы для внедрения в производство на ТОО «Жакен Калша», г.Алматы (приложение Д).

Апробация работы

Результаты научной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях: международной научно-практической конференции «Индустриально-инновационное развитие транспорта,

транспортной техники и машиностроения», (Алматы, 2013г.); четвертой международной научной конференции «Актуальные проблемы механики и машиностроения», (Алматы, 2014г.); международной научно-практической конференции «Перспективы развития машиностроения и транспорта в 21 веке», (Семей, 2014г.); на 5 международной научной конференции студентов и докторантов «Инженер 21века», Техническо гуманитарная академия г.Бельска Бяла (Польша, 2015г.); LXI международной научно-практической конференции, №8 (56) (Новосибирск, 2016г); научном семинаре филиала польского общества прикладной и теоретической механики г.Бельска –Бяла (приложение Е).

Публикации

Основные научные результаты опубликованы в 17 статьях: 6 в научных изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК; 2 – в журнале, входящем в базу Scopus; 1 –научный журнал, Россия; 8 – в материалах международных научных конференций, в том числе 2 зарубежные (Польша, Россия).

Объем и структура диссертации

Научная работа изложена на 195 страницах компьютерного текста, состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованных источников, приложений. Работа содержит 79 рисунков, 28 таблиц, 143 источника литературы.

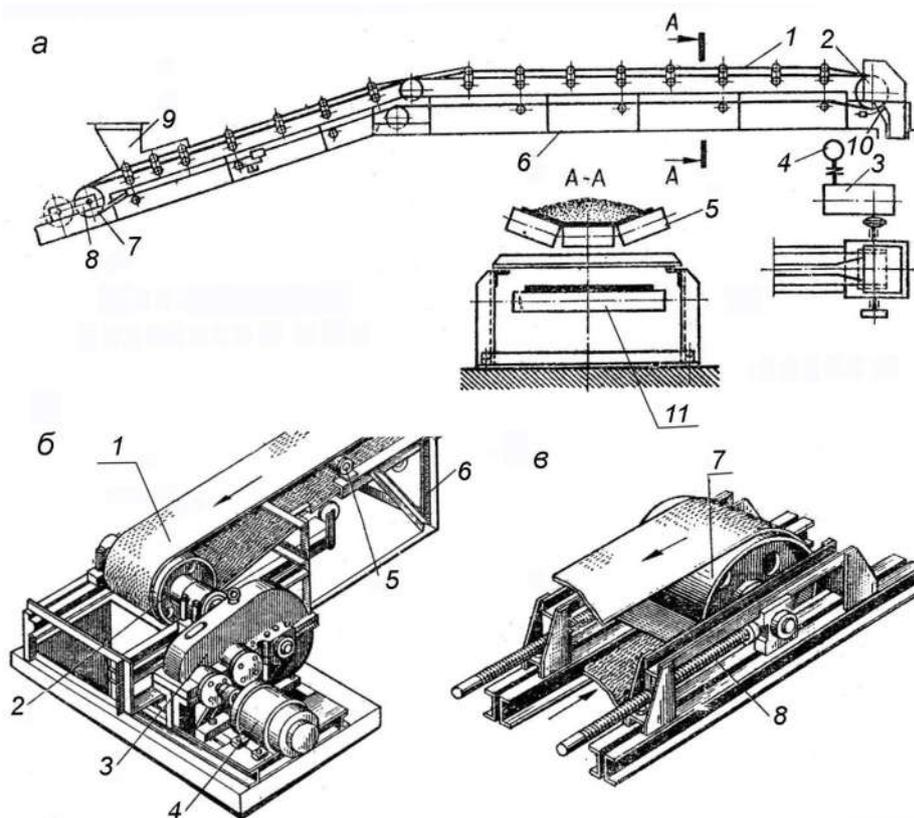
Хотелось бы выразить особую благодарность научному руководителю д.т.н., профессору Т.М.Мендебаеву, к.т.н., профессору кафедры «Технология машиностроения и механика» государственного университета имени Шакарима г.Семей О.Т. Темиртасову, д.т.н., профессору кафедры «Технология машиностроения» Алтайского государственного технического университета имени И.Ползунова А.С.Леонову за оказанную консультативную помощь при написании диссертационной работы.

1 ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ В ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ

1.1 Анализ эксплуатации ленточных конвейеров в реальных условиях производства

Ленточный конвейер одно из наиболее высокопроизводительных подъемно транспортнх средств. Сфера применения его очень велика, это и горнорудная промышленность которая представлена как большими горно-обогатительными комбинатами (ГОК), шахтами, карьерами, так и малыми предприятиями специализирующимися на добыче тех или иных полезных ископаемых. Совокупная длина ленточных конвейеров на предприятии может достигать от сотен метров до нескольких сотен километров. Например, общая длина ЛК на шахтах ОАО «Воркутауголь» составляет более 100км, а число ленточных конвейеров около 200 [3].

Ленточный конвейер – это бесконечная гибкая лента, которая огибает приводной барабан и натяжной барабан, а в пролете между ними опирается на ряд роликовых опор рабочей ветви, и нижние поддерживающие прямые ролики, установленные с определенным интервалом на раме (рисунок 1.1).

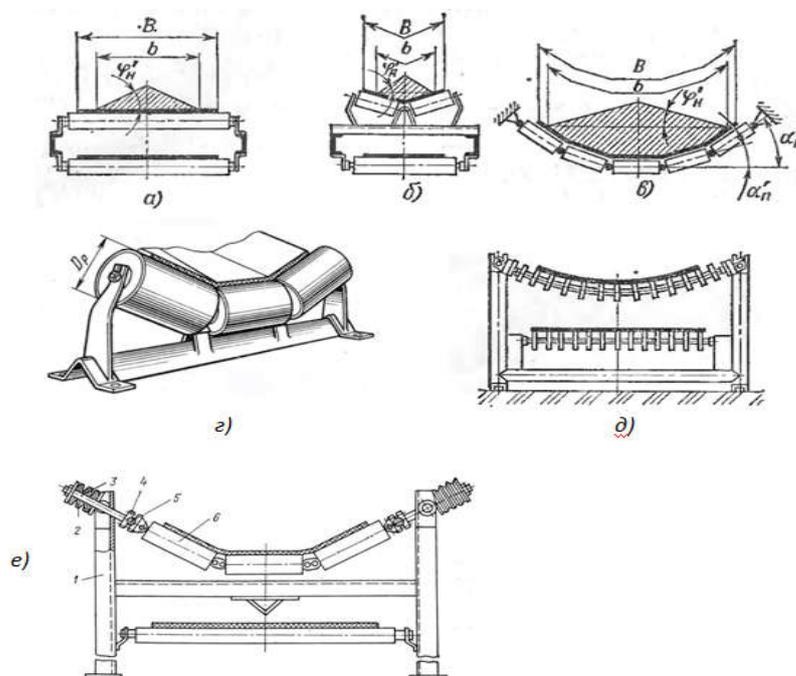


1 – лента; 2 – привод; 3 – редуктор; 4 – электродвигатель; 5, 11 – роликоопоры; 6 – станина; 7 – натяжной барабан; 8 – натяжное устройство; 9 – загрузочное устройство; 10 – очистное устройство

Рисунок 1.1 – Общий вид и основные узлы ленточного конвейера

Роликовые опоры могут быть различных типов: на конвейерах общего назначения используют роlikоопоры с жестким креплением осей, они могут быть одно-, двух-, трех-, пятироликowymi (рисунок 1.2). Однороликowymi (рисунок 1.2 а) используются для транспортирования штучных грузов, а двух-, трех-, пятироликowymi (рисунок 1.2 б, г, в) для сыпучих грузов, наиболее распространены трехроликowymi опоры. В горнодобывающей промышленности применяют подвесные роlikоопоры (рисунок 1.2 е), которые крепят к натянутым стальным канатам, данная конструкция снижает динамические нагрузки при соударении с крупнокусковым грузом, однако их конструкции сложны, а шарниры имеют склонность к потере подвижности. У данных роlikоопор выше сопротивление движению ленты, чем на опорах с жесткой осью. Существуют подвесные опоры с гибкой осью (рисунок 1.2 д) из стального троса, их конструкция имеет аналогичные недостатки, что и у подвесных роlikоопор.

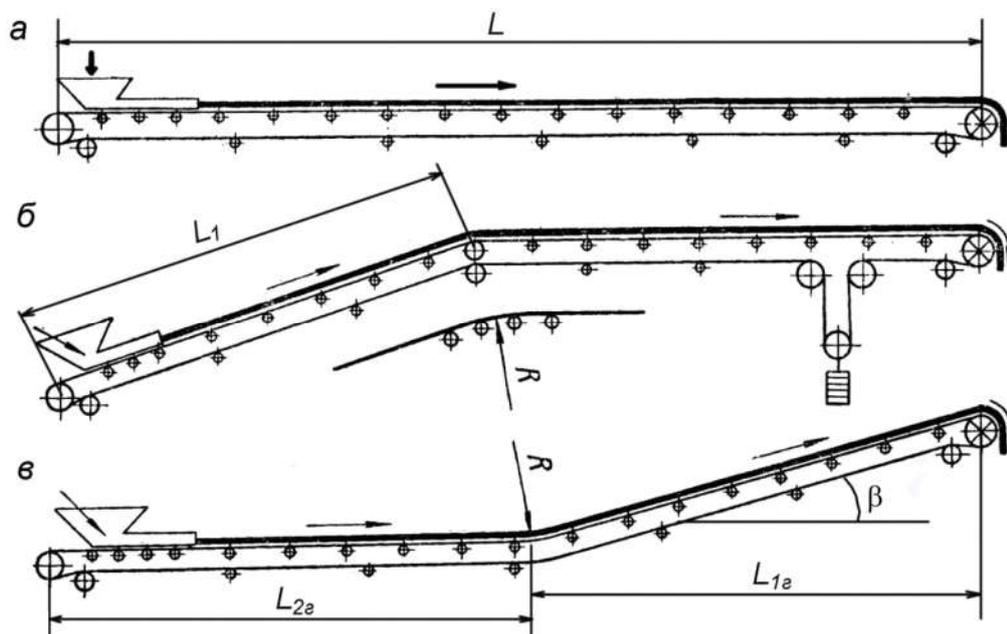
Ленточные конвейеры условно делят на три группы: общего назначения (ГОСТ 22644-77); специальные и конвейеры, предназначенные для подземных и открытых горных работ. Ленточные конвейеры могут быть стационарными и передвижными, они предназначены для транспортировки в горизонтальном и наклонном (до 24°) направлениях штучных и тарных грузов, что обеспечивается возможностью компоновки приводов справа и слева, одно- и двухприводном исполнении. Они могут входить в состав различных строительных, коммунальных, дорожных машин, а также в состав отвалообразующего оборудования и перегружателей [4 - 6].



а) – однороликсовая; б) – двухроликсовая; в) – пятироликсовая;
г) – трехроликсовая; д) – с гибкой осью; е) – подвесная шарнирная

Рисунок 1.2 – Типы опор ленточных конвейеров

По профилю трассы ленточные конвейеры классифицируют на горизонтальные (рисунок 1.3,*а*), наклонные (рисунок 1.3,*б*) и комбинированные (рисунок 1.3,*в*).



L – дальность транспортирования; L_1 – длина наклонного участка конвейера; $L_{1г}$ – длина горизонтальной проекции наклонного участка; $L_{2г}$ – длина горизонтального участка конвейера; H – высота подъема груза; β – угол наклона трассы (наклонного участка для сложной трассы)

Рисунок 1.3 – Схемы трасс ленточных конвейеров

По направлению движения груза ленточные конвейеры бывают подъемные с уклоном вверх и с уклоном вниз. По форме ленты и размещению груза конвейеры могут быть с плоской и желобчатой лентой, а также с верхней (основной тип) и нижней или обеими несущими ветвями. По углу наклона трассы конвейеры разделяют на пологонаклонные, крутонаклонные (более 22°) и вертикальные [7 – 9].

Конвейеры различаются по различным техническим факторам: характеристика транспортируемого груза; производительность машины; длина, направление и конфигурация пути перемещаемого груза (трасса); способы загрузки и разгрузки груза на конвейеры; характеристика производственных процессов для которых используется конвейер; производственные и климатические условия среды окружающей работающую машину. Основные характеристики классов, такие как характеристика классов использования по времени (B_1, B_2, B_3, B_4, B_5), классы использования конвейера по производительности характеризуется коэффициентом загрузки K_n ($П_1, П_2, П_3$), классы использования конвейера по грузоподъемности несущего элемента (H_1, H_2, H_3), классы использования конвейера по нагружению тягового элемента ($Ц_1, Ц_2, Ц_3$). Эти классы использования регламентируют пять режимов работы

конвейеров (таблица 1.1 и таблица 1.2): ВЛ – весьма легкий, Л – легкий, С – средний, Т – тяжелый и ВТ – весьма тяжелый [6, с.13].

Таблица 1.1 – Режимы работы конвейеров по классам использования

Класс использования конвейера по времени	Класс использования конвейеров по классам использования								
	По производительности			По грузоподъемности			По нагружению тягового элемента		
	П1	П2	П3	Н1	Н2	Н3	Ц1	Ц2	Ц3
В1	ВЛ	ВЛ	Л	ВЛ	ВЛ	Л	ВЛ	Л	С
В2	Л	Л	С	Л	Л	С	Л	Л	С
В3	С	С	Т	С	С	Т	С	С	Т
В4	Т	Т	ВТ	Т	Т	ВТ	Т	Т	ВТ
В5	Т	ВТ	ВТ	Т	ВТ	ВТ	Т	ВТ	ВТ

Таблица 1.2 – Характеристика режимов работы конвейеров

Время работы конвейера в сутки	Класс использования конвейера по времени	Режимы работы конвейера	Характерные примеры конвейеров
Менее одной смены	В1	ВЛ	Периодически работающие конвейеры, например, на отдельных секциях склада; для уборки стружки или просыпи земли
Одна смена	В2	Л, С	Конвейеры всех видов, непрерывно работающие (в заданное время) на предприятиях различных отраслей промышленности
Две смены	В3	С, Т	
Три смены	В4	Т, ВТ	
Круглосуточно	В5	ВТ	Конвейеры для непрерывных технологических процессов химической, металлургической и других отраслей промышленности, например, конвейер для подачи шихты в доменную печь

Все эти факторы в значительной мере влияют на исполнение ЛК его конструкцию, режимы работы, конструктивные особенности его составных узлов.

В чем же преимущество конвейерного транспорта перед другими видами? При относительно низких расходах на обслуживание и ремонт, срок службы ЛК может составить 25-35 лет, также они имеют следующие преимущества по сравнению с другими конвейерами [10]:

1 Широкий ассортимент транспортируемых грузов.

2 Более низкие расходы, особенно при большой производительности, на одну тонну (соответственно на 1 м³) транспортируемого груза.

3 Большие расстояния транспортирования с минимальным числом перегрузочных пунктов, что позволяет лучше предохранять груз.

4 Возможность использования загрузочных и разгрузочных устройств в любом месте конвейерной установки.

5 Возможность производить взвешивание груза, сушку, сортировку, охлаждение во время транспортирования. Возможность диспетчерского управления всей конвейерной линией.

6 Унификация конвейерного оборудования.

Однако есть и недостатки, это сложность транспортирования абразивных крупнокусковых грузов и возникающая в связи с этим необходимость предварительного дробления; интенсивный износ гибких грузонесущих органов; высокая начальная стоимость оборудования и его монтажа.

Тесная взаимосвязь конвейеров с технологическим процессом или циклом на предприятии обуславливает их высокую ответственность. Хотелось бы отметить что, как правило, конвейеры по транспортно - технологическому назначению не имеют дублирующих систем. Поэтому, в общей транспортной системе выход из строя хотя бы одного конвейера вызывает нарушение работы всей сети или предприятия.

В Казахстане огромный объем груза транспортируется с помощью ленточных конвейеров, они входят в состав транспортных систем таких предприятий как ЗТМ-ТОО "Сары-Арка Спецкокс" - горноперерабатывающее предприятие, коксохимическое производство, производство спецкокса, каменно-угольной смолы в городе Караганда; АО «Шубарколь Комир», является одним из крупных производителей энергетического угля в Казахстане; АО «Казахстанский электролизный завод» —производитель алюминия в Казахстане, г. Павлодар. В Восточно-казахстанской области это такие предприятия как ТОО «Бухтарминская цементная компания»; ТОО Восток цветмет (Орловский ПК); АО «Цементный завод Семей» предприятие выпускает цемент широкого ассортимента и высокого качества соответствующий требованиям ГОСТа и зарубежных стандартов; угольный разрез ТОО Каражыра; ТОО КазахЦемент – предприятие выпускающее цемент по так называемому сухому методу; гравийные карьеры ТОО Семей Жолдары и ТОО Гордорстрой и др.

Большинство ленточных конвейеров в добывающей промышленности (добыча угля, гравия, известняка, различных рудных пород) работают в экстремальных условиях перепада температур зимой, высокой влажности и запыленности окружающей среды летом, при этом эти факторы влияют на

различные узлы конвейеров по разному. Так на трехроликовой опоре при роликах равных длин, нагрузка на средний ролик, составляет около 70% от суммарной погонной нагрузки груза, ленты и веса вращающихся частей роликоопоры. На боковые ролики приходится около 30%, отсюда нагрузка на подшипники среднего ролика в 2,5 раза больше, чем на подшипники боковых роликов [11]. Неправильный выбор конструкции роликоопор приводит к преждевременному выходу из строя ленты и роликов. Увеличение ширины ленты приводит к возрастанию нагрузки на подшипники роликов, особенно горизонтальных опорных роликов, это приводит к увеличению числа отказов и снижению общей надежности ЛК.

Анализируя надежность узлов ленточных конвейеров на различных шахтах, гравийных, известняковых и других предприятиях выяснилось что имеют наименьший ресурс, при этом требуют наибольших трудовых затрат и денежных средств такие узлы конвейера как конвейерные ролики и конвейерная лента. Согласно статистическим данным на долю роликов конвейеров приходится до 40% всех расходов на ремонт и обслуживание и до 30% от стоимости всего конвейера. Ресурс конвейерных роликов на горнорудных предприятиях в узлах загрузки составляет от 0,5 до 1 года, по ставу конвейера от 0,7 до 2,5 лет, составляя в среднем 1,7 года. Расчетный срок службы среднего опорного ролика, как наиболее нагруженного в среднем составляет от 25 до 35 тыс. часов, что превышает фактический срок службы в несколько раз. В среднем за весь срок службы каждый ролик в конвейере меняют от 3 до 5 раз, т.е. потребность в роликах существует постоянно и по мере увеличения длины конвейеров она растет [3, с. 47].

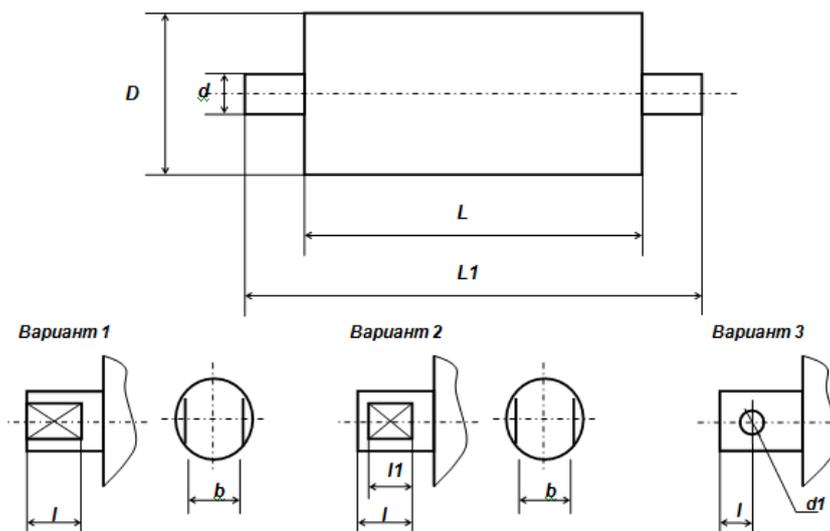
Таким образом, опорные ролики являются одними из массовых составляющих ленточного конвейера. Ролики являются одной из важнейших составляющих, определяющих работоспособность и надежность ленточного конвейера. Конвейерные ролики используются не только в ленточных конвейерах, они применяются в роликовых конвейерах для транспортирования штучных и пакетированных грузов, где стоимость роликов составляет 50-80% от стоимости машин непрерывного транспорта (МНТ), в межконвейерных передаточных устройствах которые имеют роликовый настил, также широко применяются в различных видах элеваторов накопителей. В СССР в непрерывной эксплуатации находилось одновременно около 40 млн. штук роликов [7, с. 103]. В Казахстане потребность в роликах составляет по средним статистическим данным около 25000 штук в год, и эта потребность растет с вводом в эксплуатацию новых месторождений и предприятий [2, с.294-298].

1.2 Конструкции роликов, применяемые в ленточных конвейерах, факторы, влияющие на качество их изготовления и сборки

Общим вопросам теории и практики изготовления и сборки опорных роликов конвейеров и их конструктивному исполнению посвящено большое количество публикаций, патентов и научных трудов. В частности это работы Спиваковского А.О., Александрова М.П., Пертена Ю.А., Зенкова Л., Колобова

Л.Н. [12, 13], казахстанских ученых Жиенкулова С.А., Саргужина М.Х. [14-16]. В упомянутых работах отмечается, что во многом надежная эксплуатация роlikоопор и роликoв конвейера зависит от нескольких важных факторов, это характеристики транспортируемого груза (крупнокусковость, запыленность среды, наличие большой влажности), наличия ударных нагрузок, особенно это заметно в узлах загрузки, от качества изготовления самих роликoв и различных технологических факторов [17]. Множество сопрягаемых деталей в роликe при существующих технологиях изготовления и сборки могут в ряде случаев приводить к перекосам колец подшипников и последующему его защемлению и значительному сокращению срока службы ролика [7, с. 105].

Из большого разнообразия конструкций роликoв можно выделить два типа: роликoв со сквозной осью, на которой находятся встроенные подшипники и моноблочные роликoв с выносными подшипниками на полуосях [7, с.103]. Наиболее распространены роликoв со сквозными осями и цилиндрическими вращающимися обечайками (рисунок 1.4). Кроме классификации конвейерных роликoв по назначению, это линейные (рядовые) и специальные, которые выполняют дополнительные функции, такие как центрирование, амортизацию и т.д., роликoв также выпускают различных типоразмеров, в зависимости от условий эксплуатации. Основные размеры роликoв и их основные характеристики изложены в ГОСТ 22646 – 77, ГОСТ 22644 – 77, однако следует отметить, что ГОСТ, регламентируя основные размеры, не ставит никаких ограничений относительно конструкции самого ролика, его ступицы, применяемых подшипников, что обуславливает большое разнообразие конструкций для самых различных условий эксплуатации.



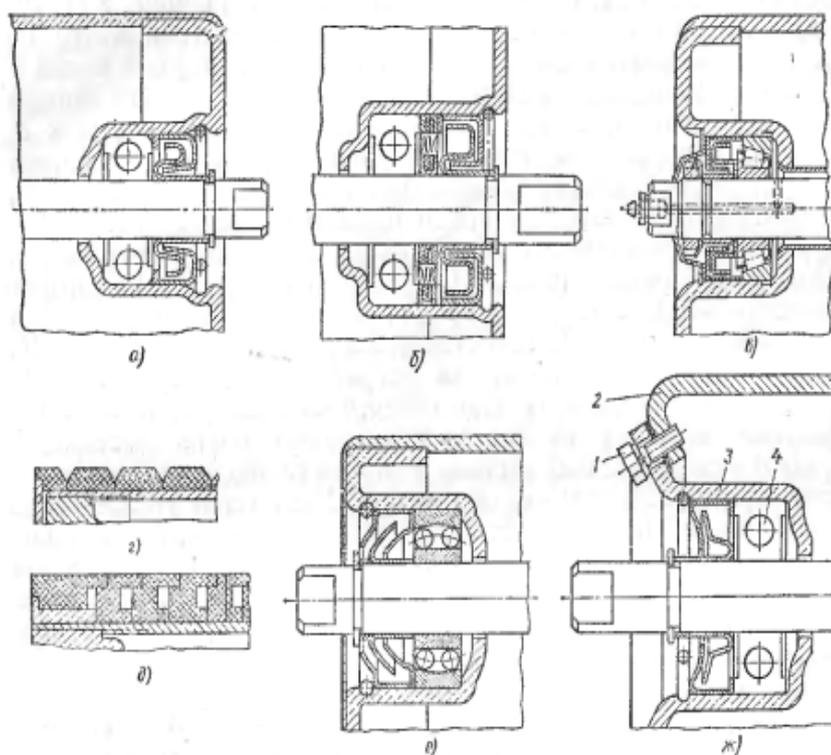
D – диаметр ролика; L – длина обечайки ролика; L_1 – общая длина ролика; d – диаметр оси ролика; b – ширина лыски; l – длина лыски (вариант 1 оси); l_1 – длина лыски (вариант 2 оси); d_1 – диаметр отверстия на оси (вариант 3 оси)

Рисунок 1.4 –Ролик конвейерный. Основные размеры (конструкция)

К одному из основных размеров ролика относится его диаметр, согласно ГОСТ 22646 – 77 установлен ряд диаметров это 63, 89, 108, 127, 133, 159, 194 мм. Ролики до 133мм применяют в легких и средних типах конвейеров, а больших диаметров в конвейерах тяжелого типа и в быстроходных ($V \geq 4\text{м/с}$).

Ролики ленточных конвейеров первоначально изготавливались с жестким корпусом, и их прочность в основном достигалась за счет большей толщины стенки обечайки и жесткой массивной ступицы, в которой находился подшипник, в основном это были разборные конструкции, которые можно было разобрать и при необходимости поменять подшипник [18, 19]. Недостатком данных роликов, является их повышенная металлоемкость и большая масса, которая существенно повышала массу самого конвейера, срок службы данных роликов сильно зависел от качества изготовления.

Для уменьшения динамической нагрузки впоследствии начали применять, гирляндные роlikоопоры, наряду с ними, для смягчения динамических нагрузок созданы конструкции роликов с резинOMETаллическими ступицами, футерованные полыми резиновыми кольцами или со ступицами из комбинированных материалов [18, с.92; 19, с.127; 20]. Недостатком, подобных конструкций, является износ материала футеровки ролика, а в гирляндных роlikоопорах повышенное сопротивление вращению ролика и износ опорных канатов и шарниров роlikоопор.



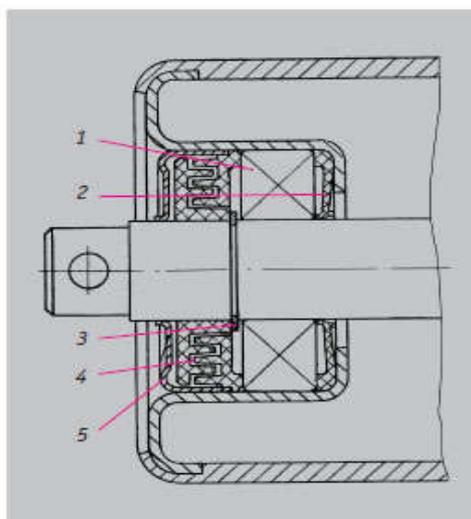
а, б – с шариковыми подшипниками; в – с коническими роlikовыми подшипниками; г – с футерованными резиновыми кольцами; д – с пустотелыми кольцами; е – с самоустанавливающимися подшипниками; ж – с самоустанавливающимися вкладышами

Рисунок 1.5 – Ролики опор ленточных конвейеров

Для уменьшения металлоемкости и массы роликов были разработаны конструкции роликов со штампованными сложными ступицами, которые выполнялись как разборными, так и неразборными. В качестве примера можно рассмотреть конструкции роликов ГПКИ «Союзпроммеханизация», которое разработало несколько типов унифицированных роликов (рисунок 1.5). Подшипники роликов снабжены бесконтактным лабиринтным уплотнением и возможно дополнительное блочное уплотнение (рисунок 1.5 б). Срок службы данных роликов, отличаясь сложностью конструкции, также зависит от качества изготовления.

Известны конструкции роликов из композиционных и полимерных материалов. Они отличаются малым весом по сравнению с роликами из металла, иногда в 5-6 раз, достаточной износостойкостью и прочностью [21, 22], что особенно важно для передвижных конвейеров. Однако, в данный момент они пока еще не получили широкого распространения и используются в специализированных конвейерах химической и пищевой промышленности. Одной из причин такого ограниченного применения является то, что разработанные конструкции роликов недостаточно изучены и зачастую не отвечают требованиям, предъявляемым к узлам конвейеров, которые в последнее время непрерывно возрастают.

Многие крупные предприятия занимающиеся изготовлением ленточных конвейеров и их узлов, часто предлагают свои конструкторские решения узлов ленточных конвейеров, в том числе и роlikоопор, это ОАО «Завод ПИРС» (Россия) (рисунок 1.6), ЗАО Полевский машиностроительный завод (Россия), ООО Сибтензоприбор (Россия) (рисунок 1.7), ОАО Промтяжмаш (Россия) (рисунок 1.8), ТОО Техно Steel Караганда (Казахстан), фирма SUPERIOR INDUSTRIES LLC (США) (рисунок 1.9) [23 - 25].



1 – подшипник; 2 - защитное уплотнение; 3 – стопорная шайба; 4 – лабиринтное уплотнение; 5 – штампованная защитная крышка

Рисунок 1.6 – Ролик конструкции ОАО «Завод ПИРС»

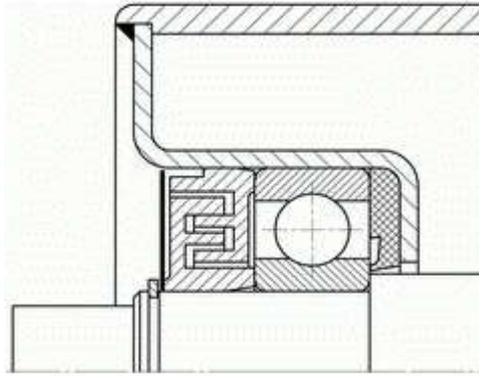
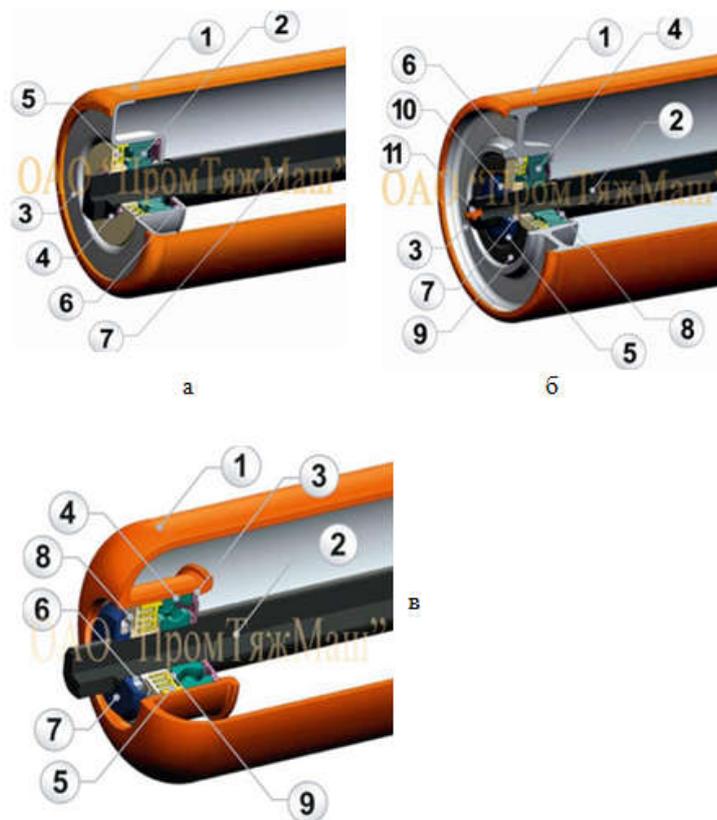


Рисунок 1.7 – Ролик конструкции ООО Сибтензоприбор

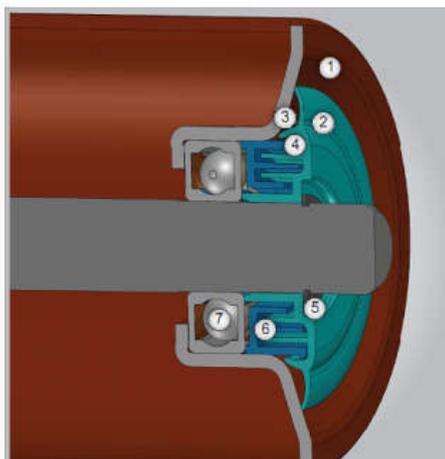


- а – ролик предназначен для легких и нормальных условий эксплуатации; 1 – обечайка; 2 - подшипник; 3 - корпус подшипника штампованный; 4 - стопорное кольцо; 5 - комплект лабиринтных уплотнений; 6 – внутренняя защитная шайба; 7 - ось ролика;
- б – ролик для тяжелых условий эксплуатации; 1 – обечайка; 2 - ось ролика; 3 - корпус подшипника; 4 - подшипник; 5 - наружная штампованная крышка; 6 - комплект лабиринтных уплотнений; 7 - стопорное кольцо; 8 - защитная шайба; 9 - роторное уплотнение; 10 - наружная защитная втулка; 11 - пресс –масленка;
- в – ролик универсальный; 1- обечайка; 2 – ось; 3 - внутренняя защитная шайба; 4 – подшипник; 5 - комплект лабиринтных уплотнений; 6 - роторное уплотнение; 7 - наружная защитная втулка; 8 - защитная крышка; 9 - стопорное кольцо

Рисунок 1.8 – Ролики конструкции ОАО Промтяжмаш

Все эти конструкторские решения объединяет одно, это собственный оригинальный подшипниковый узел, специально рассчитанное лабиринтное или комбинированное уплотнение и различные варианты исполнения ступицы (литая, штампованная, точеная), обечайки ролика [26, 27]. Однако все вышеперечисленные производители роликов зачастую не выходят за рамки стандартных конструкторских решений и лишь ограничиваются усовершенствованием таких элементов как уплотнение, подшипниковый узел и применением более современных материалов. Хотелось бы отметить конструкцию роликов ОАО Промтяжмаш (рисунок 1.8, в) - в конструкции ролика применяется обечайка, изготовленная методом горячей ротационной формовки. Данная конструкция по заявлению предприятия имеет повышенную надежность и увеличенный ресурс работы. Применено комбинированное уплотнение, состоящее из лабиринтного и роторного уплотнения, что также повышает надежность ролика. Однако в условиях транспортировки крупнокускового груза ролик недостаточно защищен от технологических и сборочных перекосов подшипника, что может привести к уменьшению срока службы.

Конструкция фирмы SUPERIOR INDUSTRIES LLC (США) (рисунок 1.9) – штампованный корпус подшипника, оригинальное лабиринтное уплотнение, совмещенное с защитной крышкой, создает условия для центробежной очистки предкамеры во время вращения ролика. Все это также повышает ресурс ролика и снижает металлоемкость. Однако также не предусматривает защиту от технологических и сборочных перекосов и проникновения пыли во время остановки вращения ролика.



1 – корпус подшипника; 2 – защитная крышка; 3 – создается эффект центробежного очищения внутренней полости при вращении ролика; 4 – специальное контактное уплотнение; 5 – стопорное кольцо; 6 - лабиринтное уплотнение совмещенное с внешней защитной крышкой; 7 – шариковый подшипник

Рисунок 1.9 – Ролик конструкции SUPERIOR INDUSTRIES LLC (США)

Можно привести ряд наиболее интересных патентных решений отечественных и зарубежных ученых и изобретателей. Одним из таких является конвейерный ролик [28] (рисунок 1.10), он интересен демпфирующей кольцевой канавкой 3, которая должна по идее авторов амортизировать ролик от статических и динамических нагрузок. Однако он не является достаточно упругим и не может в полной мере защитить ролик от резких динамических нагрузок при взаимодействии с транспортируемым грузом.

Конструкция по патенту [29] (рисунок 1.11), в которой по замыслу авторов изобретения имеется система комбинированных уплотнений представляющих собой комбинацию контактных 5,8 и лабиринтных уплотнений и защитной крышки 6, однако конструкция представляется несколько усложненной и не предоставляет защиты от динамических нагрузок, приводящих к технологическим перекосам.

Изобретения по патенту [30] предлагают конструкцию ролика, где между наружными уплотнениями и подшипником образованы камеры, заполненные пористым материалом пропитанным маслом. В случае образования перепада давления между наружным атмосферным воздухом и внутренними полостями пылевые частица по замыслу авторов должны удерживаться в данных камерах и тем самым повышать ресурс подшипника. Однако в условиях интенсивной работы, большой запыленности и динамических нагрузок становится под вопрос долговечность пористого вещества заполняющего камеры, что может привести к проникновению пыли в подшипник и выходу из строя.

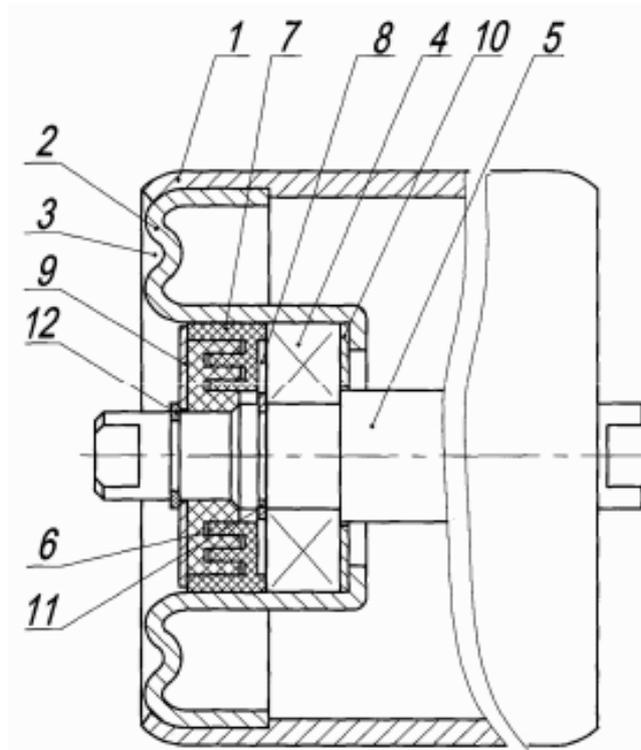


Рисунок 1.10 – Ролик конвейера по патенту

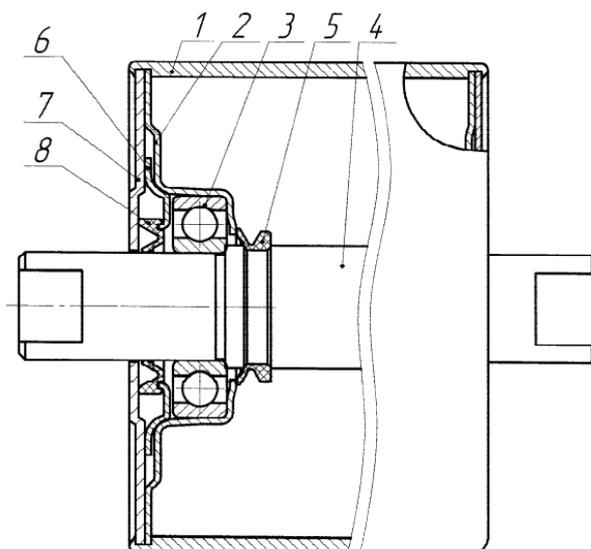


Рисунок 1.11 – Ролик конвейера по патенту

Анализ конструкций роликов и проведенных исследований показали, что существенное увеличение срока службы роликов можно достичь путем уменьшения технологических и эксплуатационных перекосов подшипника. Это можно реализовать конструктивным путем, например с помощью вкладыша 3 со сферической отбортовкой и обечайки 2 с отогнутым сферическим концом (рисунок 1.5 ж) [7, с. 105]. Также это достигается установкой самоустанавливающихся сферических подшипников (рисунок 1.5 е).

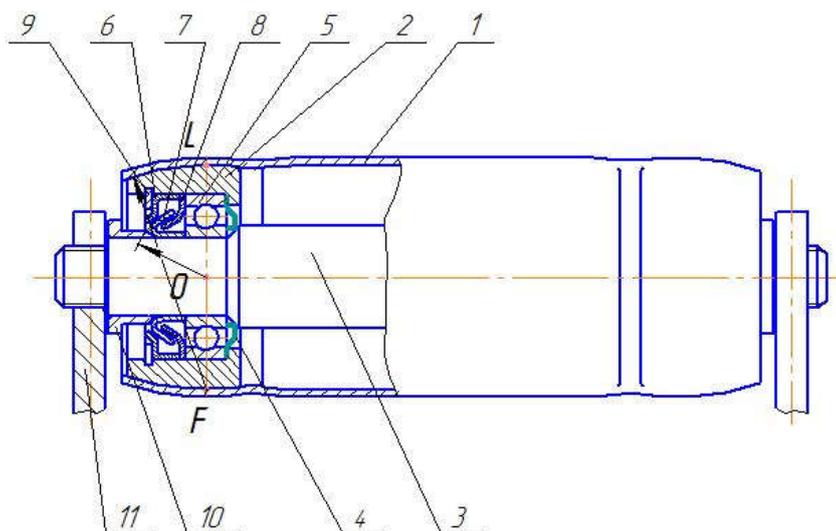
В сотрудничестве с предприятиями города (в частности АО «Цементный завод Семей», ТОО КазахЦемент, ТОО Семей Жолдары) в государственном университете имени Шакарима г.Семей были разработаны конструкции роликов для различных конвейеров, на некоторые из них получены патенты РК на изобретения [31-38]. В ряде последних патентов имеются конструкции опорных роликов для работы в запыленной среде и тяжелых условиях [31, с. 3; 35, с.14; 36, с.11]. Во всех этих конструкциях реализован основной принцип уменьшения технологических перекосов конструктивным путем либо самоустанавливающиеся подшипниковые узлы.

Например, в [32, с.8-9] предлагается несколько конструкций роликов, отличительной особенностью которых является наличие оригинального уплотнения и устранения технологических перекосов подшипника путем установки двух сферических вкладышей. Однако недостатком данных роликов является сложность в изготовлении и сборке, в частности точность размеров сопрягаемых сферических вкладышей.

Также в [33, с.9] предлагается конструкция ролика (рисунок 1.12) особенностью которого является ступица, наружная поверхность которой имеет форму сферы, при этом соприкасающаяся с ней поверхность обечайки повторяет ее форму. За счет такой формы имеется возможность устранения перекосов подшипника. Однако ролик также сложен в изготовлении, так как требует довольно точной вальцовки обечайки для закрепления в ней ступицы и его изготовление должно быть экономически оправданно.

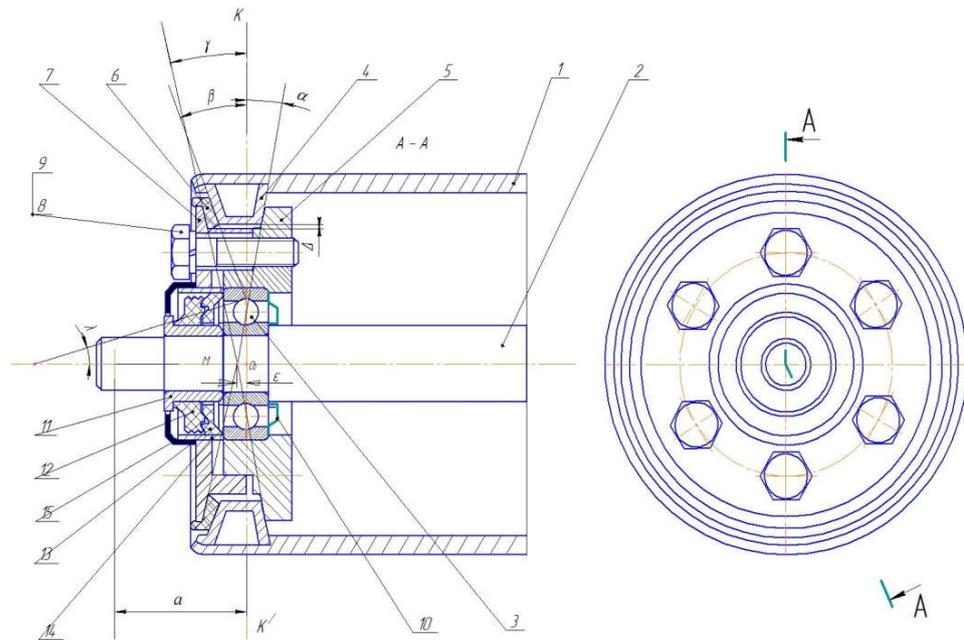
Следующие конструкции роликов предназначены для работы в тяжелых условиях эксплуатации и запыленной среде. Конструкция [38,с.199], это ролик (рисунок 1.13) предлагаемый для гирляндной роликоопоры. Отличается тем, что каждый из их подшипниковых узлов имеет сборную ступицу, которая состоит из наружного и внутреннего дисков и тонкостенного кольца трапецеидального сечения, стянутых болтами. Конструкция ролика исключает явление относительного перекоса колец подшипника, так как при деформации оси совместно с внутренними кольцами подшипника происходит перекос наружного кольца подшипника совместно со ступицей в сборе относительно конуса в нейтральной плоскости обечайки перпендикулярной к действующей нагрузке. Недостатком ролика является то, что при работе конвейера из-за вибраций в ролике происходит отвинчивание стяжных болтов и выход из строя.

Конструкция [36,с.11] это опорный ролик (рисунок 1.14) позволяющий исключить относительный перекос наружного кольца шарикоподшипника установленного в ступице корпуса, относительно внутреннего кольца подшипника, под действием нагрузок статических и динамических. Это достигается за счет упругой ступицы из пружинной стали, установленной на тонкостенном стакане с одной стороны и завальцованной в обечайку с другой. В ролике используется стояночное замкнутое уплотнение и самоочищающаяся с помощью крыльчатки предкамера. Однако данный ролик очень чувствителен к скорости и направлению вращения, при низкой скорости вращения уменьшаются центробежные силы и лабиринтное уплотнение может не открыться, а при реверсивном вращении крыльчатка будет всасывать пыль в подшипниковый узел.



1 – обечайка; 2 – ступица торцевая; 3 – ось; 4 – шайба уплотнительная; 5 – подшипник; 6 – наружный элемент лабиринтного уплотнения; 7 – промежуточный элемент лабиринтного уплотнения; 8 –внутренний элемент лабиринтного уплотнения; 9 – кольцо стопорное; 10 – втулка; 11 – стойка

Рисунок 1.12 – Ролик со сферической ступицей



1 - обечайку, 2 - ось, 3 - подшипник, 4 - тонкостенное кольцо трапецидального сечения, 5 - внутренний ступенчатый диск, 6 - резиновая прокладка, 7 - наружный диск, 8 - винт, 9 - пружинная шайба, 10 - стальная защитная шайба, 11 - внутреннюю втулку, 12 - наружный уплотнительный элемент, 13 - внутренний уплотнительный элемент, 14 - наружная втулка, 15 - защитный кожух

Рисунок 1.13 - Ролик амортизирующей роlikоопоры

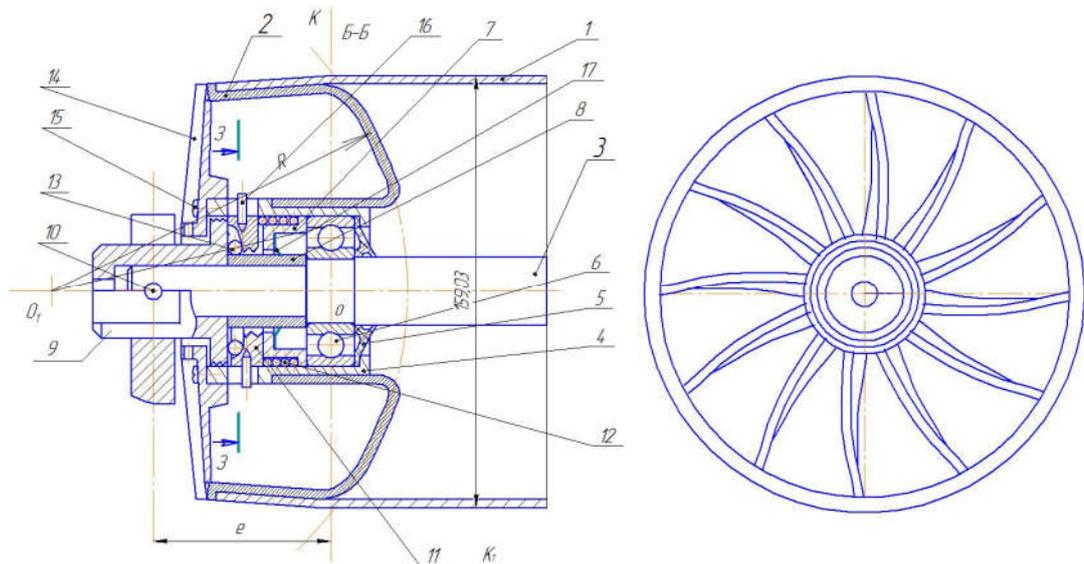


Рисунок 1.14 – Ролик со стояночным уплотнением

Проведя анализ конструкций существующих конвейерных роликов видно, что есть необходимость повышения надежности и ресурса работы роликов и его составных узлов, путем создания более совершенной и конечно технологичной конструкции. В работе мы хотели бы предложить конструкцию ролика для конвейеров, эксплуатируемых в горнодобывающей промышленности (рисунок 1.15).

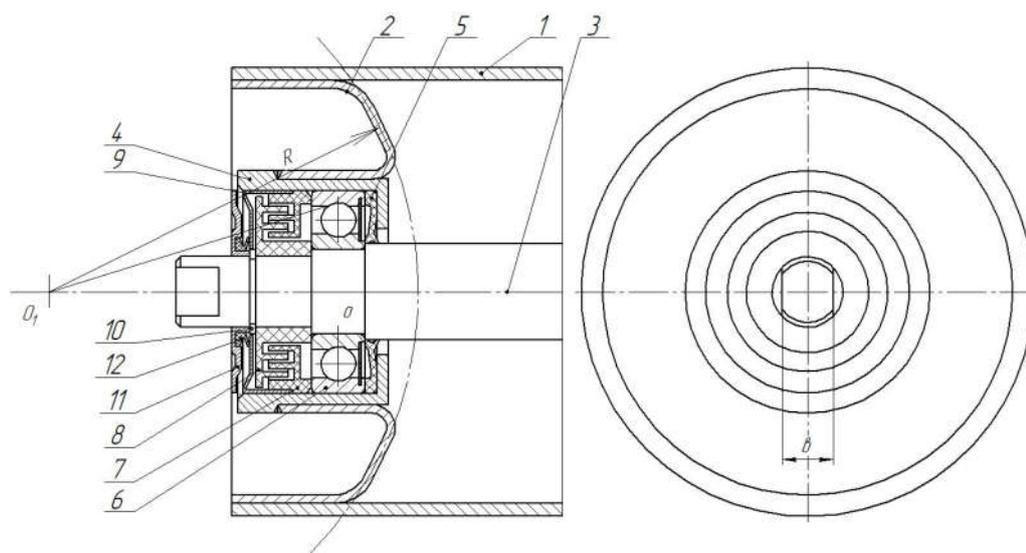


Рисунок 1.15 – Ролик новой конструкции

Данный ролик не является единственной конструкцией, а скорее одной из группы предложенных конструкций объединенных общим принципом – исключение конструктивным путем относительного перекоса наружного кольца шарикоподшипника, относительно внутреннего кольца подшипника, что способствует предотвращению заклинивания подшипника и выходу из строя всего ролика.

Переходя к технологии сборки и изготовления роликов ленточных конвейеров важно отметить, что ролик конвейера, если рассматривать его как сборочный узел, конструктивно состоит из одних и тех же деталей. В основном это унифицированные детали, такие как ось, обечайка, подшипниковый узел, защитная шайба, стопорное кольцо и различного типа уплотнения, которые, однако, могут различаться конструктивно. Мы не рассматриваем детали, являющиеся стандартными (шайбы, стопорные кольца и т.д.). Детали, типа ось, обечайка являются типовыми, и их изготовление происходит по общепринятой технологии, при этом проблемой может быть обеспечение высокого конечного качества деталей и необходимого качества сборки опорного ролика. Научной основой решения данной проблемы являются фундаментальные исследования профессоров Решетова Л.И., Якушева А.И., Сулова А.Г., также широко известны в горном машиностроении работы Солода Г.И., Радкевича Я.М., Вержанского А.П., Островского М.С и других.

В исследованиях проведенных Радкевичем Я.М., Островским М.С. (Московский государственный горный университет), Тимирязевым В.А., Сучковым В.А. (Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»), [39-41] рассмотрены вопросы качества изготовления машин и качества изготовления отдельных деталей в частности. Дан ряд рекомендаций по повышению качества сборки роликов методом безударной сборки, предложено оборудование.

Известны работы Б.И. Когана и др. [42-46], где изложены вопросы повышения технологичности и надежности различных деталей и предложена методология конструкторско – технологического обеспечения качества, которая позволяет прогнозировать отказы, оценивать показатели качества машин (технологичность, надежность) и затраты. Рассмотрена взаимосвязь выбора рациональных заготовок, технологии и качества деталей. Даны рекомендации по изготовлению обечаек роликов.

Автор [47] рассматривает различные методы обеспечения надежности и качества изделий в процессе его проектирования. Дает рекомендации по выбору методов формообразования, выбора технологических баз и маршрута обработки. Рассматривает различные методы обеспечения качества изделий при изготовлении, механической обработке. Рассматривает вопросы влияния качества изделий на эксплуатационные характеристики деталей.

В работе [48] рассматривают вопросы точности сборочных соединений, значения размерного анализа при сборочных работах, контроля точности при сборке изделий. Особое внимание уделяется подготовке деталей к сборке. Рассматриваются особенности сборки различных типовых сборочных единиц и разработки технологического процесса сборки.

В [49] изложена концепция технологического обеспечения свойств машиностроительных изделий при изготовлении. При этом формирование показателей качества деталей машин представлено совокупностью процессов изменения и сохранения качества предмета производства. Концепция базируется на применении современных информационных технологий и позволяет, создавая оптимальные технологические среды обеспечивать направленное формирование значений всех показателей качества, в дальнейшем определяющих свойства машин при эксплуатации.

Особое внимание вопросам обеспечения точности машин, повышения производительности и снижения себестоимости уделили авторы [50]. Они отмечают, что повышение эффективности современного производства на основе комплексной механизации и автоматизации технологических процессов вызывает необходимость применения гибких производственных систем (ГПС), роботизированных технологических комплексов (РТК) и другого технологического оборудования работающего от ЭВМ.

В [51, 52] подробно рассмотрены технологические основы создания изделий, вопросы точности обработки и сборки, технологической подготовки производства. Понятие точности в машиностроении, дана характеристика точности заготовок, точности деталей, точности соединений и способам обеспечения заданной точности при изготовлении деталей и сборке. Были рассмотрены технологические размерные расчеты, разработка прогрессивных технологических процессов.

Рассматривая процессы обработки и сборки нельзя не рассмотреть вопросы размерного анализа, одного из ключевых при проектировании новых узлов и новых технологических процессов механической обработки. В [53] изложены основные сведения про размерные связи в изделиях, анализируя

которые авторы вывели зависимости для расчета допусков. Предложен порядок проведения расчета, даны рекомендации для составления основных расчетных схем и проведения размерного анализа на стадии проектирования. В работе [54] рассмотрены методы выявления сборочных размерных цепей и их расчет, как при новом проектировании, так и при разработке сборочных технологических процессов машин находящихся в производстве. Описаны методы достижения точности замыкающего звена и методы определения допусков на составные звенья размерных цепей.

Методика размерного анализа с применением автоматизированной системы проектирования технологий РТП 2000 раскрыта в [55]. Показаны классификация, обозначения и кодирование информации при расчете операционных размерных цепей. Описан алгоритмический язык схемы анализа.

В [56] на примере детали шкив раскрыты возможности размерного анализа технологических процессов. Показаны основные размерные параметры, используемые при анализе, основные задачи, решаемые размерным анализом.

Одним из современных способов исследования процессов механической обработки является имитационное моделирование с применением ЭВМ. Современные ЭВМ позволяют произвести расчет любого типа и смоделировать его по любому заданному закону, в том числе и случайному распределению. Такой подход был реализован в работе [57]. Рассмотрена имитационная модель обработки токарным резцом кольцевой заготовки, имеющей погрешность профиля поперечного сечения в виде эллипса. Имитационное геометрическое моделирование показало свою эффективность в исследовании процессов с неопределенными заранее параметрами движения элементов технологической системы.

Автором в [58] рассматривает стохастический имитационный подход при создании математических моделей для прецизионных операций механической обработки. Рассматриваются общие характеристики математического моделирования: классификация моделей, адекватность, область применения. Производится анализ способов построения математических моделей – это методы теории подобия, методы наименьших квадратов, методика планирования экспериментов. Предложенный подход дает возможность выработки количественных критериев для сравнения технологических решений.

Задачи достижения нужного уровня качества при проектировании операций технологического процесса механической обработки для новых деталей, являются довольно сложными. Расчет и построение размерных связей, режимов резания предполагает параметрическую оптимизацию, а выбор оборудования, инструмента и приспособления требует использования алгоритмов перебора. Подобный подход, а именно имитационное стохастическое моделирование процесса формообразования шероховатости при точении мы бы хотели осуществить в нашей работе таким образом, чтобы созданные модели могли быть использованы как при проектировании операций, так и для проверки принятых технологических решений.

1.3 Анализ причин выхода из строя роlikоопор ленточных конвейеров, влияние нагрузок на узлы ленточных конвейеров

Эксплуатация ленточных конвейеров работающих в тяжелых условиях и запыленной среде показывает, что одной из причин, происходящих на конвейерах аварий, являются выход из строя роликков конвейера. По имеющимся данным, в шахтах России ежегодно происходит 9-11 возгораний, из них с эксплуатацией ленточных конвейеров связано до 5 крупных пожаров приведших к большим материальным затратам и даже к человеческим жертвам [59], не обошлось без пожаров и взрывов на шахтах Донбасса (Украина) и карагандинского угольного бассейна РК. Например, из 86 аварий, за последние 5 лет в угольной промышленности Кузбасса, 82 произошло в шахтах, 42% из них были подземными пожарами. Статистические данные свидетельствуют, что почти 30% из них связано с возгоранием конвейерной ленты. Причем пожары возникают, как правило, на приводных станциях (64%), натяжных станциях (10,8%) и линейной части конвейера (25,2%). Основной причиной возгорания ленты на линейной части конвейера становится разрушение подшипника ролика, его последующее заклинивание, чрезмерное трение ролика об ленту и как следствие, нагрев и возгорание [60-62]. Выход его из строя ролика неизбежно влияет на работу всего конвейера. Это может быть возрастающее сопротивление вращению ленты приводящее к повышенному энергопотреблению, трение заклинившего ролика о ленту и как следствие нагрев и возможное возгорание, вызвать порезы конвейерной ленты (рисунок 1.15) одного из самых дорогостоящих элементов ленточного конвейера.



Рисунок 1.15 – Порезы на конвейерной ленте (на фото ленточный конвейер ТОО Семей Жолдары, транспортировка гравия)

Согласно данным (таблица 1.3) основными причинами выхода из строя роликков является стопорение подшипниковых узлов роликков, вследствие их засорения пылевидными частицами (38%), недостаточности смазки за предусматриваемый срок технического обслуживания (37%) [63]. Одной из

причин стопорения является заклинивание подшипника ролика вследствие действия динамических нагрузок приводящих к чрезмерному перекосу внутреннего и наружного кольца относительно друг друга и защемлению элементов качения, постоянные повторяющиеся циклы защемления могут привести, в конечном счете, к разрушению подшипника. Увеличение углов перекоса шарикоподшипников способствует «самоустановке» оси ролика в обечайке и может помочь в решении данной проблемы.

Таблица 1.3 - Статистическое распределение отказов

Причины выхода из строя	Частота отказов, %	
	верхней ветви	нижней ветви
Засорение подшипников и их стопорение	38	12
Отсутствие или недостаток смазки подшипников	37	36
Слабая посадка подшипников в корпусе (или в ступицах)	12	10
Слабая посадка подшипников на невращающейся оси	3	3
Равномерное истирание обечайки по окружности при перегрузках	2	30
Неустановленные факторы при эксплуатации	8	9

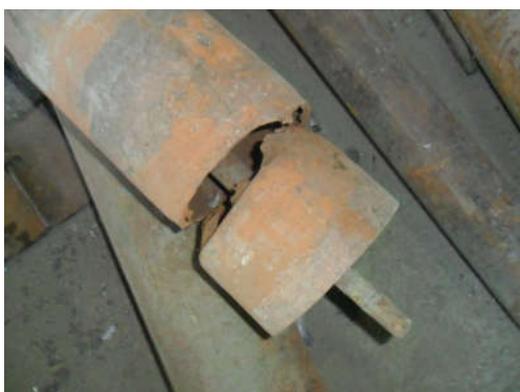
Остальные причины отказов вызваны, как правило, либо технологическими факторами (слабая посадка подшипников в корпусе или оси) неправильным подбором роликов для данных условий работы либо неправильным обслуживанием [64-70].

В результате проведенного мониторинга на ряде предприятий восточно-казахстанской области эксплуатирующих ленточные конвейеры (АО «Цементный завод Семей», ТОО КазахЦемент, ТОО Востокцветмет (Орловский ПК), гравийные карьеры ТОО Семей Жолдары) был выявлен ряд основных причин выхода из строя роликов (рисунок 1.16, рисунок 1.17). Эти выводы в основном совпадают с результатами в таблице 1.3: отсутствие вращения ролика как верхней, так и нижней ветви вследствие выхода из строя подшипника или лабиринтного уплотнения; разрушение ролика выдавливанием ступицы в результате неправильного подбора роликов при данной нагрузке [63, 58-61];

Имеет место низкая культура обслуживания и контроля ленточных конвейеров особенно на малых предприятиях, это может быть нерегулярная смазка ремонтпригодных роликов, несвоевременная замена вышедших из

строю роликов, т.е. ролики эксплуатируют вплоть до окончательного заклинивания подшипника.

Выявлена проблема отсутствия единого регламента подбора роликов для конвейеров, т.е. на ленточном конвейере могли использоваться ролики различных производителей, с разной конструкцией, различной массой, сопротивлением вращению. До сих пор на большинстве предприятий отсутствует практика диагностики состояния подшипников, замена ролика происходит лишь после окончательного выхода из строя. Все это вместе с тяжелыми условиями эксплуатации, конечно, сказывается на уменьшении срока службы роликов.



а



б



в



г

а – разрушение обечайки ролика вследствие заклинивания подшипника и воздействия агрессивной среды, б,в,г – выход из строя подшипника, с выдавливанием ступицы или подшипника

Рисунок 1.16 – Основные неисправности при работе конвейерных роликов (ленточный конвейер ТОО Востокцветмет (Орловский ПК) транспортировка медной руды)

В своих работах А.О. Спиваковский, А.Г. Шахмейстер, В.Г.Дмитриев, В.И Галкин [71] рассмотрели основы теории ленточных конвейеров и способы расчета производительности, приводов, натяжных устройств, конструктивных параметров, динамических процессов, устойчивости ленты, тягового расчета. Представлены теория надежности ленточного конвейера и его отдельных узлов.

Рассмотрены вопросы эффективности, энергоемкости параметров ленточных конвейеров и методы их оптимизации. В их работах указано, что основная причина отказа роликов это отказ подшипникового узла.



Рисунок 1.17 – Заклинивание подшипника конвейерного ролика с выдавливанием ступицы (ленточный конвейер ТОО Семей Жолдары, транспортировка гравия)

В [72] авторы, анализируя динамические нагрузки на линейных роликоопорах ленточных конвейеров сделали выводы, что каждой средней скорости движения ленты соответствует оптимальный шаг роликоопор, который обеспечивает минимальные динамические нагрузки. При неудачно выбранном шаге роликоопор, он может быть определяющим фактором надежности узлов ЛК при транспортировке крупнокускового груза.

Известна работа [73] в которой автор всесторонне рассмотрел вопросы надежности и качества машин. Даны определения показателей качества, рассмотрено управление качеством. Понятия и термины теории надежности. Надежность элементов в подъемно-транспортных машинах и прогнозирование показателей надежности. Способы повышения надежности. Рассмотрены нагрузки в ПТМ, несущая способность и предельные состояния их элементов.

В исследованиях В.Ф.Монастырский и др. [74 - 77] предлагают методику определения среднего срока службы роликов для различных конструкций роликоопор, с учетом нагрузок на подшипники ролика. Выяснилось, что срок службы роликов конвейеров зависит от погонной нагрузки, параметров конвейера, грансостава груза, типа и параметров ролика и роликоопор, скорости движения ленты. Также в [75, с. 35] рассмотрены задача определения динамических усилий при движении по роликоопорам ленты с крупными кусками груза, определены коэффициенты динамичности и коэффициенты реакции роликоопор равные отношению силы реакции к весу куска груза. Результатами проведенных авторами экспериментов были математические модели «внешнего» воздействия насыпного груза на элементы конвейера,

установлены закономерности между нагрузкой и параметрами опорных элементов.

В работе [78] автор занимается исследованием нагрузки на подшипники роlikоопор линейного става ленточных конвейеров. Им был предложен алгоритм расчета площади максимального сечения груза на ленте с помощью ЭВМ. Определены нагрузки для ряда случаев нагружения, с учетом динамических нагрузок возникающих при транспортировке кусковых грузов.

В работе [79] исследовали взаимодействия динамических нагрузок на ленту и ролики ленточного конвейера при транспортировке крупнокусовых грузов. Описано зависимость скорости движения ленты конвейера, от продольных и поперечных колебаний, и от ее усилия натяжения. Показаны условия возникновения нежелательных экстремальных колебаний при неравномерном распределении массы груза по ленте.

Имеется работа [80], автор исследовал скорость изнашивания элементов роlikоопор узла загрузки конвейера и их взаимосвязь от величин случайных динамических нагрузок. Создана расчетная модель амортизированной роlikоопоры, выведено уравнение для ее математического решения с оценкой погрешности решения.

В статье [81] представлены результаты экспериментального и регрессионного анализа динамических эффектов и реакции в системе, состоящей из конвейерной ленты и поддерживающей системы с натяжным барабаном. Созданные модели описывают процесс динамического воздействия нагрузки на ленточный конвейер, при падении материала. Целью работы является представление математических и статистических подходов для оценки качества конвейерной ленты с точки зрения их ударопрочности. Статья указывает на возможности использования моделей регрессии на практике для определения основных технических параметров.

Авторы [82] рассматривают влияние конструктивных параметров и компонентов ленточных конвейеров на надежность и потребление электроэнергии. Рассмотрены стандарты «DIN 22101 Belt Conveyors for Bulk Materials; Deutsche Norm 2002», дана оценка факторов приводящих к потерям электроэнергии, таких как возросшее сопротивление вращению роликов и др.

В [83] рассматривается надежность роlikоопор в контексте повышения надежности их подшипниковых узлов путем улучшения конструкций уплотнений. Она показывают что основными и постоянно действующими факторами, определяющими пылепроницаемость уплотнительных узлов роликов, наряду с «дыханием» внутреннего объема ролика вследствие суточного перепада температур окружающей среды, является радиальная и осевая игра в подшипниках и неточности изготовления деталей уплотнений.

Обобщая рассмотренные работы можно заметить связь надежности и срока службы (долговечности) узлов ленточных конвейеров, с параметрами транспортируемого груза, нагрузками на ролики, скоростью ленты конвейера. Т.е. срок службы роликов конвейера, а как выяснилось основная причина

выхода из строя ролика это отказ подшипникового узла, во многом зависит от погонной нагрузки, параметров конвейера, грансостава груза, конструкции роликов и роликоопор. Важен и правильный подбор роликов и их соответствие параметрам эксплуатации конвейера, это тип ролика, конструктивные элементы, такие как применяемая ступица, тип подшипник, материал, толщина обечайки и используемые лабиринтные или контактные уплотнения.

1.4 Постановка цели и задач исследования

Целью работы является конструктивное и технологическое обеспечение качества опорных роликов ленточных конвейеров работающих в тяжелых условиях.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

- систематизировать и провести анализ патентной и научно-технической информации о конструкциях роликов, технологии их изготовления и сборки, определить перспективность предлагаемых конструкций;
- разработать новые конструкции опорных роликов ленточных конвейеров, определить суммарные нагрузки, действующие на ролики новой конструкции;
- выполнить анализ напряженно-деформированного состояния ролика при переменном нагружении методами компьютерного моделирования;
- выполнить анализ технологии изготовления деталей опорных роликов, в том числе методами размерного анализа технологического процесса, разработать прогрессивную технологию изготовления деталей ролика;
- разработать имитационную стохастическую модель для прогнозирования шероховатости поверхности при токарной обработке, учитывающую систематические и случайные параметры, получить теоретические данные разброса шероховатости и сравнить их с экспериментальными данными.

1.5 Выводы по разделу

1 Рассмотрены проблемы эксплуатации ленточных конвейеров в горнодобывающей промышленности, проанализированы причины выхода из строя роликоопор их влияние на работоспособность ЛК в целом.

2 Проведен анализ конструкций опорных роликов как одного из массовых элементов ЛК, основных причин, влияющие на такие показатели качества роликов как надежность и долговечность.

3 Обобщая рассмотренные конструкции и проведенный анализ технологии обработки и сборки роликов, сделан вывод, что наиболее оптимальная конструкция конвейерных роликов для работы в условиях высокой влажности и запыленной среды достигается сочетанием технологических и конструктивных факторов. Т.е. совершенствование конструкции ролика, должно быть в одном ряду с повышением качества всего технологического процесса изготовления и сборки ролика.

4 Поставлены цель и задачи исследования

2 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ ОПОРНЫХ РОЛИКОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

2.1 Методика определения перспективы конструкций роликов на основе инженерного прогнозирования

Инженерное прогнозирование появилась в связи с необходимостью в научно обоснованном предвидении развития техники, технологий, конструкций и технических направлений. Инженерное прогнозирование предшествует планированию и проектированию. Оно раскрывает глобальные, потенциально возможные пути развития техники и отличается от научного предвидения выбором конкретных источников информации, обеспечивающих непрерывность прогнозирования в рамках среднесрочного и краткосрочного периодов. В прогнозировании в зависимости от целей могут использоваться практически все доступные источники информации, условно их можно разделить на параметрические и непараметрические.

Широко известны исследования в области инженерного прогнозирования отечественных и зарубежных ученых, таких как Янч Э., Паул Диксон, Дж. Мартино, Гмошинский В.Г., Джиенкулов С.А., Кабашев Р.А., Сурашов Н.Т., и другие [84-89]. В трудах ученых описано все многообразие применяемых способов прогнозирования, сами методы прогнозирования как комплексный процесс.

Предметом исследований в работе [90] является неопределенность прогнозирования на основе неопределенных наблюдаемых данных. Книга представляет численные методы, которые позволяют разрабатывать успешные прогнозы в разных областях науки, таких как, строительство, наука об окружающей среде или экономика, если имеется подходящая последовательность наблюдаемых данных.

В [91] авторами разработан алгоритм для краткосрочного прогнозирования, путем обобщения данных. Алгоритм сочетает в себе черты из методов, основанных на знаниях и статистике. Алгоритм по своей сути обновляемый, и это обеспечивает возможность систематического вмешательства оператора, при необходимости. В данное время его используют для прогнозирования погодных условий, средние абсолютные погрешности недельных прогнозов в диапазоне от 1,22% до 2,7%. Однако видны перспективы использования подобных алгоритмов и компьютеров в созданий прогнозных моделей для других областей науки и техники.

Применительно к нашему случаю кратко и содержательно данный вопрос рассмотрен в работе [92]. Автором были описаны методы инженерного прогнозирования, такие как Делфи, АРИЗ, ТРИЗ и другие. Разработана генеральная определительная таблица, описаны методы прогнозирования.

В условиях большого массива информации, имеющей различный характер от общетехнического до специального, инженерного опыта и традиционных способов исследования бывает недостаточно для определения направления развития тех или иных машин в будущем. Возникает необходимость обратиться

к способам научного прогнозирования, которые базируются на конкретных разделах техники и известных методах прогнозирования.

Особое значение приобретает анализ источников, несущих значительные информационные нагрузки (патенты, инновационные патенты и др.), но не имеющих традиционных числовых параметров, по которым обычно оценивали новые технические решения и формирование на их основе моделей прогнозирования. Т.е. есть необходимость в специальных методах анализа инженерно-технической ценности подобной информации в количественном формате. При этом чрезмерное обилие числовых параметров также затрудняет его оценку, тем более что возможны ситуации, когда одни параметры разработки могут быть лучше существующих параметров, а другие наоборот. Для исключения подобных ситуаций есть необходимость в разработке обобщенных критериев, дающих точную и полную характеристику технической перспективности и конкурентоспособности новых изделий. Таким образом, информация должна быть систематизирована к удобному для прогнозирования виду.

Источники информации можно разделить на две группы:

а) параметрические, отражающие информацию в числовых параметрах (масса, скорость и др.);

б) непараметрические, отражающие информацию без использования числовых параметров.

Для практического использования непараметрические источники информации необходимо трансформировать в числовые критерии, содержащие характеристики этих идей. Это относится и к прогнозированию по патентным источникам, которое наиболее подходит для прогнозирования различных конструкций машин и механизмов. Важность информации содержащейся в патентах исходит из их сущности, поскольку патенты отражают в концентрированной форме самые новые и зачастую опережающие свое время идеи в той или иной сфере. Опубликованные патенты в большинстве своем обладают новизной по сравнению с предыдущими патентами, показывая совершенствование конструкций во времени и в этом заключается определенный прогнозный потенциал. Однако лишь 7-9% патентов находят практическое применение, также ясно, что это лишь описание новых конструкций или идей и их графическое воплощение, поэтому лишь правильный анализ всей информации статистической и патентной даст полную картину дальнейшего развития конструкций. Необходима правильная оценка исходной информации на соответствие предъявляемым критериям и характеристикам (оценка на перспективность), поскольку часть патентов можно исключить уже на этом этапе как дезориентирующие патенты.

Для проверки перспективности конструкций опорных роликов конвейеров мы используем комплексную методику прогнозирования казахстанских ученых на основе патентной информации [92, с.15; 93]. С целью дальнейшего анализа мы провели патентный поиск конструкций опорных роликов глубиной 43 года, были отобраны и проанализированы опубликованные патенты как

казахстанские, так и дальнего и ближнего зарубежья с 1970 года по 2013 годы, это является исходной информацией для данного исследования перспективности конструкций роликов. Все патенты были отобраны из открытых источников литературы, интернета и патентного фонда республиканской научно-технической библиотеки. Также с разрешения профессора Темиртасова О.Т. были использованы патентные материалы и разработанная им генеральная определительная таблица (ГОТ).

Конструкции опорных роликов были классифицированы по нескольким основным признакам и проверены на перспективность с помощью генеральной определительной таблицы. Основные принципы создания ГОТ известны и изложены в источниках [94, 95]. Для наших целей при прогнозной оценке конструкций наиболее подходит генеральная определительная таблица, предложенная профессором Темиртасовым О.Т. [96, 97] (приложение Ж).

Преобразование информации состоит в том, что патенты сопоставляются с ГОТ, и согласно ГОТ по каждой характеристике находится адекватная ей позиция, далее следует оценка в баллах, также вычисляются коэффициенты полноты изобретений по этим позициям [95, с.120]. Коэффициент полноты изобретений представляет собой обобщенный показатель, по которому можно оценить инженерно-техническую значимость новых решений, представленных в непараметрических источниках (патентах).

Коэффициент полноты изобретений характеризует вероятность внедрения в производство новой техники и потенциальный технический уровень прогнозируемого объекта:

$$r = \frac{q}{q_{\max}} = \frac{\sum_1^n j \cdot \varphi(i)}{n \sum_1^n \varphi(i)} \quad (2.1)$$

где q – фактическая сумма оценок, получаемая в результате сопоставления патента с ГОТ;

q_{\max} – максимальная сумма оценок, взятая из характеристической матрицы.

Пределные значения коэффициента полноты находится в пределах

$$0,2 \leq r \leq 1 \quad (2.2)$$

Поэтому, чем ближе коэффициент полноты к единице, тем перспективнее инженерное решение. Резерв дальнейшего усовершенствования изобретения можно определить по формуле:

$$d = 1 - r \quad (2.3)$$

Используя формулу коэффициента полноты изобретения (2.1) и связав такие семантические категории (неперспективно, перспективно, малоперспективно, весьма перспективно) с системой баллов из матриц характеристик [95, с.63-72] получаем соответствия, отражающие в количественной форме информацию из патентов и шкалу оценки эффективности объектов прогнозирования (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Шкала оценки эффективности технических решений

Коэффициент полноты изобретения	Прогнозирование перспективности		Категория прогнозирования
	Семантическая оценка	Уровень оценки	
1,00 0,93 0,92 0,86 0,85 0,80	Весьма перспективно	Верхний Средний Нижний	I в I с I н
0,79 0,73 0,72 0,66 0,65 0,60	Перспективно	Верхний Средний Нижний	II в II с II н
0,59 0,53 0,52 0,46 0,45 0,40	Малоперспективно	Верхний Средний Нижний	III в III с III н
0,39 0,20	Неперспективно	----	IV

Кроме этого необходимо определить приведенное число патентов, обобщенный коэффициент полноты, а также оптимальную стратегию технической системы.

По формуле 2.4 определяем приведенное число патентов, приведенное число патентов M_n характеризует технический потенциал групп, представленных N_n патентами [95,с.141-142]

$$M_n = \sum_1^{K=N_n} r_K \quad (2.4)$$

здесь r_K – коэффициент полноты изобретений.

Приведенное число патентов обычно меньше номинального. Вычисление приведенного числа патентов дает возможность:

- Выделить лидирующее направление техники;
- Выявить альтернативные технические направления.

Обобщенный коэффициент полноты $r_{об}$ характеризует вероятный уровень техники в перспективе и имеет вид [95,с.147]

$$r_{об} = \frac{1}{N_n} \sum_{K=1}^{K=N_n} r_K \cdot \eta_K \quad (2.5)$$

здесь N_n – номинальное число патентов; η_K – частота попадания патента в данный статистический класс; r_K – коэффициент полноты единичного патента.

В практических расчетах используется модифицированный обобщенный коэффициент полноты, представляющий собой отношение приведенного потока патентной информации - $M_n(t)$ к номинальному - $N_n(t)$ числу

$$r_{об} = \frac{\lim_{\delta \rightarrow 0} \sum_a^b M_n(t) \cdot \Delta t}{\lim_{\delta \rightarrow 0} \sum_a^b N_n(t) \cdot \Delta t} = \frac{\int_a^b M_n(t) dt}{\int_a^b N_n(t) dt} \quad (2.6)$$

при этом $|\Delta t| < b$

При расчете модифицированного обобщенного коэффициента полноты дополнительно генерируется информация для оценки эффективности вариантов развития конструкций. Поэтому строятся четыре типа кривых, отражающих распределение источников информации во времени. Это кривые приведенного числа патентов, номинального числа патентов, приведенного числа патентов в нарастающем итоге и номинального числа патентов в нарастающем итоге для каждого вида роликов (рисунок 2.1, 2.2, 2.3, 2.4). Если первые две кривые показывают динамику генерации новых технических идей, третья и четвертая кривая помогает определить обобщенный коэффициент полноты и дает характеристику перспектив данной конструкции, показывает технический уровень конструкций используемых в данных патентах.

2.2 Прогнозирование по патентам перспективности конструкций роликов конвейеров

Было рассмотрено более 200 конструкций роликов конвейеров за период с 1970 года по 2013 годы, из них было отобрано 125 конструкций. Классификация роликов была проведена по конструктивным функционально-однородным признакам на следующие подгруппы, далее была произведена оценка данных конструкций согласно ГОТ (приложение Ж) и шкале оценки технических решений (таблица 2.1):

- жесткие ролики с толстостенной обечайкой для тяжелых и сверхтяжелых грузов (P_1) (приложение И);
- ролики с обечайками или ступицами резинометаллическими, либо из комбинированных материалов для всех типов грузов (P_2) (приложение К);
- ролики с деформируемыми тонкостенными ступицами сложной формы и обечайкой для легких и средних грузов (P_3) (приложение Л);

- ролики с самоустанавливающимися подшипниковыми узлами для всех типов грузов(P_4) (приложение М).

В перечисленных группах, имеются эффективные конструкции по различным областям применения и массе грузов, но мы ставим своей задачей определить перспективность в будущем не для отдельных конструкций, а группы в целом.

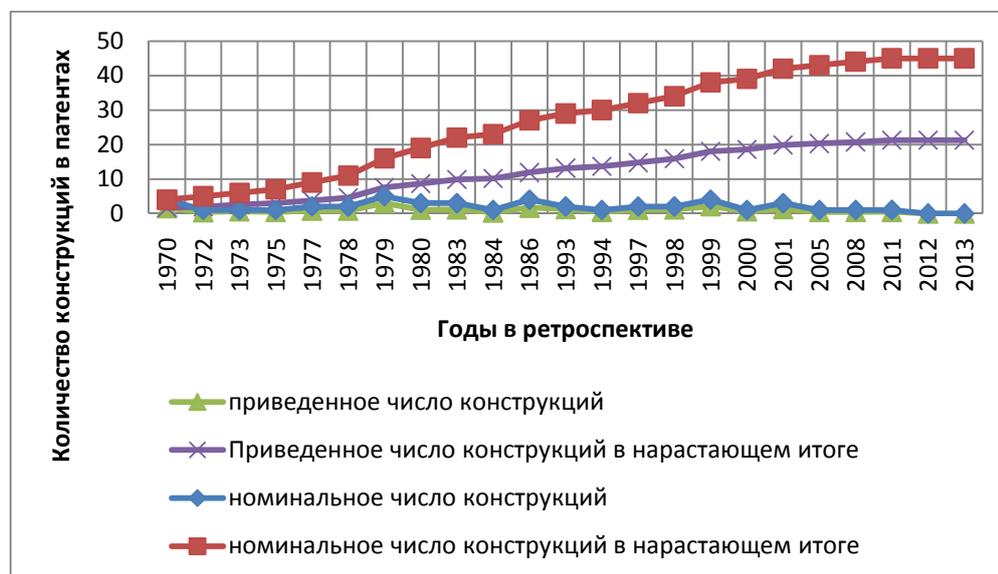


Рисунок 2.1 –Патентная информация по жестким роликам с толстостенной обечайкой для тяжелых и сверхтяжелых грузов (P_1)

Из графика (рисунок 2.1) видно, что наиболее активные разработки данных конструкций были в 1980, 1986 годах, после чего наблюдается спад, и отсутствие новых конструкций в 2012-2013годах. Поэтому кривая приведенного числа конструкций в нарастающем итоге, в эти годы не показывает тенденцию к росту. Это свидетельствует об ограниченной перспективе конструкций, что видно также (приложение И) из семантической оценки этих патентов (Зн, 4, Зс), эта оценка малоперспективно и неперспективно. Конечно, это не говорит о слабом техническом уровне всех конструкциях из данной группы, а показывает необходимость поиска более эффективного варианта исполнения (это такие параметры как вес конструкции, металлоемкость, срок службы и т.д.).

Ролики с обечайками или ступицами резинометаллическими, либо из комбинированных материалов. Мы видим из кривой номинального числа конструкций (рисунок 2.2) наибольшее развитие ролики с резинометаллическими ступицами получили в 80-х годах, и с тех пор, несмотря на снижение количества патентов по годам, наблюдается стабильный прирост новых конструкций. Кривые приведенного числа конструкций в нарастающем итоге показывают возможность дальнейшего применения данных конструкций в различных видах конвейеров для транспортировки грузов. Семантическая

оценка данных конструкций (приложение К), - (2с, 2н, 3в) перспективно и малоперспективно, однако больше оценок перспективно.

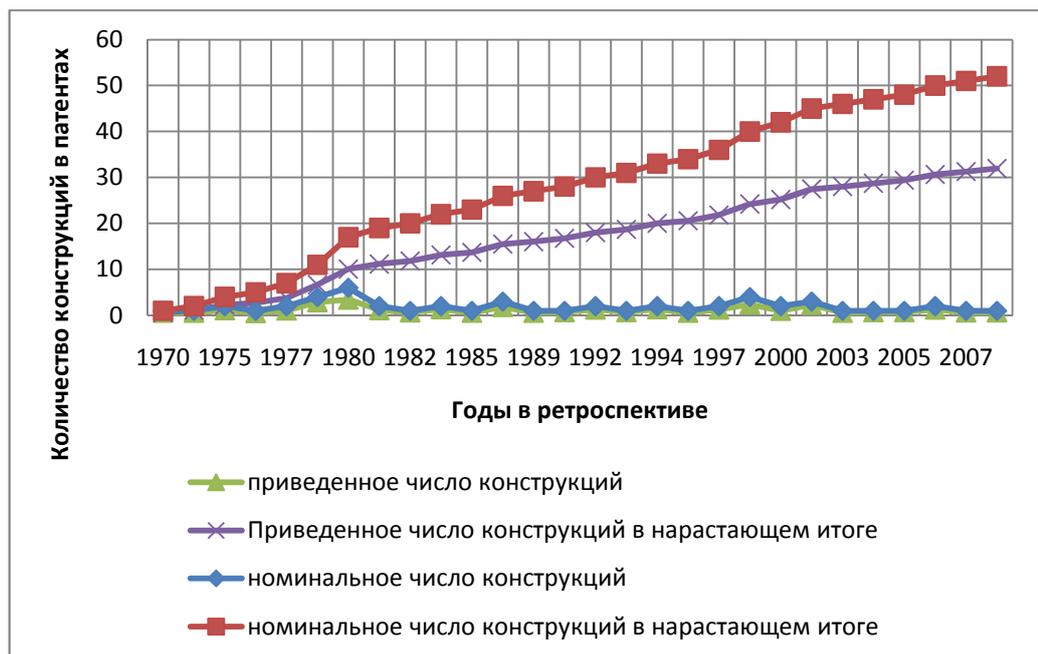


Рисунок 2.2 – График патентной информация по роликам с обечайками или ступицами резинометаллическими, либо из комбинированных материалов для всех типов грузов(P₂)

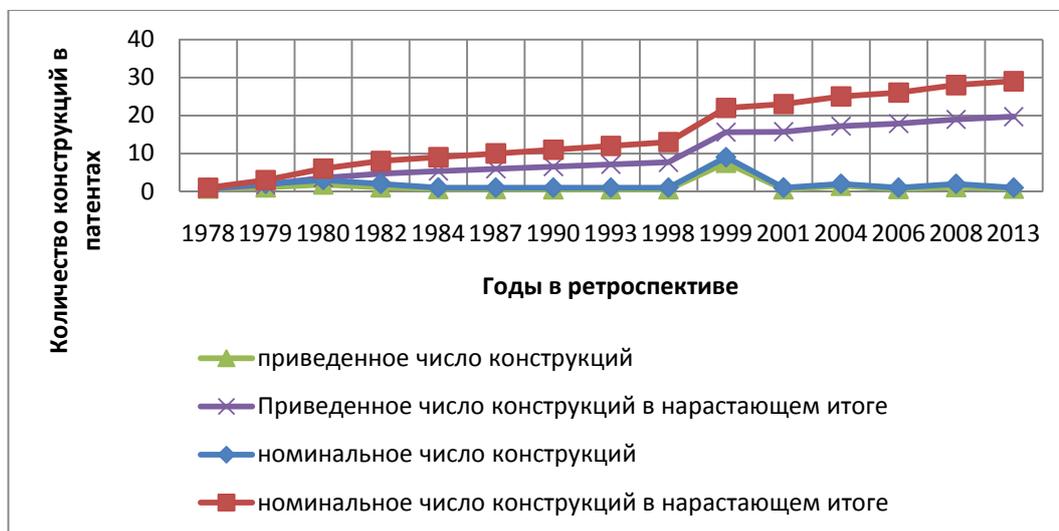


Рисунок 2.3 – Патентная информация по роликам с деформируемыми тонкостенными ступицами сложной формы и обечайкой для легких и средних грузов (P₃)

Конструкции с деформируемыми тонкостенными ступицами для легких и средних грузов массово начали появляться в 80-х годах, сейчас некоторые конструкции с облегченными штампованными ступицами могут

использоваться для транспортировки и тяжелых грузов. Как мы видим из рисунка 2.3, эти конструкции переживали бурный рост в 1999-2000 годах, далее прирост конструкций стабилизировался. Семантическая оценка конструкций по патентам согласно коэффициенту полноты изобретения в (приложение Л) (1с, 2в, 2н, 3в), т.е. более склонна к оценке перспективно, что также подтверждается кривыми приведенного и приведенного в нарастающем итоге числа конструкций (рисунок 2.3).

Первые конструкции роликов с самоустанавливающимися подшипниковыми узлами появились в 80-х годах и переживали наибольший рост к 2008 году. Кривые (рисунок 2.4) приведенного числа конструкций стабильны, приведенного числа конструкций в нарастающем итоге показывают постоянный рост, что указывает на перспективность конструкций. Так же о перспективности данных конструкций говорит семантическая оценка, проведенная в (Приложении М), где с помощью коэффициента полноты изобретения выведена категория прогноза и дана соответствующая средняя оценка (1с, 1н, 2в, 2с) которая соответствует согласно шкале (таблица 2.1) оценке перспективно и весьма перспективно.

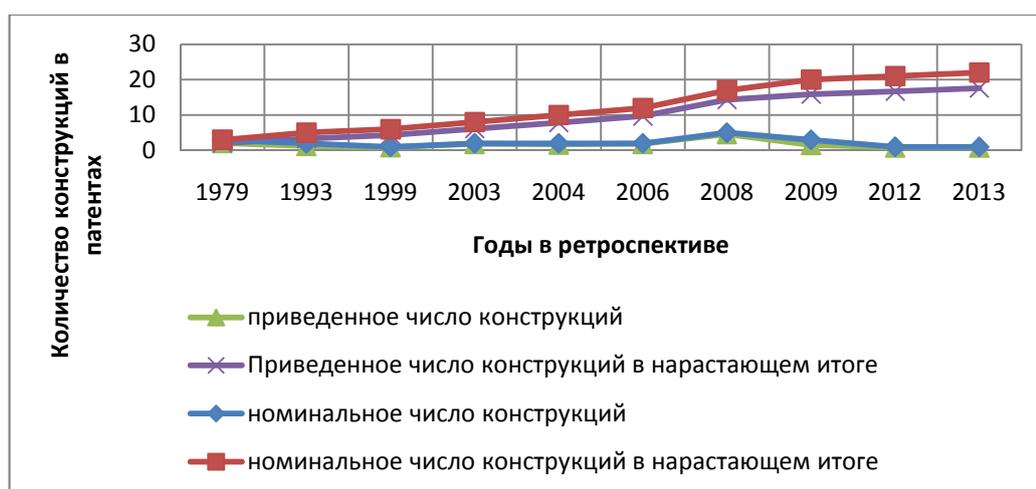


Рисунок 2.4 – Патентная информация по роликам с самоустанавливающимися подшипниковыми узлами для всех типов грузов(P₄)

Сравнивая графики (рисунок 2.1-2.4) можно указать такой критерий перспективности и технического уровня изобретений как сходимость кривых номинального числа конструкций в нарастающем итоге (характеризует прирост конструкций по годам) и приведенного числа конструкций в нарастающем итоге (характеризует технический уровень изобретения). Так на рисунке 2.1 мы видим, что данные две кривые имеют максимальное расстояние друг от друга, а также тенденцию к увеличению этого расстояния, это указывает что, несмотря на большое количество представленных конструкций, их технический уровень растет незначительно, что конечно сказывается на перспективах данной конструкции отрицательно. На рисунке 2.4 для роликов с самоустанавливающимися подшипниковыми узлами эти две кривые удалены

друг от друга незначительно и даже на некоторых отрезках параллельны друг другу, что наоборот указывает на перспективность конструкций и соответствует высокому техническому уровню изобретений.

2.3 Обоснование предлагаемой конструкции опорного ролика конвейера

Согласно Спиваковскому А.О. [4, с.20] одним из основных направлений перспективного развития современных транспортирующих машин является:

- Повышение производительности конвейера. Это реализуется путем выбора наиболее рациональной формы грузонесущего элемента конвейера, а также увеличения скорости движения конвейера;

- Повышение надежности машин и упрощение их обслуживания в тяжелых условиях эксплуатации;

- Снижение металлоемкости, массы и уменьшение габаритных размеров машин путем создания принципиально новых облегченных конструкций с применением пластмасс, легких сплавов, тонкостенных гнутых профилей металла и т.п.

При этом если принять во внимание те изменения, которым были подвергнуты за последнее время ленточные конвейеры, их совершенствование в дальнейшем в основном будет дальнейшим развитием конструктивных исполнений, а также в направлении снижения веса и разработки оптимальной и недорогой технологии производства современных конвейерных лент для высокопроизводительных конвейеров. Одним из перспективных направлений развития является создание для конвейеров мотор-барабанного или мотор-редукторного привода, более совершенных конструктивно роlikоопор и конечно дальнейшее совершенствование их технологии производства. Поэтому проводимая нами работа по конструктивному и технологическому совершенствованию роlikоопор хорошо вписывается в это концепцию.

Как уже говорилось в главе 1, за период, с 90-х годов, был предложен ряд конструкций опорных роликов, объединенных общим принципом принудительного совместного перекоса наружного и внутреннего кольца подшипника качения конструктивными методами (т.е создание самоустанавливающегося подшипникового узла). Это достигается различными способами, если в предыдущих изобретениях [31,с. 3] принудительный перекос наружного кольца подшипника осуществляется за счет осевой силы, то уже в следующих конструкциях [32,с.8-9;33,с.9;35,с.14;36,с.11], производится за счет самой радиальной нагрузки, действующей на ролики. В данное время работа над совершенствованием конструкций продолжается и в 2015 году была подана заявка и получено положительное решение о выдаче инновационного патента на изобретение «Ленточный конвейер» где рассматривается конструкция подобного ролика (приложение Н). Однако так как невозможно в рамках данной работы рассмотреть и тщательно проработать все конструкции опорных роликов ленточных конвейеров объединенные в группу Р4, для дальнейшей проработки была разработана рациональная конструкция с максимальной

унификацией деталей и надежным уплотнительным узлом для ленточных конвейеров работающих в тяжелых условиях. На данную конструкцию опорного ролика, как уже отмечалось в главе 1, подана заявка о выдаче патента РК, регистрационный номер №2016/0368.1. Для опорного ролика ленточного конвейера (рисунок 1.15) была разработана технология изготовления, проведен размерный анализ узла и технологического процесса механической обработки некоторых деталей, разработан технологический регламент, проведен глубокий анализ с использованием современных средств вычислительной техники.

Преимущества ролика новой конструкции: подшипниковый узел ролика это тонкостенная упругая ступица определенной геометрической формы, стакан, позволяет производить принудительный перекося наружного кольца подшипника совместно с внутренним кольцом подшипника за счет радиальной нагрузки, действующей на ролик. Это позволяет предотвратить защемление элементов качения в подшипнике и существенно продлевает срок службы.

Имеется штампованная защитная крышка, кроме лабиринтного уплотнения присутствует роторное контактное уплотнение, в конструкции роторного уплотнения используется эффект центробежной очистки от пылевидных частиц. Также конструкция роторного уплотнения позволяет во время остановки конвейера препятствовать проникновению пылевидных частиц с окружающей среды. Используются подшипники с защитной шайбой.

2.4 Выводы по разделу

1 Проведенный патентный поиск и анализ патентной информации глубиной 43 года, с 1970 по 2013 годы, методами инженерного прогнозирования показал перспективность дальнейшей разработки и совершенствования конструкций роликов с самоустанавливающимися подшипниковыми узлами.

2 Предложенное направление совершенствования конструкций опорных роликов совпадает с перспективным развитием современных транспортирующих машин предложенными такими учеными как Спиваковский А.О. [4,с.20]

3 РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ОПОРНОГО РОЛИКА

3.1 Основные требования к сборочному узлу – опорный ролик ленточного конвейера

Точность сборочных единиц, его составных узлов и деталей является условием удовлетворительной работы изделия и должна обеспечивать точное положение и движение звеньев, ограничивать динамические нагрузки, концентрации нагрузок и напряжений, обеспечивать оптимальные зазоры и натяги в различных сопряжениях. Все это в конечном итоге существенно влияет на быстроходность, энергоэффективность, материалоемкость, надежность и долговечность. Процесс создания новой конструкции состоит из стадий разработки технического и рабочего проектов и именно на стадии технического проекта рекомендуется выполнять размерный анализ конструкции.

Размерный анализ на стадии технического проектирования [53, с.142] помогает выбрать рациональные схемы компоновки деталей и узлов, принять рациональные конструктивные решения. Далее в рабочем проекте окончательно рассчитываются допуски на размеры. При размерно-технологическом анализе мы можем установить:

- требования к точности относительного расположения деталей и сборочных единиц, геометрические и кинематические связи;
- окончательную схему компоновки изделия;
- расчет номинальных значений, отклонений и допусков на размеры деталей и звеньев сборочных единиц изделия;
- методы достижения требуемой точности при общей сборке машины.

Основная задача решения размерных цепей на стадии проектирования (конструирования) изделия, это обеспечение точности или установления размерной связи между деталями узла (в данном случае ролика конвейера), для создания в дальнейшем качественного технологического процесса сборки. Объектом нашего исследования является ролик опорный для ленточного конвейера, работающего в тяжелых условиях обычно в горнорудной промышленности. Новая конструкция ролика (рисунок 3.1) состоит из цилиндрического корпуса или обечайки 1 вращающегося посредством подшипников качения 11 относительно неподвижной оси 3. Внутренние кольца подшипников качения 11 установлены на оси, а наружными кольцами в стакане. Присутствуют стопорные элементы 12, комбинированное уплотнение подшипника 8-10 и штампованный кожух 5 для защиты подшипника и уплотнений от внешней среды. Подшипник с внутренней стороны также защищен уплотнением 7, а снаружи на ось запрессована защитная крышка 6, защищающая подшипниковый узел от механических воздействий. Ролик устанавливается лысками оси 3 на металлоконструкцию роликоопоры, ось 3 неподвижна, а вращается наружное кольцо подшипника качения 11 вместе со стаканом 4 и цилиндрической обечайкой 1. Стакан 4 и цилиндрическая

обечайка 1 соединены при помощи сварки тонкостенной ступицей 2. Детали, смонтированные на оси, ограничены с двух сторон стопорными кольцами 12 и стаканом 4, приваренным посредством тонкостенной ступицы 2 к обечайке 1. Следовательно, все элементы имеют ограниченную степень свободы относительно ступенчатой оси и корпуса. Также для правильной эксплуатации должно быть минимизировано осевое смещение, все детали подшипникового узла могут смещаться лишь в пределах допусков стакана и ступенчатой оси 3. При работе узла трение скольжения должно быть только на контактных уплотнительных элементах, где оно минимизируется за счет применения современных антифрикционных материалов.

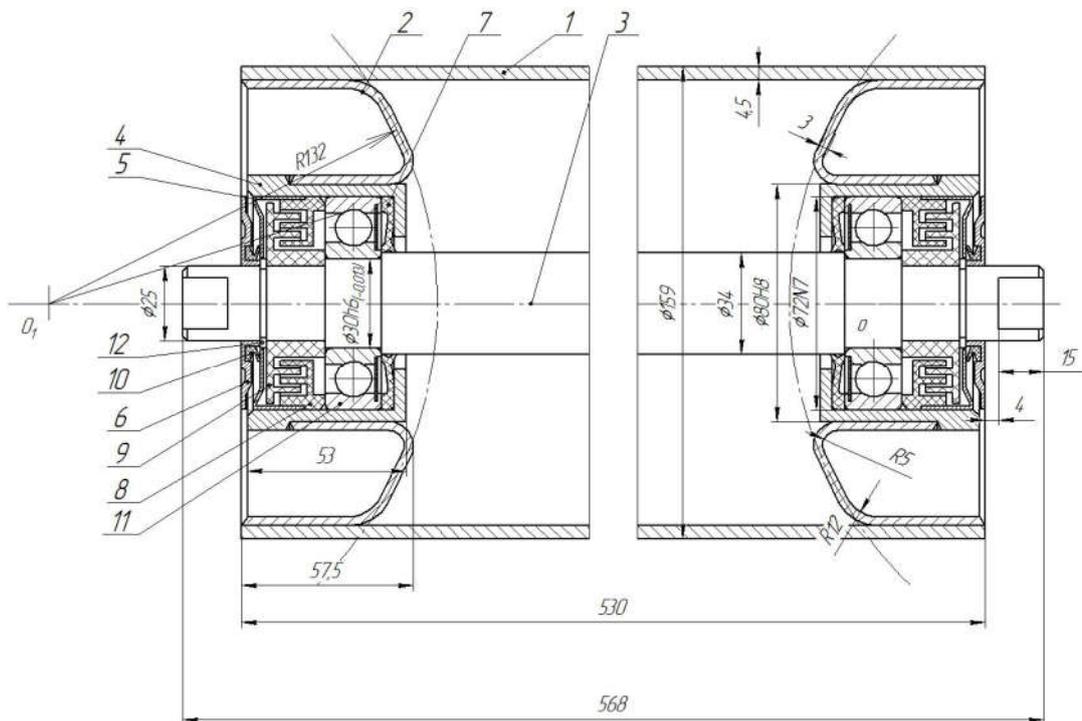


Рисунок 3.1 – Конструкция опорного ролика

Опорный ролик работает в условиях больших динамических нагрузок, особенно в узлах загрузки, где присутствуют и ударные нагрузки, поэтому особенно в подшипниковых узлах требования к точности установки подшипников довольно высоки. Точность сборочной единицы, как известно, зависит от точности изготовления составляющих его деталей. В любом узле присутствуют детали допуски, которых, известны заранее, это могут быть допуски на размеры стандартизированных или нормализованных изделий (подшипники качения, муфты и т.д.) их можно без значительного риска принимать, руководствуясь действующими стандартами [98, 99] и исходя из конкретной конструктивной схемы с целью обеспечения необходимой точности. При назначении допусков нужно руководствоваться несколькими основными факторами, это фактор производства, т.е. назначают допуск соответствующий принятому методу обработки. Для другой детали, к примеру,

дорогостоящей, решающим фактором может оказаться вероятность появления брака и конечно необходимо учитывать экономический фактор. Известно, что вследствие недостатка знаний для полного объяснения процессов протекающих при работе изделия и специфике инженерных методов расчета, часто это приходится компенсировать ужесточением допусков. Однако чрезмерное увеличение допуска на изготовление нецелесообразно, это видно по графику на рисунке 3.2. Поскольку кривые на рисунке 3.2 асимптотически приближаются к осям, то при определенном значении допуска его дальнейшее увеличение не приводит к снижению себестоимости и снижению брака. Зависимость «себестоимость эксплуатации – допуск на эксплуатацию» носит аналогичный характер [100]. Т.е. наша задача состоит именно в рациональном определении допуска, путем его деления на две составляющие так, чтобы получить наименьшие затраты не в ущерб качеству.

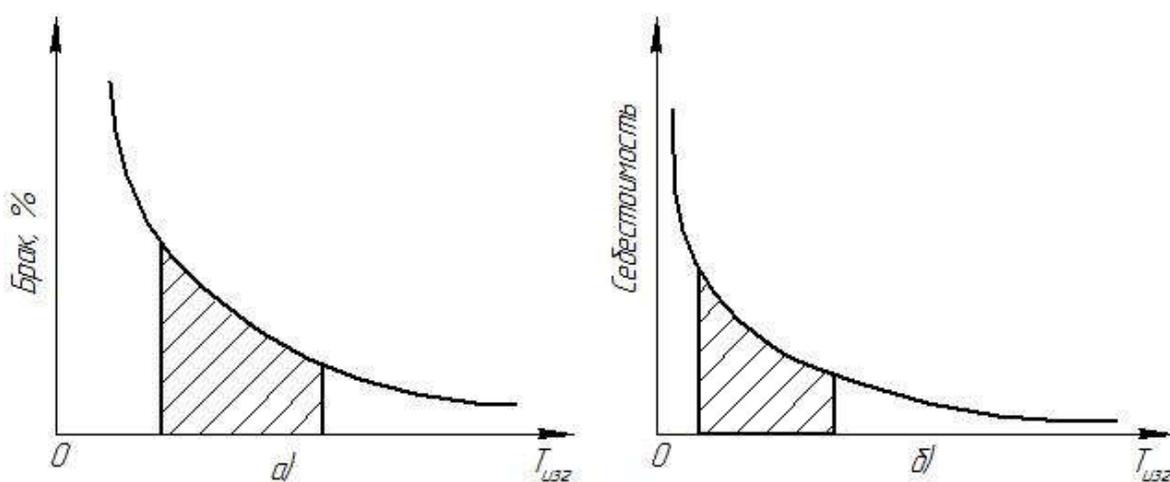


Рисунок 3.2 – Зависимости брака и себестоимости изделия от допуска (рациональные допуски показаны штрихованными участками)

Поэтому в данном случае мы можем принять допуск на оси по 6 качеству, выбираем h6 как наиболее отвечающую параметрам центрирования и точности, достигается подобная точность шлифованием посадочного места под подшипник. Для внутренней полости стакана непосредственно на наружном кольце подшипника подбираем допуск по 7 качеству, принимаем N7, подобная точность достигается тонким точением или внутренним шлифованием. Кроме этого, у нас имеются несколько размеров, которые необходимо выдержать, это ширина лабиринтного уплотнения в сборе, также необходим зазор для установки защитной шайбы 7 с внутренней стороны подшипника. Роторное уплотнение, для создания эффекта центробежной очистки, также должно иметь зазор не менее 1 мм. Для определения величин зазоров и точности некоторых других размеров и корректного взаимного расположения деталей нам необходимо провести размерный анализ узла.

3.2 Выявление размерных цепей и расчет допусков размеров

Существует примерная последовательность выполнения расчетов по размерным цепям.

1. Выявление исходных размеров и установление предъявляемым к ним требований точности.
2. Выявление влияющих размеров.
3. Составление конструктивных схем изделия и его составных частей.
4. Определение всех необходимых коэффициентов (относительной асимметрии, относительного рассеивания и др.)
5. Определения по каждой расчетной схеме метода достижения требуемой точности исходного размера.

Познакомившись с работой и конструкцией узла – опорный ролик конвейера, устанавливаем требования по точности, обеспечивающие его функциональность и работоспособность. Установлено, что основные параметры точности роликов – взаимное расположение деталей, радиальное биение ролика, несоосность подшипниковых узлов определяет система взаимосвязанных размерных связей, которые формируются при изготовлении на операциях технологических процессов, при сборке узла. Для подшипникового узла, точность которого является очень ответственной для полноценного функционирования ролика, параметры точности нами были установлены т.к. сам подшипник является стандартным узлом и параметры точности и допуски для подшипникового узла мы приняли, руководствуясь действующими стандартами и производственным опытом в этой области [53, с. 321-348].

При дальнейшем анализе узла в качестве исходно-замыкающего звена размерной цепи нами было предложено несколько размеров и основные предъявляемые к ним требования точности. Это, во-первых, размер показывающий расстояние между подшипниковыми узлами, т.е. между внутренними торцами подшипниковых стаканов 4 с установленными в них подшипниками, данный размер необходим для расчета точного взаимного расположения подшипниковых узлов при сборке и оптимальной балансировки всего ролика в сборе (размерная цепь А).

Следующая размерная цепь (Б) исследуется с целью сформировать точные размерные характеристики относительно друг друга при сборке деталей лабиринтного уплотнения, подшипника и других деталей, устанавливаемых в стакане, а также, чтобы выдержать минимальный зазор 2мм необходимый для работы роторного уплотнения и создания эффекта центробежной очистки.

Размерная цепь (В), необходима для точного определения размеров и взаимного расположения деталей, стопорящих подшипник качения, поскольку изготовление их с чрезмерными допусками может привести к большому осевому смещению внутреннего кольца подшипника.

Некоторые имеющиеся размеры мы можем выставить исходя из конструктивного исполнения и имеющегося практического опыта

эксплуатации. Известно, что для валов диаметром 10-50мм величина радиального зазора необходимого для эффективной работы лабиринтного уплотнения составляет 0,2-0,3мм, аксиальный зазор должен быть в пределах 1-1,5мм, посадка на валу осуществляется по 9 квалитету, размер самого зазора для запаса смазки можно принять 4,5мм [98,с.305; 101,с.53]. Для качественной работы роторного уплотнения и создания эффекта центробежной очистки при вращении ролика, необходим зазор не менее 1мм между штампованным тонкостенным кожухом 5 и защитной крышкой 6 с установленным на ней уплотнением роторного типа 11. Устанавливаем размер 1мм, который может быть увеличен за счет коррекции конструкции стакана или защитного кожуха.

Выявляем составляющие звенья размерных цепей, их влияние на исходный размер и составляем конструктивную схему связанных размерных цепей для опорного ролика конвейера. На рисунке 3.3 и рисунке 3.4 показаны схемы связанных размерных цепей для предлагаемого ролика.

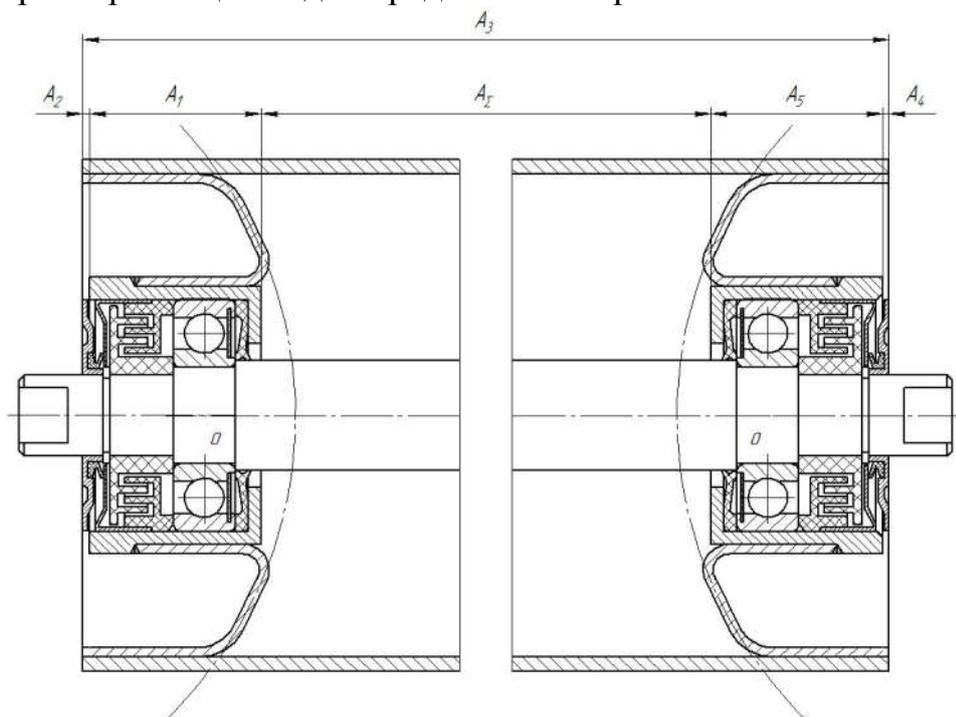


Рисунок 3.3 – Схема размерной цепи А, определяющей погрешность взаимного расположения подшипниковых узлов ролика

На основании анализа взаимодействия деталей входящих в опорный ролик в сборе, размеры которых влияют на замыкающее звено размерной цепи, построим размерную цепь А (рисунок 3.3).

Размерная цепь А состоит из следующих звеньев (отклонения поставлены исходя из технологических условий, их целесообразность и должен также подтвердить проводимый размерный анализ):

- A_1, A_5 – ширина детали стакан, номинальный размер и величина допуска определяется при получении чистовым точением по h12 как $53_{-0,3}^0$ мм;
- A_2, A_4 – расстояние от торца обечайки до внешнего торца стакана, принимается равным $2 \pm 0,25$;

- A_3 - ширина обечайки, номинальное значение согласно стандарта для данного диаметра ролика и точность полученная отрезанием и токарной обработкой торцов $530 \pm 0,35$;

- A_Σ - исходное-замыкающее звено размерной цепи, определяющая погрешность взаимного расположения подшипниковых узлов и последовательность технологических операций при изготовлении и сборке изделия, номинальное значение и допуск составляет $420 \pm 0,485$.

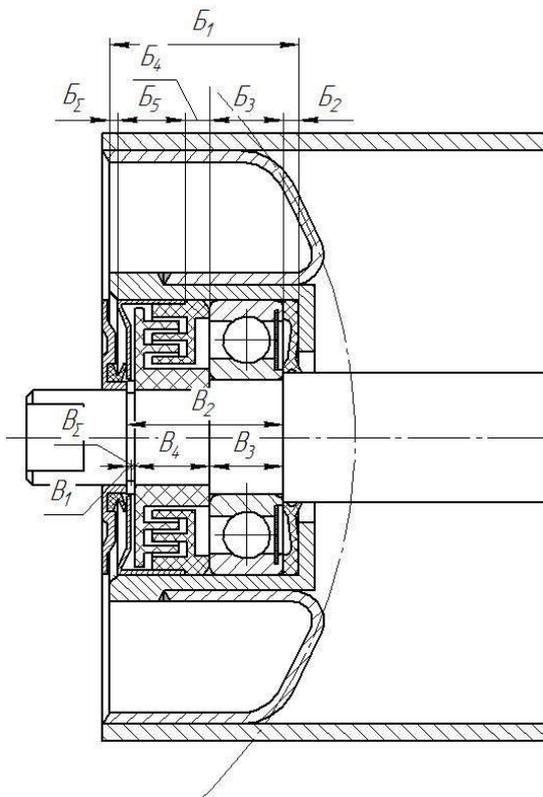


Рисунок 3.4 - Схемы размерных цепей (Б, В)

Размерная цепь Б (рисунок 3.4) состоит из следующих звеньев:

- B_1 – расстояние от внешнего торца до внутреннего торца детали стакан, номинальный размер и величина допуска определяется при получении чистовым точением по 11 качеству как $49 \pm 0,08$ мм;

- B_2 – ширина защитной шайбы, защищающей подшипник от попадания пыли и инородных частей с внутренней стороны, защитные шайбы с подобной функциональностью встречаются в справочной литературе и данная отличается лишь конструкцией можно принять ширину защитной шайбы 4мм;

- B_3 – ширина подшипника качения, является унифицированной величиной и согласно ГОСТ520-2002 составляет, $19_{-0,12}$;

- B_4 – расстояние от торца подшипника качения до внутреннего торца детали кожух тонкостенный, номинальное значение составляет 6мм и является элементом внутреннего лабиринтного уплотнения;

- B_5 – ширина детали кожух тонкостенный, номинальное значение 18мм;

- B_{Σ} – исходное-замыкающее звено размерной цепи, используемое для расчета номинального значения, допусков и припусков фаски создающей необходимый для нормальной работы роторного уплотнения зазор, составляет $2^{+0,25}$.

Размерная цепь В (рисунок 3.4):

- B_1 – ширина стопорного кольца, для диаметра 25мм согласно справочной литературе составляет 1,2мм;

- B_2 – расстояние от торца стопорного кольца до торца ступени вала диаметром 34мм, номинальное значение 40,2;

- B_3 – ширина подшипника качения, является стандартной величиной и согласно ГОСТ 520-2002 составляет, $19_{-0,12}$;

- B_4 – ширина внешнего элемента лабиринтного уплотнения составляет 20мм;

- B_{Σ} – исходное-замыкающее звено размерной цепи, представляет из себя зазор между торцом канавки для стопорного кольца и до самого стопорного кольца, равно разности между шириной стопорного кольца и шириной канавки, номинальное значение $0^{+0,3}_{+0,1}$.

Видно, что связанными являются размерные цепи Б и В. Для определения очередности расчета размерных цепей в данной связанной группе составляем таблицу 3.1. По размерной цепи А расчет ведется отдельно.

Таблица 3.1 – Определение очередности расчета группы взаимосвязанных расчетных схем

Расчетная схема	n	T_{Σ} ,мм	T_{cp} ,мм	Способ или метод достижения точности	Очередность расчета
Б	5	0,25	+0,125	Вероятностный	2
В	4	0,2	0,2	Вероятностный	1

Существует несколько основных методов решения или метода достижения заданной точности размерных цепей: метод полной взаимозаменяемости, вероятностный метод, метод групповой взаимозаменяемости, метод пригонки, метод регулирования. Однако для наших целей наиболее подходят методы полной взаимозаменяемости и вероятностный метод, т.е методы при которых сборка происходит без подгонки, регулировки поэтому в дальнейшем мы рассматриваем только эти два метода. Так как мы знаем, что производство таких массовых узлов как ролики конвейера будет экономически обоснованно только как минимум при серийном производстве, поэтому выбираем вероятностный метод как наиболее подходящий для такого типа производства и обеспечивающий более высокую экономичность изготовления за счет расширенного диапазона полей допусков. Также плюсами вероятностного метода является простота и экономичность сборки изделия.

Основные выражения для решения прямой задачи вероятностным методом можем взять из литературы [102].

Основное уравнение размерной цепи:

$$A_{\Sigma} = \sum^m A_{ув} - \sum^n A_{ум}, \quad (3.1)$$

где m -число увеличивающих звеньев; n -число уменьшающих звеньев.

Допуск замыкающего звена можно подсчитать по формуле:

$$T_{\Sigma} = t \sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 \cdot T_i^2} \quad (3.2)$$

где λ_i - коэффициент относительного рассеяния, T_i - допуск i -го звена.

Средний квалитет допусков составляющих звеньев при способе одной степени точности находим по формуле:

$$a_c = \frac{[T_{\Sigma}]}{t \sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 \cdot i^2}} = \frac{[T_{\Sigma}]}{t \sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 (0,45^3 \sqrt{D_u} + 0,001 D_u)^2}} \quad (3.3)$$

i – единица допуска подбирается по справочным данным.

Если $T_{\Sigma} \neq [T_{\Sigma}]$, то рекомендуется определить возможный процент риска и произвести его оценку.

$$t = \frac{[T_{\Sigma}]}{\sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 \cdot T_i^2}} \quad (3.4)$$

Правильность назначения предельных отклонений проверяют по формуле:

$$\Delta_{c\Sigma} = \sum^m \Delta_{c,ув} - \sum^n \Delta_{c,ум}, \quad (3.5)$$

где $\Delta_{c\Sigma}$ - среднее отклонение поля допуска замыкающего звена; $\Delta_{c,ув}$, $\Delta_{c,ум}$ – средние отклонения полей допусков увеличивающих и уменьшающих звеньев.

Если $\Delta_{c\Sigma} \neq [\Delta_{c\Sigma}]$ и различные варианты изменений в Δ_c не дали положительных результатов, выбираем так называемое зависимое звено и определяем его среднее отклонение.

Для увеличивающего звена:

$$\Delta_{cx,ум} = \sum^n \left(\Delta_{c,ум} + \alpha_{ум} \frac{T_{ум}}{2} \right) - \sum^{m-1} \left(\Delta_{c,ув} + \alpha_{ув} \frac{T_{ув}}{2} \right) + [\Delta_{c\Sigma}] + \alpha_{\Sigma} \frac{T_{\Sigma}}{2} - \alpha_{x,ув} \frac{T_x}{2} \quad (3.6)$$

Для уменьшающего звена:

$$\Delta_{cx_{ум}} = \sum^m \left(\Delta_{c_{yв}} + \alpha_{yв} \frac{T_{yв}}{2} \right) - \sum^{n-1} \left(\Delta_{c_{yм}} + \alpha_{yм} \frac{T_{yм}}{2} \right) - [\Delta_{c_{\Sigma}}] - \alpha_{\Sigma} \frac{T_{\Sigma}}{2} - \alpha_{x_{yв}} \frac{T_x}{2} \quad (3.7)$$

Верхнее и нижнее отклонение замыкающего звена можно также найти по формулам:

$$\Delta S_{\Sigma} = \Delta_{c_{\Sigma}} + \frac{1}{2} T_{\Sigma}, \quad (3.8)$$

$$\Delta I_{\Sigma} = \Delta_{c_{\Sigma}} - \frac{1}{2} T_{\Sigma}, \quad (3.9)$$

Предельные размеры (максимальный и минимальный) замыкающего звена находят из выражений:

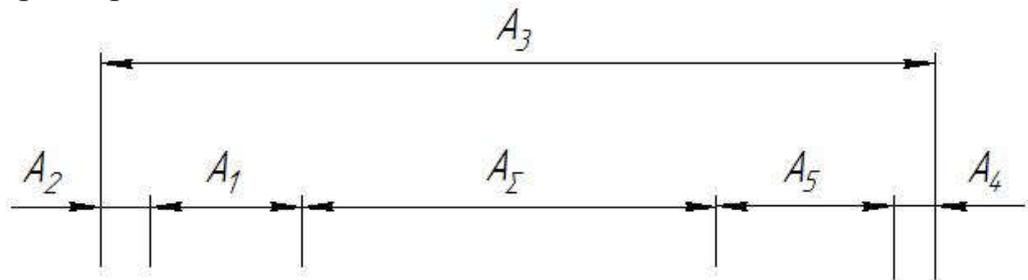
$$A_{\Sigma max} = A_{\Sigma} + \Delta S_{\Sigma}, \quad (3.10)$$

$$A_{\Sigma min} = A_{\Sigma} + \Delta I_{\Sigma} \quad (3.11)$$

где A_{Σ} - номинальный размер замыкающего звена, найденный из уравнения 3.1. (начиная с формулы 3.5, значения отклонений вводят со своими знаками + или -).

Размерная цепь А. Расчет вероятностным методом.

Схема размерной цепи А.



Формулировка задачи: Расчет допусков составляющих звеньев производится с целью обеспечения точности сборки ролика конвейера и точности взаимного расположения подшипниковых узлов в обечайке. Уточнения допусков и отклонений всех размеров влияющих на величину допусков размеров исходного звена. Исходное звено, размер между внутренними торцами подшипниковых узлов, искажение которого влияет на правильную балансировку и сборку ролика.

Основные параметры исходного звена:

$$[A_{\Sigma max}] = 420,485 \text{ мм}; [A_{\Sigma min}] = 419,515 \text{ мм};$$

$$[\Delta S_{\Sigma}] = 0,485 \text{ мм}; [\Delta I_{\Sigma}] = -0,485 \text{ мм};$$

$$[\Delta_{c_{\Sigma}}] = 0 \text{ мм}; [T_{\Sigma}] = 0,97 \text{ мм}.$$

Основное уравнение размерной цепи, с учетом того что $A_1=A_5$, $A_2=A_4$:

$$A_{\Sigma} = A_3 - (A_1 + A_2 + A_4 + A_5) = A_3 - (2A_1 + 2A_2) = 530 - (2 \cdot 53 + 2 \cdot 2) = 420 \text{ мм}$$

Принимаем рассеяние размеров звеньев соответствующим нормальному закону, т.е. $\lambda_i \approx 1/3$, соответственно $\lambda_{\Sigma} = 1/3$ [102, с.38]. Принимаем также $\alpha_i = 0$.

Допуски составляющих размеров рассчитываем по способу одной степени точности, при нормальном законе рассеяния размеров процент риска можно принять $P=0,27\%$. Из [102, с.36] при $P=0,27\%$ находим коэффициент $t=3$.

Средний квалитет допусков составляющих звеньев по формуле 3.3:

$$a_c = \frac{970}{3 \cdot \sqrt{2 \cdot (1/3)^2 1,86^2 + 2 \cdot (1/3)^2 0,55^2 + (1/3)^2 4,34^2}} = \frac{970}{3\sqrt{2,899}} \approx 190$$

где i -единица допуска, из [102, с.20] для размера $A_1=A_5=53\text{мм}$, $i_1=1,86\text{мкм}$; $A_2=A_4=2\text{мм}$, $i_2=0,55\text{мкм}$; $A_3=530\text{мм}$, $i_3=4,34\text{мкм}$;

Определяем, [103, с.44] что полученное число единиц допуска, $a_c = 190\text{мкм}$ лежит в пределах стандартных значений, $a=160$ (для 12 квалитета) и $a=250$ (для 13 квалитета). Отсюда следует, что некоторые звенья могут изготавливаться как по 12, так и по 13 квалитету, учитывая технологические условия. В данных условиях и для данного узла такая точность целесообразна. Подбираем стандартные допуски по 12 квалитету для звеньев размерной цепи $T_1=T_5=300\text{мкм}$, $T_2=T_4=100\text{мкм}$, $T_3=700\text{мкм}$.

Производим проверку правильности назначенных допусков составляющих звеньев по уравнению 3.2.

$$T_{\Sigma} = t \sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 \cdot T_i^2} = 3\sqrt{2(1/3)^2 0,3^2 + 2(1/3)^2 0,1^2 + (1/3)^2 0,7^2} = 3\sqrt{0,0759} = 0,826 \text{ мм}$$

Оценим процент риска, так как $T_{\Sigma} \neq [T_{\Sigma}]$ по формуле 3.4.

$$t = \frac{[T_{\Sigma}]}{\sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 \cdot T_i^2}} = \frac{0,97}{0,2754} = 3,52$$

Это соответствует $P \approx 0,05\%$, что не превышает принятого $P=0,27\%$.

На все составляющие звенья назначаем предельные отклонения, исходя из экономической точности изготовления по возможной финишной обработке, данные заносим в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Расчетная таблица размерной цепи А

Обозначение размера	Номинальный размер	Отклонения, мм				Допуски, мм	Характеристика рассеяния	
		-	ΔS	ΔI	Δ_c		α_i	λ_i
A_{Σ}	420	-	+0.485	-0.485	0	0.97	0	0.33
A_1	53	53 js12	+0,15	-0.15	0	0.3	0	0.33
A_2	2	2 js12	+0.05	-0,05	0	0.1	0	0.33
A_3	530	530js12	+0.35	-0.35	0	0.7	0	0.33
A_4	2	2 js12	+0.05	-0,05	0	0.1	0	0.33
A_5	53	53h12	+0,15	-0.15	0	0.3	0	0.33

Примечание - A_3 – увеличивающее звено; A_1, A_2, A_4, A_5 – уменьшающие звенья

Среднее отклонение замыкающего звена:

$$\Delta_{c\Sigma} = \Delta_{c3} - (\Delta_{c1} + \Delta_{c5} + \Delta_{c4} + \Delta_{c2}) = 0 - (0) = 0 = [\Delta_{c\Sigma}] \text{ мм}$$

Определим предельные отклонения замыкающего звена:

$$\Delta S_{\Sigma} = \Delta_{c\Sigma} + \frac{1}{2} T_{\Sigma} = 0 + 0,5 \cdot 0,826 = 0,413 < [\Delta S_{\Sigma}]$$

$$\Delta I_{\Sigma} = \Delta_{c\Sigma} - \frac{1}{2} T_{\Sigma} = 0 - 0,5 \cdot 0,826 = -0,413 > [\Delta I_{\Sigma}]$$

т.е. предельные отклонения составляющих звеньев назначены, верно.

Далее, руководствуясь таблицей 3.1, начинаем расчет с размерной цепи В. Размерная цепь В (рисунок 3.4):

- B_1 – ширина стопорного кольца, для диаметра 25мм согласно справочной литературе составляет 1,2мм;

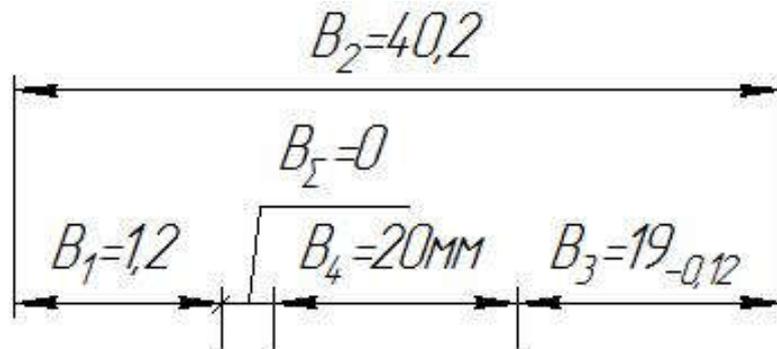
- B_2 – расстояние от торца стопорного кольца до торца ступени вала диаметром 34мм, номинальное значение 40,2;

- B_3 – ширина подшипника качения, является стандартной величиной и согласно ГОСТ 520-2002 составляет, 19_{-0,12};

- B_4 – ширина лабиринтного уплотнения, номинальное значение 20мм.

$-B_{\Sigma}$ – исходное-замыкающее звено размерной цепи, представляет из себя зазор между торцом канавки для стопорного кольца до самого стопорного кольца, согласно соответствует разности между шириной канавки и шириной стопорного кольца.

Расчетная схема В. Решение прямой задачи вероятностным методом.



Формулировка задачи: Расчет допусков составляющего звена производится с целью обеспечения точности сборки и уточнения допусков всех размеров узла, влияющих на величину допусков размеров исходного звена. При этом данный исходный размер важен тем, что данное стопорное кольцо предохраняет подшипник от осевого смещения, также нежелательно осевое смещение самого лабиринтного уплотнения, поскольку это может привести к чрезмерному увеличению или уменьшению аксиального зазора лабиринта. Таким образом, необходимо выдержать зазор от 0,1 до 0,3мм, но не более, для нормальной установки стопорного кольца и предотвращения большего осевого смещения.

Схема представлена на рисунке 3.4, выявляем уменьшающие и увеличивающие звенья и составляем основное уравнение размерной цепи по формуле 3.1, с помощью полученного уравнения проверяем номинальный размер исходного звена и составляющих звеньев. Номинал исходного звена по чертежу $B_{\Sigma} = 0_{+0,1}^{+0,3}$ мм.

$$B_{\Sigma} = B_2 - (B_1 + B_3 + B_4) = 40,2 - (1,2 + 19 + 20) = 0\text{мм}$$

Номинальные размеры составляющих звеньев приняты верно.

Согласно данным,

$$[B_{\Sigma max}] = 0,3\text{мм}; [B_{\Sigma min}] = 0,1\text{мм};$$

$$[\Delta S_{\Sigma}] = 0,3\text{мм}; [\Delta I_{\Sigma}] = 0,1\text{мм};$$

$$[\Delta c_{\Sigma}] = +0,2\text{мм}; [T_{\Sigma}] = 0,2\text{мм}.$$

Принимаем рассеяние размеров звеньев соответствующим нормальному закону, т.е $\lambda_i \approx 1/3$, соответственно $\lambda_{\Sigma} = 1/3$ [102, с.38]. Принимаем также $\alpha_i = 0$.

Допуски составляющих размеров рассчитываем по способу одной степени точности, при нормальном законе рассеяния размеров процент риска можно принять $P=0,27\%$. Из [102, с.36] при $P=0,27\%$ находим коэффициент $t=3$.

Средний квалитет допусков составляющих звеньев:

$$a_c = \frac{200}{3 \cdot \sqrt{(1/3)^2 1,2^2 + (1/3)^2 1,56^2 + (1/3)^2 1,31^2 + (1/3)^2 1,31^2}} = \frac{200}{3\sqrt{0,8}} \approx 75$$

где i -единица допуска, из [102, с.20] для размера $B_1=1,2\text{мм}$, $i_1=0,55\text{мкм}$; $B_2=40,2\text{мм}$, $i_2=1,56\text{мкм}$; $B_3=19\text{мм}$, $i_3=1,31\text{мкм}$; $B_4=20\text{мм}$, $i_4=1,31\text{мкм}$;

По справочным данным [103, с. 44] находим, что полученное значение лежит в пределах стандартных значений, $a=64$ (для 10 квалитета) и $a=100$ (для 11 квалитета). Отсюда следует, что некоторые звенья могут изготавливаться как по 10, так и по 11 квалитету, учитывая технологические условия. Принимаем, что в данном случае эта точность целесообразна. Так как, что звено B_3 является стандартным (подшипники качения), допуски для него выбираются по соответствующим таблицам для подшипников качения в зависимости от номинального размера ширины кольца подшипника и класса точности (в данном случае принимаем 0 класс точности) и во всех последующих расчетах не подлежат изменению. Учитывая степень сложности изготовления и технологические условия, принимаем допуски составляющих размеров по 10 квалитету: $T_1=0,04\text{мм}$, $T_2=0,1\text{мм}$, $T_3=0,12\text{мм}$ (стандартное значение для ширины подшипника), $T_4=0,084\text{мм}$.

Правильность назначения допусков можно проверить из выражения:

$$\begin{aligned} T_\Sigma &= t \sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 \cdot T_i^2} = \\ &= 3 \sqrt{(1/3)^2 0,04^2 + (1/3)^2 0,1^2 + (1/3)^2 0,12^2 + (1/3)^2 0,084^2} \\ &= 3 \sqrt{0,00363} = 0,18\text{мм} \end{aligned}$$

Оценим процент риска, так как $T_\Sigma \neq [T_\Sigma]$:

$$t = \frac{[T_\Sigma]}{\sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 \cdot T_i^2}} = \frac{0,2}{0,06} = 3,3$$

Согласно [102, с.36] это соответствует $P=0,1\%$, что меньше заявленного ранее $P=0,27\%$, т.е. вполне допустимо.

На все составляющие звенья назначаем предельные отклонения, исходя из экономической точности изготовления по возможной финишной обработке, данные заносим в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Расчетная таблица размерной цепи В

Обозначение размера	Номинальный размер	Отклонения, мм				Допуски, мм	Характеристика рассеяния	
		-	ΔS	ΔI	Δ_c		α_i	λ_i
B_Σ	0	-	+0.3	+01	+0.2	0.2	0	0.33
B_1	1,2	1,2 h 10	0	-0.04	-0.02	0.04	0	0.33
B_2	40,2	40,2 js10	0.05	-0.05	0	0.1	0	0.33
B_3	19	-	0	-0.12	-0.06	0.12	0	0.33
B_4	20	20 h10	-0,078	-0.162	-0.12	0.08 4	0	0.33

Примечание - B_2 – увеличивающее звено; B_1, B_3, B_4 – уменьшающие звенья

Среднее отклонение замыкающего звена:

$$\Delta_{c\Sigma} = \Delta_{c2} - (\Delta_{c1} + \Delta_{c3} + \Delta_{c4}) = 0 - (-0.02 - 0.06 - 0.042) = +0,122 \text{ мм}$$

Так как $\Delta_{c\Sigma} < [\Delta_{c\Sigma}]$, то в качестве исключения выбираем в качестве зависимого звена B_4 и определяем его среднее отклонение:

$$\Delta_{cx_{ум}} = \sum_{m=1}^m \Delta_{c_{ув}} - \sum_{n=1}^{n-1} \Delta_{c_{ум}} - [\Delta_{c\Sigma}] = 0 - (-0.02 - 0.06) - 0,2 = -0,12 \text{ мм}$$

Пересчитываем среднее отклонение замыкающего звена с учетом зависимого звена B_4 :

$$\begin{aligned} \Delta_{c\Sigma} &= \Delta_{c2} - (\Delta_{c1} + \Delta_{c3} + \Delta_{c4}) = 0 - (-0.02 - 0.06 - 0,12) = +0,2 \text{ мм} = \\ &= [\Delta_{c\Sigma}] \end{aligned}$$

Отклонения зависимого звена находят по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta S_4 &= \Delta S_{x_{ум}} = \Delta_{cx_{ум}} + 0,5 \cdot T_x = -0,12 + 0,5 \cdot 0,084 = -0,078 \text{ мм} \\ \Delta I_4 &= \Delta I_{x_{ум}} = \Delta_{cx_{ум}} - 0,5 \cdot T_x = -0,12 - 0,5 \cdot 0,084 = -0,162 \text{ мм} \end{aligned}$$

Правильность найденных отклонений зависимого звена можно проверить по формуле:

$$T_x = \Delta S_x - \Delta I_x = -0,078 - (-0,162) = 0,084 \text{ мм}$$

Полученные отклонения заносим в таблицу 3.3.

Определим предельные отклонения замыкающего звена:

$$\Delta S_{\Sigma} = B_{\Sigma \max} = \Delta_{c\Sigma} + \frac{1}{2} T_{\Sigma} = +0,2 + 0,5 \cdot 0,18 = 0,29 < [A_{\Sigma \max}]$$

$$\Delta I_{\Sigma} = B_{\Sigma \min} = \Delta_{c\Sigma} - \frac{1}{2} T_{\Sigma} = +0,2 - 0,5 \cdot 0,18 = 0,11 > [A_{\Sigma \min}]$$

т.е. предельные отклонения составляющих звеньев назначены верно.

Размерная цепь Б (рисунок 3.4):

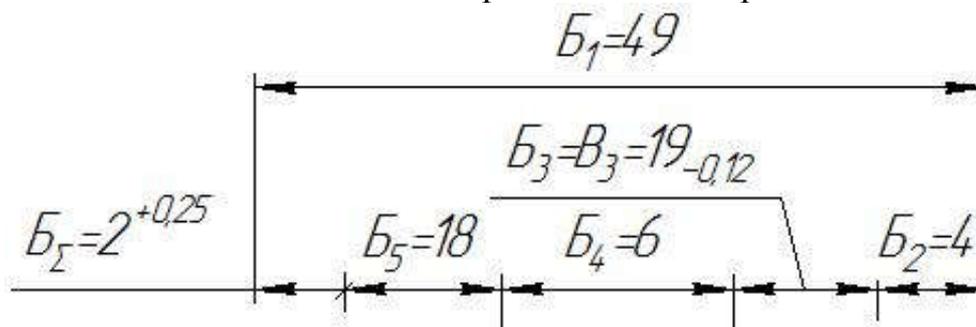
Согласно данным,

$$[B_{\Sigma \max}] = 2,25 \text{ мм}; [B_{\Sigma \min}] = 2 \text{ мм};$$

$$[\Delta S_{\Sigma}] = 0,25 \text{ мм}; [\Delta I_{\Sigma}] = 0 \text{ мм};$$

$$[\Delta_{c\Sigma}] = +0,125 \text{ мм}; [T_{\Sigma}] = 0,25 \text{ мм}.$$

Расчетная схема Б. Решение прямой задачи вероятностным методом.



Строим схему размерной цепи, выявляем уменьшающие и увеличивающие составляющие звенья (рисунок 3.4). Составляем основное уравнение размерной цепи и проверяем правильность номинальных размеров по выражению 3.1.

$$B_{\Sigma} = B_1 - (B_2 + B_3 + B_4 + B_5) = 49 - (4 + 19 + 6 + 18) = 2 \text{ мм}$$

Рассеяние размеров звеньев берем соответствующим нормальному закону, т.е. $\lambda_i \approx 1/3$, соответственно $\lambda_{\Sigma} = 1/3$ [102, с.38]. Принимаем также $\alpha_i = 0$.

Допуски составляющих размеров рассчитываем по способу одной степени точности, при нормальном законе рассеяния размеров процент риска можно принять $P=0,27\%$. Из [102, с.36] при $P=0,27\%$ находим коэффициент $t=3$.

Средний квалитет допусков составляющих звеньев:

$$a_c = \frac{250}{3 \cdot \sqrt{(1/3)^2 1,56^2 + (1/3)^2 0,73^2 + (1/3)^2 1,31^2 + (1/3)^2 0,73^2 + (1/3)^2 1,08^2}}$$

$$= \frac{250}{3\sqrt{0,7}} \approx 100$$

где i -единица допуска, из [102, с.20] для размера $B_1=49\text{мм}$, $i_1=1,56\text{мкм}$; $B_2=4\text{мм}$, $i_2=0,73\text{мкм}$; $B_3=19\text{мм}$, $i_3=1,31\text{мкм}$; $B_4=6\text{мм}$, $i_4=0,73\text{мкм}$; $B_5=18\text{мм}$, $i_5=1,08$.

Определяем, [103, с.44] что полученное число единиц допуска $a_c = 100\text{мкм}$ соответствует 11 квалитету. В данных условиях и для данного узла такая точность целесообразна. Таким образом допуски по 11 квалитету для звеньев размерной цепи составляют $T_1=160\text{мкм}$, $T_2=75\text{мкм}$, $T_3=120\text{мкм}$ (стандартное значение для ширины подшипника), $T_4=75\text{мкм}$, $T_5=110\text{мкм}$.

Производим проверку правильности назначенных допусков составляющих звеньев.

$$T_\Sigma = t \sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 \cdot T_i^2} =$$

$$= 3\sqrt{(1/3)^2 0,16^2 + (1/3)^2 0,075^2 + (1/3)^2 0,12^2 + (1/3)^2 0,075^2 + (1/3)^2 0,11^2}$$

$$= 3\sqrt{0,00696} = 0,25\text{мм}$$

$T_\Sigma = [T_\Sigma]$ поэтому процент риска не должен измениться, что мы можем проверить по формуле.

$$t = \frac{[T_\Sigma]}{\sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 \cdot T_i^2}} = \frac{0,25}{0,0834} = 2,997$$

Это соответствует $P=0,27\%$, заявленному ранее.

На все составляющие звенья назначаем предельные отклонения, исходя из экономической точности изготовления по возможной финишной обработке и технологическим условиям, данные заносим в таблицу 3.4.

Среднее отклонение замыкающего звена:

$$\Delta_{c\Sigma} = \Delta_{c1} - (\Delta_{c2} + \Delta_{c3} + \Delta_{c4} + \Delta_{c5}) = 0 - (-0,0375 - 0,0375 - 0,06) =$$

$$= +0,135\text{мм}$$

Так как $\Delta_{c\Sigma} \neq [\Delta_{c\Sigma}]$ и различные варианты изменений в Δ_c не дали положительных результатов, выбираем в качестве зависимого звена B_4 и определяем его среднее отклонение:

$$\Delta_{cx,ym} = \sum^m \Delta_{c,yv} - \sum^{n-1} \Delta_{c,ym} - [\Delta_{c\Sigma}] = 0 - (-0,0375 - 0,06) - 0,125 = 0,0275 \text{ мм}$$

Пересчитываем среднее отклонение замыкающего звена с учетом зависимого звена B_4 :

$$\Delta_{c\Sigma} = \Delta_{c1} - (\Delta_{c2} + \Delta_{c3} + \Delta_{c4} + \Delta_{c5}) = 0 - (-0,0375 - 0,0275 - 0,06) = +0,125 \text{ мм} = [\Delta_{c\Sigma}]$$

Отклонения зависимого звена находим по формулам:

$$\Delta S_4 = \Delta S_{x,ym} = \Delta_{cx,ym} + 0,5 \cdot T_x = 0,0275 + 0,5 \cdot 0,11 = 0,0825 \text{ мм}$$

$$\Delta I_4 = \Delta I_{x,ym} = \Delta_{cx,ym} - 0,5 \cdot T_x = 0,0275 - 0,5 \cdot 0,11 = -0,0275 \text{ мм}$$

Правильность найденных отклонений зависимого звена можно проверить по формуле:

$$T_x = \Delta S_x - \Delta I_x = 0,0825 - (-0,0275) = 0,11 \text{ мм}$$

Принятые данные заносим в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Расчетная таблица размерной цепи Б

Обозначение размера	Номинальный размер	Отклонения, мм				Допуски, мм	Характеристика рассеяния	
			ΔS	ΔI	Δ_c		α_i	λ_i
B_7	2	-	+0.25	0	+0.125	0.25	0	0.33
B_1	49	49js11	+0.08	-0.08	0	0.16	0	0.33
B_2	4	4 h11	0	-0.075	-0.0375	0.075	0	0.33
B_3	19	-	0	-0.12	-0.06	0.12	0	0.33
B_4	6	6 h11	0	-0.075	-0.0375	0.075	0	0.33
B_5	18	18js11	0.055	-0.055	0	0.11	0	0.33
Примечание - B_1 – увеличивающее звено; B_2, B_3, B_4, B_5 – уменьшающие звенья								

Определим предельные отклонения замыкающего звена:

$$\Delta S_{\Sigma} = \Delta_{c\Sigma} + \frac{1}{2}T_{\Sigma} = +0,125 + 0,5 \cdot 0,25 = +0,25 \leq [\Delta S_{\Sigma}]$$

$$\Delta I_{\Sigma} = \Delta_{c\Sigma} - \frac{1}{2}T_{\Sigma} = +0,125 - 0,5 \cdot 0,25 = 0 \geq [\Delta I_{\Sigma}]$$

т.е. предельные отклонения составляющих звеньев назначены, верно.

Так как ролик конвейера в данном случае представляет собой узел, не содержащий большое количество деталей, то в данном случае количество размерных цепей (3 размерные цепи) полагаем достаточным для обеспечения точности и взаимного расположения деталей узла. Процент риска P_j , показывающий процент выхода размера замыкающего размера за рамки его допуска (т.е. это процент возможности возникновения брака), рассчитан для каждой размерной цепи отдельно. Общий процент риска для изделия (в %) можно вычислить по формуле [102, с.41]:

$$P_{\Sigma} = 100 \left[1 - \prod_{j=1}^{j=f} \left(1 - \frac{P_j}{100} \right) \right] \quad (3.12)$$

Таким образом, общий процент риска для данного ролика конвейера новой конструкции составляет:

$$P_{\Sigma} = 100 \left[1 - \left(1 - \frac{0,05}{100} \right) \left(1 - \frac{0,27}{100} \right) \left(1 - \frac{0,1}{100} \right) \right] = 100[0,00419] = 0,42\%$$

Общий процент риска $P_{\Sigma} = 0,42\%$ для ролика не превышает допустимого значения и риск появления бракованных изделий минимален.

3.3 Рекомендации по организации технологического процесса сборки опорного ролика

Гарантировать окончательное качество машины можно лишь при обеспечении качества на всех этапах от механической обработки до сборки изделия. Данная проблема была затронута нами в работе [104], где рассмотрена подробно сборка ролика конвейера и предложено ряд приспособлений для этого. Реализация размерного анализа нашего ролика на этапе проектирования позволяет нам определить точность относительного расположения деталей и узлов в компоновке изделия, также позволяет определить последовательность сборки узлов и подузлов. Из размерного анализа видно, что сборку надо начинать с подшипникового узла на оси, это размерные цепи В, Б. При сборке подшипникового узла подшипник устанавливается с натягом в стакан, а на вал с переходной посадкой. В последнюю очередь проходит сборка согласно размерной цепи А которая обеспечивает уже взаимное расположение

подшипниковых узлов относительно друг друга и относительно обечайки. Ее заканчивают сваркой тонкостенных ступиц в сборе с подшипниковыми узлами к обечайке. Сварку ступицы к стакану необходимо осуществлять до запрессовки подшипника и заполнения полостей смазкой. Последней операцией является установка защитных крышек с роторным уплотнением на ось, с двух сторон, до упора в стопорное кольцо.

Сборочные работы составляют около 30-45% от общей трудоемкости изготовления изделия. При этом 50-55% всех сборочных работ составляют ручной труд, это различные слесарные работы, качество которых зачастую зависит от квалификации слесаря [105]. Это приводит нас к выводу, что автоматизация процессов сборки и использование специальных приспособлений является одним из способов повышения качества изделия. В нашем случае автоматизации хорошо поддаются процессы сварки в специальных приспособлениях, сварка в таких случаях производится автоматически с двух сторон одновременно с закреплением ролика в призмах. Автоматизировать можно процесс сварки тонкостенной ступицы и стакана, с дальнейшей сборкой подшипникового узла. Автоматизация самих сборочных работ проводится ограниченно из-за трудностей в автоматизации основных сборочных работ, таких как ориентация, сопряжение деталей и узлов, подача деталей и узлов.

Рекомендации по совершенствованию процесса сборки:

- дальнейшая конструктивная доработка узлов с целью повышения технологичности сборочных работ;
- взаимозаменяемость деталей в изделиях, которая в принципе обеспечивается размерным анализом;
- механизация ручного труда;
- применение модульных, групповых технологий. Типизация ТП сборки;
- для данной конструкции необходимо использование автоматической сварки, с помощью центрирующих автоматов.

3.4 Выводы по разделу

1 Проведен размерный анализ ролика новой конструкции показавший, что необходимая точность относительного расположения деталей ролика достигнута, размерная связь между деталями узла имеется, общий процент риска для данного ролика $P_{\Sigma} = 0,42\%$, что не превышает допустимого значения и риск появления бракованных изделий минимален.

2 Произведен расчет номинальных значений, отклонений и допусков размеров деталей ролика, определены методы достижения требуемой точности при общей сборке машины.

3 На основе проведенного размерного анализа определена последовательность сборки подузлов и изделия в целом.

4 Даны рекомендации по направлению автоматизации процессов сборки деталей ролика, предложен принцип работы приспособления для одновременной сварки с двух сторон ступиц к обечайке.

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РОЛИКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАГРУЗОК

4.1 Расчет нагрузок на роликоопоры ленточного конвейера

Для создания алгоритма практически любого расчета необходимо создать порядок, который бы позволил системно классифицировать параметры, непосредственно воздействующие на конечный результат. Методика расчета нагрузок на ролики ленточного конвейера не являются исключением. Желательно чтобы подобная методика расчета не была узкоспециальной, а ее можно было бы использовать для различных, в данном случае, вариантов транспортируемого груза. Она необходима для построения алгоритма расчета нагрузки и создания программы для ЭВМ, которая будет учитывать влияние вида транспортируемого материала, его физических свойств на нагрузки в опорных роликах конвейера, что позволит в дальнейшем компьютеризировать процесс расчета нагрузки.

Защемляющий момент, являющийся следствием перекоса колец подшипника, один из негативных факторов, влияющих на работоспособность и долговечность подшипника. Единовременное появление защемляющего момента не приведет к моментальному разрушению подшипника, но известно, что невозможна монотонная, равномерная эксплуатация изделия без пиковых критических нагрузок и множественные повторяющиеся защемляющие моменты могут привести к заклиниванию и вследствие этого к разрушению подшипника. Нагрузки на подшипники роликов можно разделить на нагрузки от веса груза, ленты и частей роликов и нагрузки в роликах появляющиеся в результате погрешности изготовления и сборки (это отклонения от соосности, перекосы при установке подшипников, неточности сборки). Т.е. нагрузка на подшипники опоры зависит от физико-механических параметров транспортируемого груза, характера его распределения на ленте, положения ролика в опоре и др. факторов (рисунок 4.1).

Основные аналитические выражения использованной математической модели, имеются в литературе [106]. Давление сыпучего груза на горизонтальный участок ленты можно рассчитать как гидростатическое, тогда нормальное усилие, приложенное к этому участку равно:

$$N = 2 \cdot l_{on} \cdot \rho \int_0^{0,5l_p} h_0 dy$$

или

$$N = 0,5 \cdot l_{on} \cdot l_p \cdot \rho \left[2 \cdot l_r \cdot \sin \alpha + \left(b_c - \frac{l_p^2}{12 \cdot b_c} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi_H \right] \quad (4.1)$$

где l_{on} – расстояние между роликоопорами;

$$l_p = K_p \cdot B;$$

$K_p=0,39$ – коэффициент пропорциональности;

B – ширина ленты конвейера;

$\rho = 2\text{т}/\text{м}^3$ - объемная масса или насыпная плотность;

$$l_r = 0,5(K_B \cdot B - l_p);$$

$$b_c = l_p + 2 \cdot l_r \cdot \cos \alpha;$$

где K_B – коэффициент использования ширины ленты

т.к. $l_p = K_p \cdot B$, то $l_r = 0,5 \cdot B(K_B - K_p)$

$$K_B = 0,9 - \frac{0,05}{B};$$

φ_H – угол насыпки груза или угол естественного откоса в движении на ленте
зависит от φ – угла естественного откоса для состояния покоя.

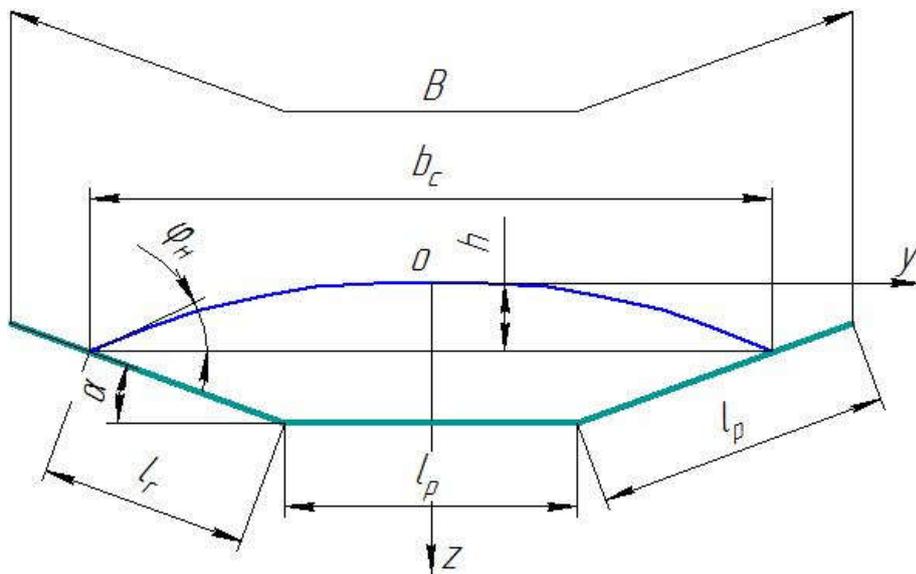


Рисунок 4.1 – Схема поперечного сечения груза на ленте конвейере

На каждый из боковых наклонных участков ленты длиной l_{on} усилие будет

$$N_{\sigma} = 0,5 \cdot l_{on} \cdot l_r^2 \cdot \rho \left(1 + \xi \cdot \text{tg}^2 \alpha \right) \left[\text{tg} \alpha + \left(1 - \frac{l_r}{3 \cdot b_c} \cos \alpha \right) \text{tg} \varphi_H \right] \cdot \cos^3 \alpha \quad (4.2)$$

где ξ -коэффициент бокового давления; $\xi = m = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \approx \frac{0,18}{f}$

f – коэффициент внутреннего трения, принимаем его по табличным данным $f=0,9$, тогда $\xi \approx \frac{0,18}{0,9} \approx 0,2$.

Сила, сдвигающая ленту в поперечном направлении и перпендикулярная вектору ее скорости (т.е. осевая нагрузка на подшипники) равна:

$$F_{\tau} = 0,5(N + 0,4 \cdot q_{л} \cdot l_{он})(f_{л} \cdot \cos\theta - w_{p} \cdot \sin\theta) \quad (4.3)$$

$$F\tau_{Б} = 0,5(N_{Б} + 0,3 \cdot q_{л} \cdot l_{он})(f_{л} \cdot \cos\theta - w_{p} \cdot \sin\theta) + G_{p} \sin\alpha \quad (4.4)$$

где $N, N_{Б}$ – сила давления на соответствующий ролик;

$f_{л}$ – коэффициент трения ленты о ролик, для приближенных расчетов $f_{л}=0,3$;

w_{p} – коэффициент сопротивления вращения ролика;

θ – угол перекоса горизонтального ролика опоры в горизонтальной плоскости;

$K_{э}$ – коэффициент эквивалентности, учитывающий изменение нагрузки на ленту в процессе работы конвейера, $K_{э}=1$;

G_{p} – вес вращающихся частей ролика;

$q_{л}$ – максимальный погонный вес ленты;

$q_{л}=mBg$

где m – масса 1 м^2 ленты;

Согласно расчетной схеме (рисунок 4.2) радиальная нагрузка на подшипники горизонтального и нижний подшипник бокового ролика равны:

$$F = 0,5(K_{э} \cdot N + 0,4 \cdot q_{л} \cdot l_{он} + G_{p}) \quad (4.5)$$

$$F_{Б.Н.} = 0,67 \cdot K_{э} N_{Б} + 0,5 \cdot (0,3 \cdot q_{л} \cdot l_{он} + G_{p} \cdot \cos\alpha) \quad (4.6)$$

где $K_{э}$ – коэффициент эквивалентности, учитывающий изменение нагрузки на ленту в процессе работы конвейера;

Для расчета формулы довольно громоздкие с множеством данных, поэтому была разработана программа для ЭВМ «Определение нагрузки на подшипники роликов ленточного конвейера», на данную программу было получено свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права №1599 от 2 августа 2016г (приложение А). Она может применяться в области подъемно-транспортных машин (конкретно, ленточного конвейера) и предназначено для определения осевых и радиальных нагрузок на подшипники трехроликовой жесткой роликсопоры ленточного конвейера под действием нагрузок. Вид и значения нагрузки определяются в зависимости от вида груза (известняк, различные руды, глина и т.д.).

Среда программирования - Delphi 7.0, тип реализующей ЭВМ – IBM PC совместимый.

Входные данные (все данные выбираются в зависимости от параметров конвейера и транспортируемого груза и имеются в справочной литературе):

- расстояние между роликсопорами;

- ширина ленты конвейера;
- угол наклона боковых роликов;
- угол естественного откоса для состояния покоя;
- масса 1 м^2 ленты;
- вес роlikоопоры;
- число роликов;
- коэффициент внутреннего трения;
- коэффициент трения ленты о ролик;
- коэффициент сопротивления вращения ролика;
- угол перекоса горизонтального ролика опоры в горизонтальной плоскости.

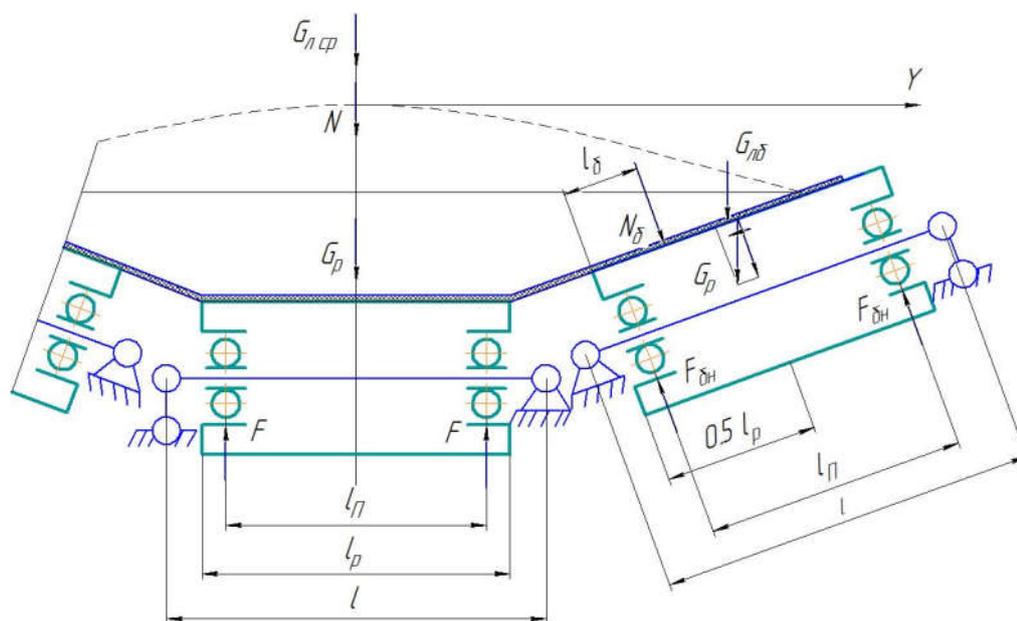


Рисунок 4.2 – Расчетная схема для определения радиальных нагрузок на подшипники трехроликовой опоры

Выходные данные: нормальное усилие, приложенное к горизонтальному участку ленты; полное нормальное усилие на каждый из боковых наклонных участков ленты; радиальная нагрузка на подшипники горизонтального ролика; радиальная нагрузка на нижний подшипник бокового ролика; осевая нагрузка на подшипники нижнего ролика; осевая нагрузка на подшипники бокового ролика.

Интерфейс прост, интуитивно понятен, не перегружен лишними элементами, и вместе с тем функционален (рисунок 4.3).

Размер программного приложения составляет 2 Мб, поэтому практически она может применяться на всех имеющихся ЭВМ. Программа может быть использована в учебном процессе для технических специальностей при выполнении курсовых и дипломных работ и для облегчения расчетов в данной области другими специалистами, как с вузов, так и с производства.

Программное обеспечение было передано для внедрения в производство ТОО «Жакен Калша», имеется акт внедрения (приложение Д).

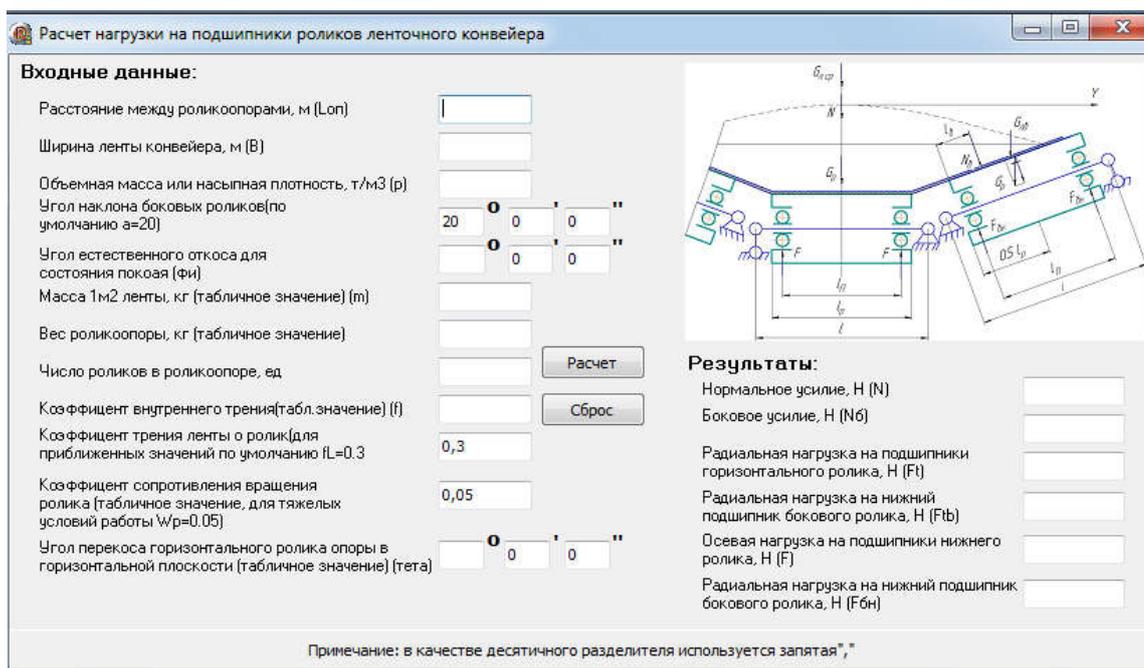


Рисунок 4.3 – Скриншот интерфейса программы для расчета нагрузки на подшипники ролика ленточного конвейера

Произведем расчет на примере трехроликового ленточного конвейера АО «Цементный завод Семей», транспортируемый материал известняк.

Характеристики конвейера:

- Транспортируемый материал – известняк;
- Производительность до $Q=800$ т/час;
- Ширина ленты $B=1400$ мм;
- Скорость конвейера $V=2$ м/с;
- Диаметр ролика конвейера 159мм.

Из источников [5,с.365; 6,с.139; 7,с.13] видно, что физико-химические свойства транспортируемого материала (известняка) различаются, это вызвано тем, что свойства известняка зависят от многих факторов: месторождения, размера частиц, плотности, влажности и т.д. Для расчетов выбираем самые экстремальные значения, все данные сведены в таблицу 4.1. Одним из основных факторов, влияющих на значение внешней нагрузки, является объемная масса или насыпная плотность ρ (т/м³), для расчета выбираем его максимальное значение, взятое путем выборки из таблицы 4.1 $\rho_{\max}=2$ т/м³.

Исходные данные:

- расстояние между роликосторами, $l_{\text{оп}}=1,1$ м=1100мм;
- ширина ленты конвейера, $B=1,4$ м=1400мм;
- угол наклона боковых роликов, $\alpha=20^{\circ}$;
- угол естественного откоса для состояния покоя, $\varphi=36^{\circ}$;

- масса 1 м² ленты, m=37кг;
- вес роlikоопоры, G_p=49,8кг;
- число роlikов, n=3;
- коэффициент внутреннего трения, f=0,9;
- коэффициент трения ленты о ролик, f_л=0,3;
- коэффициент сопротивления вращения ролика, W_p=0,05;
- угол перекося горизонтального ролика опоры в горизонтальной плоскости, θ_{доп}=0°8'. Его можно также сопоставить с значением [θ_л]- допустимый относительный угол поворота колец подшипников, который составляет без учета погрешности изготовления [θ_л]=0°8', с учетом погрешности изготовления он может составлять [θ_л]=0°4' [107].

Таблица 4.1 - Физико-механические свойства известняка

Литература	Объемн. масса ρ, т/м ³	Коэфф. внутрен. трения, f	Пов-ть трения	Коэф. наружн. трения f _{вн}	Группа абразивности	Угол естеств. откоса в покое φ	Угол естеств. откоса в движ. φ _н
[5 с.365]	1,4-1,7	-	-	-	-	35°-40°	φ _н = 0,35 · φ
[6 с. 139]	1,4-1,7	0,57÷1,26	-	по резине f=0,6-1,0 по стали f=0,5-1,0	В	36°-40°	-
[7 с.13]	1,19-2	0,57-1,26	дерево	0,7	-	-	-

После ввода исходных данных, нажимаем кнопку «РАСЧЕТ» и получаем данные (рисунок 4.4):

- Нормальное усилие, приложенное к горизонтальному участку ленты
N=2836Н

- Полное нормальное усилие на каждый из боковых участков ленты
N_б=576,9Н

- Радиальная нагрузка на подшипники горизонтального и нижний подшипник бокового ролика

$$F = 161 Н$$

$$F_{Б.Н.} = 546,7 Н$$

- Осевая нагрузка на подшипники,

$$F_{\tau} = 458,8 Н$$

$$F \tau_{Б} = 167,2 Н$$

Мы получили максимальные нагрузки, которые воздействуют на ролик при его эксплуатации. Однако необходимо иметь в виду, что существует множество случайных факторов, таких как ударные нагрузки, крупные куски груза, учесть их практически не представляется возможным. Стремление учесть

все факторы делает математическую модель громоздкой и зачастую нерешаемой, т.е не имеющей практической применимости, поэтому для возможности практического использования некоторыми случайными факторами можно пренебречь без большого ущерба для точности расчета.

Расчет нагрузки на подшипники роликов ленточного конвейера

Входные данные:

Расстояние между роликоопорами, м (Lop)

Ширина ленты конвейера, м (B)

Объемная масса или насыпная плотность, т/м³ (ρ)

Угол наклона боковых роликов (по умолчанию α=20) ° ' "

Угол естественного откоса для состояния покоя (φ) ° ' "

Масса 1м² ленты, кг (табличное значение) (m)

Вес роликоопоры, кг (табличное значение)

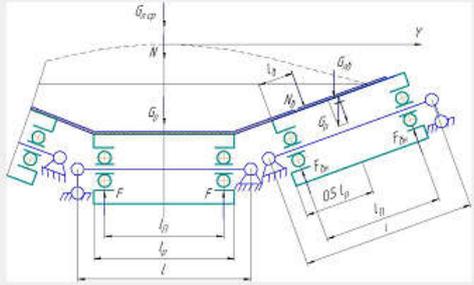
Число роликов в роликоопоре, ед

Коз ффициент внутреннего трения (табл. значение) (f)

Коз ффициент трения ленты о ролик (для приближенных значений по умолчанию fL=0,3)

Коз ффициент сопротивления вращения ролика (табличное значение, для тяжелых условий работы Wp=0,05)

Угол перекося горизонтального ролика опоры в горизонтальной плоскости (табличное значение) (γ) ° ' "



Результаты:

Нормальное усилие, Н (N)	2836,000
Боковое усилие, Н (Nб)	576,900
Радиальная нагрузка на подшипники горизонтального ролика, Н (Ff)	458,800
Радиальная нагрузка на нижний подшипник бокового ролика, Н (Ffb)	167,200
Осевая нагрузка на подшипники нижнего ролика, Н (F)	1611,000
Радиальная нагрузка на нижний подшипник бокового ролика, Н (Fбн)	546,700

Примечание: в качестве десятичного разделителя используется запятая ","

Рисунок 4.4 – Результаты расчета, полученные в программе (скриншот)

Можно предположить, что в случаях появления экстремальных кратковременных нагрузок, использование конструкций роликов предотвращающих появление защемляющего момента способствует увеличению их срока службы, поскольку это сдвигает величины нагрузок, при которых возникает перекося, в большую сторону. Что дает возможность, используя стандартные шарикоподшипники существенно увеличивать срок службы роликов и переносить кратковременные ударные нагрузки с меньшим ущербом.

4.2 Моделирование нагружения ролика ленточного конвейера в среде Femap with NX Nastran

Поведение ролика под действием переменных нагрузок, напряжения и деформации возникающие в его узлах обычно определяются путем изготовления самого изделия и проведения экспериментальных исследований. Теоретически деформации в подшипниковых узлах, напряжения возникающие в них и жесткость обечайки ролика конвейера были рассмотрены в работах [108, 109]. Однако полученные аналитические выражения довольно громоздки и практически трудно решаемыми. Теоретически довольно сложно предсказать и рассчитать поведение тех или иных узлов в сборе, поскольку взаимное влияние различных узлов друг на друга сложно и тяжело моделируется, а

попытка учесть все нюансы приводит к появлению сложных и зачастую нерешаемых аналитических выражений.

С развитием технологий повышаются и возможности исследователей, одним из таких современных инструментов исследования является метод конечных элементов. Сам метод конечных элементов известен давно, еще в 1950 годах его использовали для решения задач связанных с космической отраслью [110]. Однако свое наибольшее развитие метод получил после появления современных вычислительных машин. Основная идея метода конечных элементов показана в его названии. Рассматриваемая деталь, узел или область упругого тела разбивается на участки (конечные элементы) имеющие общие узловые точки, в которых они связаны, а в целом аппроксимируют форму рассматриваемого объекта. При этом в каждом конечном элементе неизвестная величина имеет простое аналитическое выражение. И задача метода состоит в определении неизвестных величин путем использования вариационной интерпретации. Эффективное решение подобных задач стало возможным с применением ЭВМ.

Для расчета напряженно-деформированного состояния ролика новой конструкции был использован программный комплекс Femap with NX Nastran [111]. Femap with NX Nastran - это конечно-элементный комплекс, разработанный компанией Siemens PLM Software. Пакет Femap with NX Nastran состоит из программы моделирования конструкций «Femap» и программы конечно-элементного анализа «NX Nastran».

В программе Femap производится подготовка конечно-элементных моделей и обрабатываются результаты, в нее включены собственные средства построения геометрической модели и ее редактирования. Если необходимо построение геометрической модели изделия может быть создано на этапе конструирования в любой совместимой САД-системе. Для создания конечно-элементной модели используются инструменты автоматической генерации сеток. Возможности программы обеспечивают ее взаимодействие со многими другими подобными программами конечно-элементного анализа. Программа обеспечивает возможность обработки, отображения и сохранения результатов анализа.

NX Nastran это программа конечно-элементного анализа общего назначения. Ее возможности это, выполнение анализа конструкций в статике и динамике, задач теплопередачи, аэроупругости. Имея сходные входные файлы для каждого вида анализа, программа позволяет легко переключаться между ними.

Обе программы объединены в интегрированную среду проектирования, моделирования и анализа конструкций «Femap with NX Nastran». Основные выполняемые им задачи: расчет напряженно - деформированного состояния, расчет собственных частот и форм колебаний, анализ устойчивости, решение задач теплопередачи, анализ нелинейных статических процессов, анализ нелинейных динамических переходных процессов, расчет критических частот и вибраций роторных машин, анализ частотных характеристик при воздействии

случайных нагрузок. В Femap with NX Nastran возможно моделирование с использованием практически всех типов материалов, а также моделирование узлов состоящих из разных материалов. Графический интерфейс системы (рисунок 4.5), во многом схож с графическими интерфейсами других подобных систем и выполнен в стандарте Windows.

Программный комплекс Femap with NX Nastran позволяет заменить дорогостоящие эксперименты, с изготовлением изделия из металла и использования лабораторного оборудования, на виртуальное конечно-элементное моделирование эксперимента с последующим анализом результатов. Это дает возможность снизить затраты на стадии проектирования, поскольку создание цифровой модели того же ролика и вычислительный эксперимент дешевле, эффективнее и занимает меньше времени, чем эксперименты с реальными изделиями. Также появляется возможность моделировать и проводить анализ большего количества вариантов экспериментальных исследований.

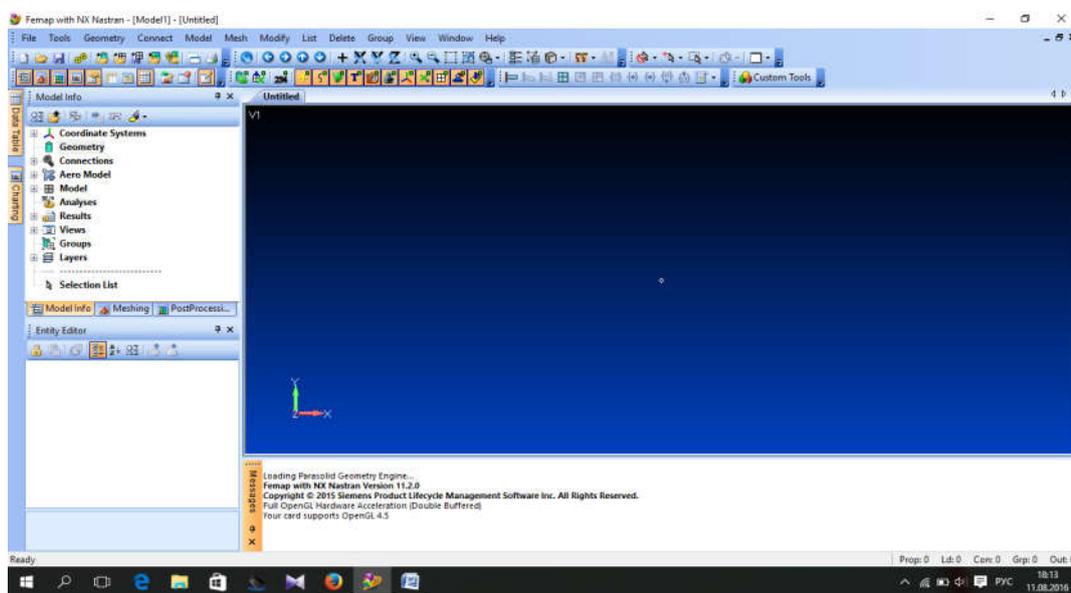


Рисунок 4.5 – Интерфейс системы Femap with NX Nastran

Было решено вместо дорогих натуральных экспериментов по исследованию напряжений и деформаций, возникающих в ролике конвейера новой конструкции (рисунок 1.15), провести виртуальное моделирование и анализ с помощью модуля Femap with NX Nastran. Для моделирования нагружения выбираем исходя из расчетной схемы распределения нагрузок (рисунок 4.2) средний, самый нагруженный ролик. Значения нагрузок нами были получены в 4.1. Нагрузку принимаем как распределенную по всей обечайке ролика конвейера (рисунок 4.6), при этом модель ролика в модуле Femap вычерчиваем упрощенно без лабиринтных уплотнений и защитной шайбы, как элементов, не влияющих на прочность конструкции. Взаимодействие с Femap with NX Nastran осуществляется непосредственно с помощью графического интерфейса, т.е

команды выбираются из меню, необходимые параметры вводятся с помощью диалоговых окон. Само конечно–элементное моделирование в среде Femap with NX Nastran проводилось на базе лаборатории компьютерного моделирования технико-гуманитарной академии г.Бельска-Бяла (Польша) в ходе прохождения зарубежной стажировки, выбор данной лаборатории обусловлен имеющейся в ней полной лицензионной версией данного программного продукта.

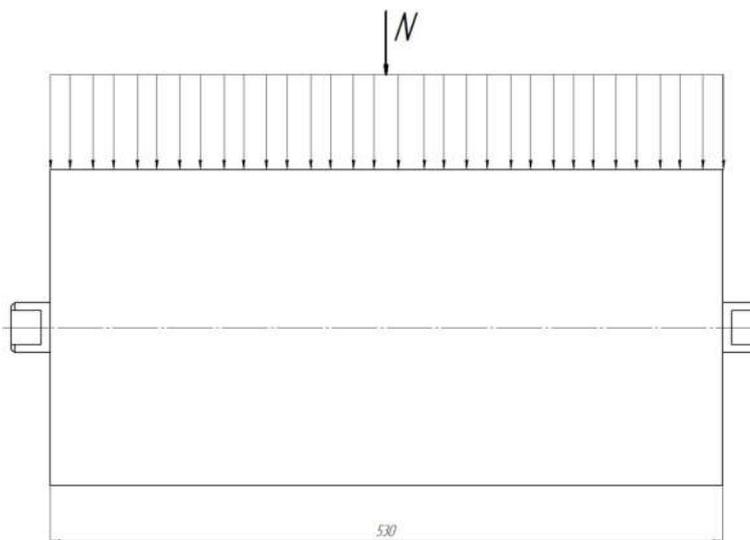


Рисунок 4.6 – Распределение нагрузки в горизонтальном ролике

Анализа ролика конвейера с помощью модуля Femap with NX Nastran включает в себя следующие этапы:

- Создание геометрической модели ролика. Были сделаны следующие допущения, для упрощения построения и редактирования геометрической модели: на дальнейших видах ролика подшипник 60306 ГОСТ 7242-81 (аналог 6306Z) условно не показан; стакан ролика приваренный к тонкостенной ступице условно не показан; ось задана размерами, и в дальнейшем условно показана в виде линии; геометрическая модель построена без элементов уплотнения и защитного кожуха, как не влияющих на прочность узла;

- Материалы деталей: Обечайка- сталь 5сп, тонкостенная ступица- Сталь 14ХГС, стакан – сталь 30, ось – сталь5сп;

- Генерирование сетки конечных элементов - путем разбиения геометрической модели ролика (рисунок 4.7) и задание закреплений модели;

- Указать направление и характер нагрузки на конечно-элементную модель (рисунок 4.6);

- Выбор вида и параметров анализа (в нашем случае выбор деформации или напряжения);

- Конечно-элементный анализ конструкции ролика;

- Анализ результатов расчета, их обработка и оформление.

Согласно расчетам, проведенным в 4.1 нормальное усилие или нагрузка на горизонтальный участок равна $N=2836\text{H}$, полное нормальное усилие на каждый

из боковых участков ленты $N_6=576,9\text{Н}$. Таким образом, полная нагрузка на горизонтальном участке роликоопоры или на горизонтальный ролик будет $N_{\text{полн}}=N+2\cdot N_6=2836+2\cdot 576,9=3989,8\text{Н}$. При расчете нагрузки мы использовали максимальные значения данных (насыпная плотность, масса ролика, масса ленты и др.), поэтому полученное значение полной нагрузки ($N_{\text{полн}}$) является максимальным для данного типа транспортируемого груза.

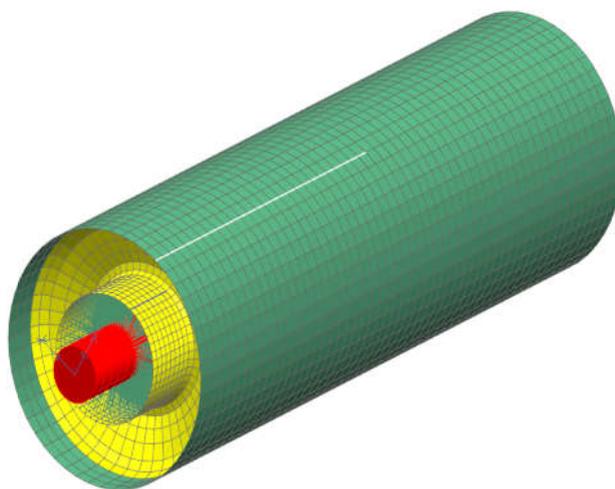


Рисунок 4.7 - Сетка конечных элементов геометрической модели

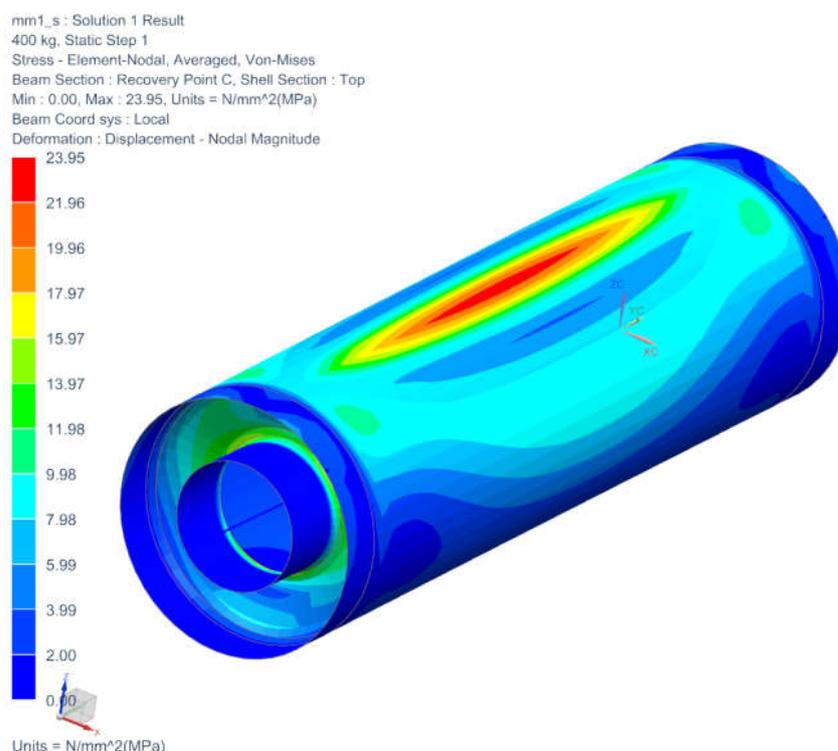


Рисунок 4.8 – Напряжения в ролике возникающие при нагрузке 4000Н

Моделируем напряжения и деформации, возникающие в ролике при нагрузке $N=4000\text{Н}$ (рисунок 4.8). Максимальные напряжения, возникают на

обечайке ролика и составляют 23,95Мпа, что в разы меньше предела прочности материала из которого он изготовлен. Напряжения, возникающие в ходе моделирования, показывают, что у ролика есть необходимый запас прочности и он вполне работоспособен.

Максимальные деформации при нагружении ролика (рисунок 4.9), также находятся на обечайке и составляют 0,0729мм. Подобные деформации не являются критичными для конструкции роликов.

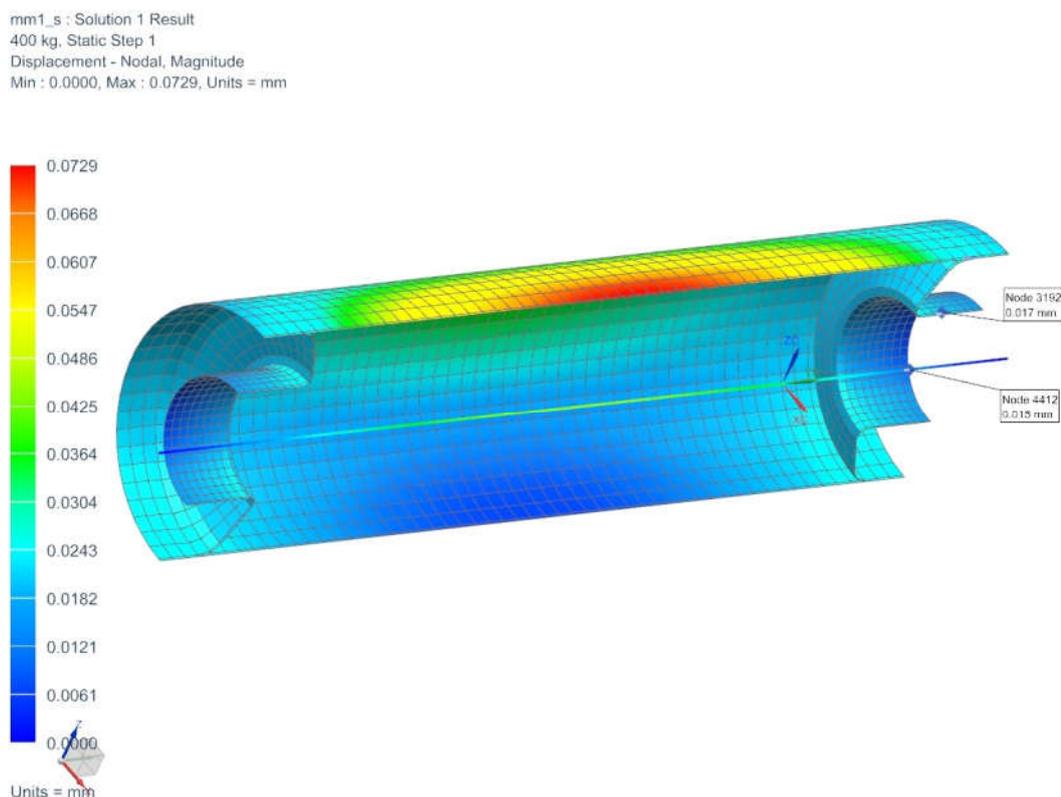


Рисунок 4.9 – Деформации, возникающие в ролике при нагрузке 4000Н

4.3 Компьютерное моделирование работы опорного ролика новой конструкции в условиях переменного нагружения

Одной из особенностей новой конструкции ролика является ее возможность самоустанавливаться под действием радиальных нагрузок, т.е. допускается совместный перекося колец подшипника относительно друг друга.

Для проверки возможности совместного перекося путем моделирования в среде Femap with NX Nastran, была использована имеющаяся геометрическая модель, на которой снимаются значения деформаций под действием переменных нагрузок. Значения деформаций снимаются в двух точках (рисунок 4.10) расположенных на одной линии с центром оси шариков подшипника перпендикулярно горизонтальной оси ролика. Первая точка (№1) расположена на оси, на которой установлено внутреннее кольцо подшипника и деформация или перемещение в данной точке соответствует перемещению внутреннего кольца подшипника. Вторая точка (№2) находится на этой же прямой и

расположена на тонкостенной ступице, которая воздействует на наружное кольцо подшипника, оно соответствует смещению на наружном кольце подшипника.

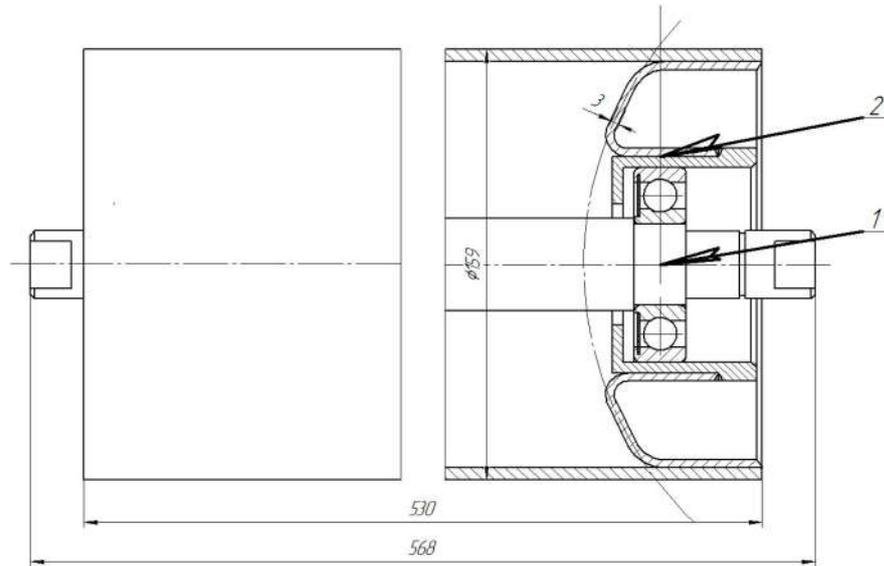


Рисунок 4.10 – Точки измерения деформаций (смещений) под влиянием различных значений нагрузки

Моделирование проводится при нагрузках: 1750Н, 2000Н, 2500Н, 2750Н, 3000Н, 3500Н, 4000Н, 4500Н (рисунок 4.11-4.17), результаты моделирования сведены в таблицу 4.2.

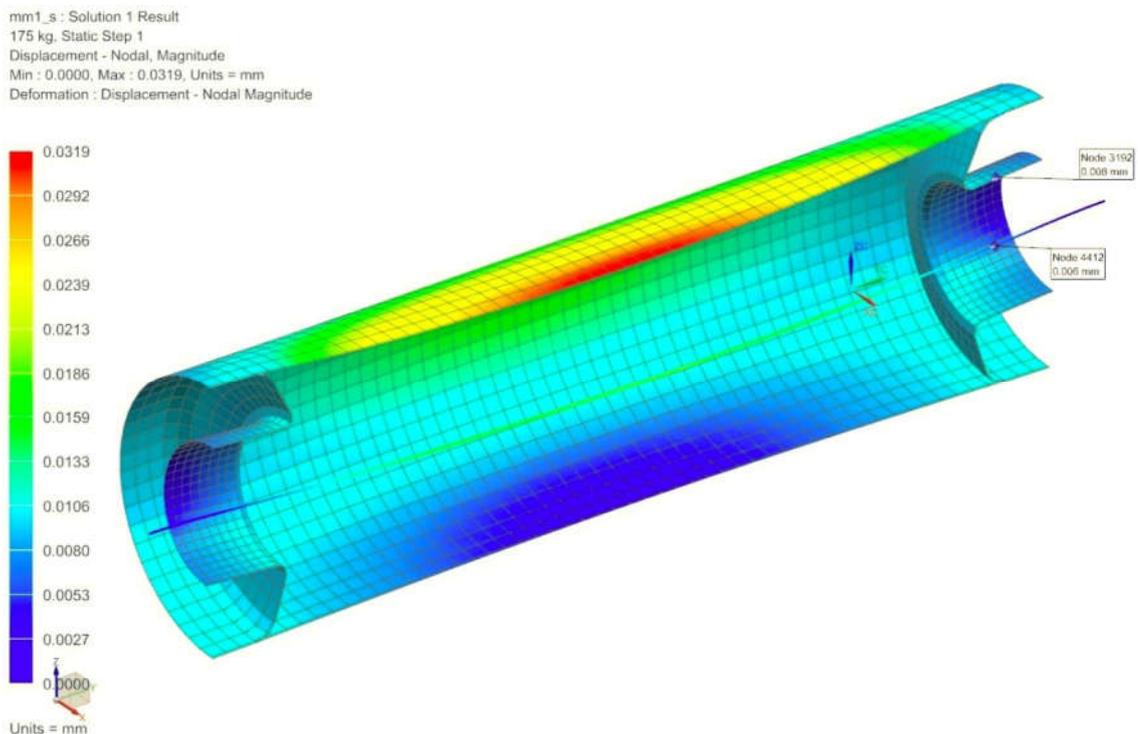


Рисунок 4.11 – Деформации в узле ролик конвейера при нагрузке 1750Н

mm1_s : Solution 1 Result
200 kg, Static Step 1
Displacement - Nodal, Magnitude
Min : 0.0000, Max : 0.0364, Units = mm
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

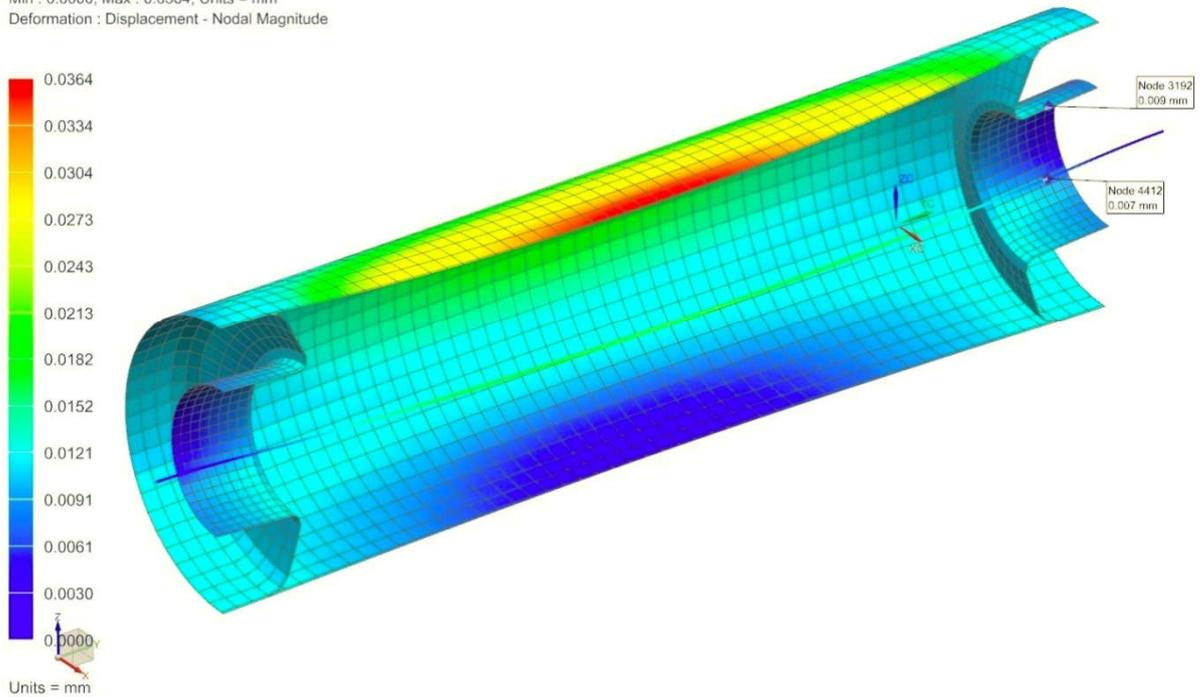


Рисунок 4.12 – Деформации в узле ролик конвейера при нагрузке 2000Н

mm1_s : Solution 1 Result
250 kg, Static Step 1
Displacement - Nodal, Magnitude
Min : 0.0000, Max : 0.0451, Units = mm
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

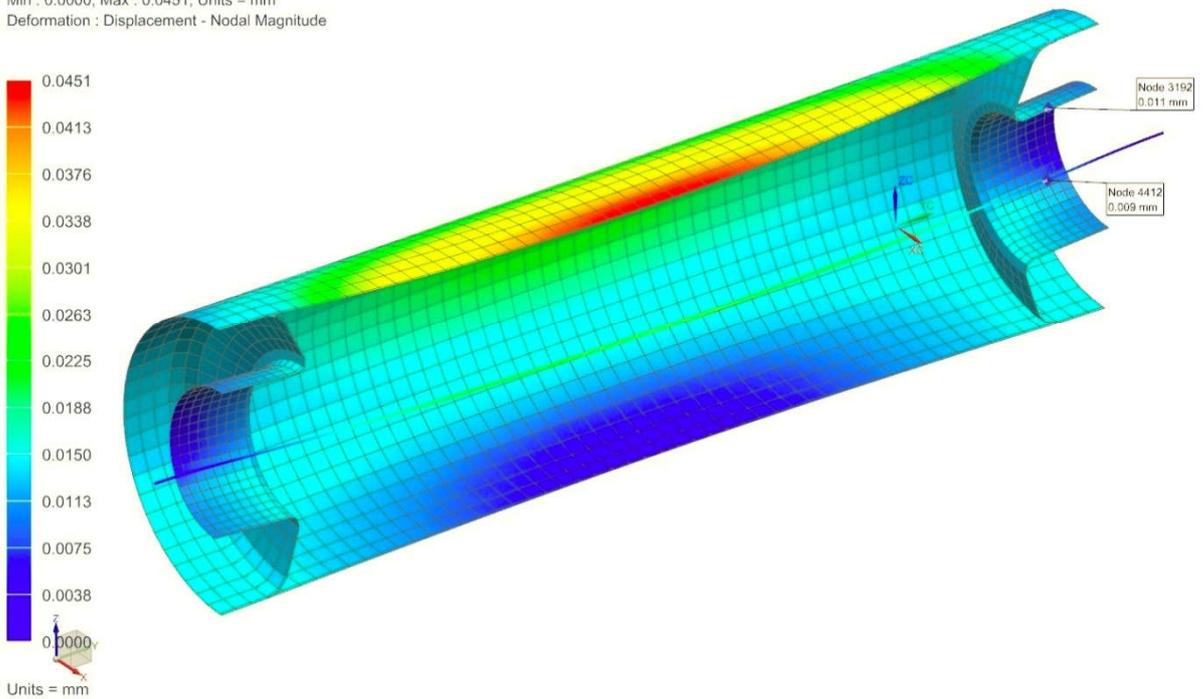


Рисунок 4.13– Деформации в узле ролик конвейера при нагрузке 2500Н

mm1_s : Solution 1 Result
275 kg, Static Step 1
Displacement - Nodal, Magnitude
Min : 0.0000, Max : 0.0501, Units = mm
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

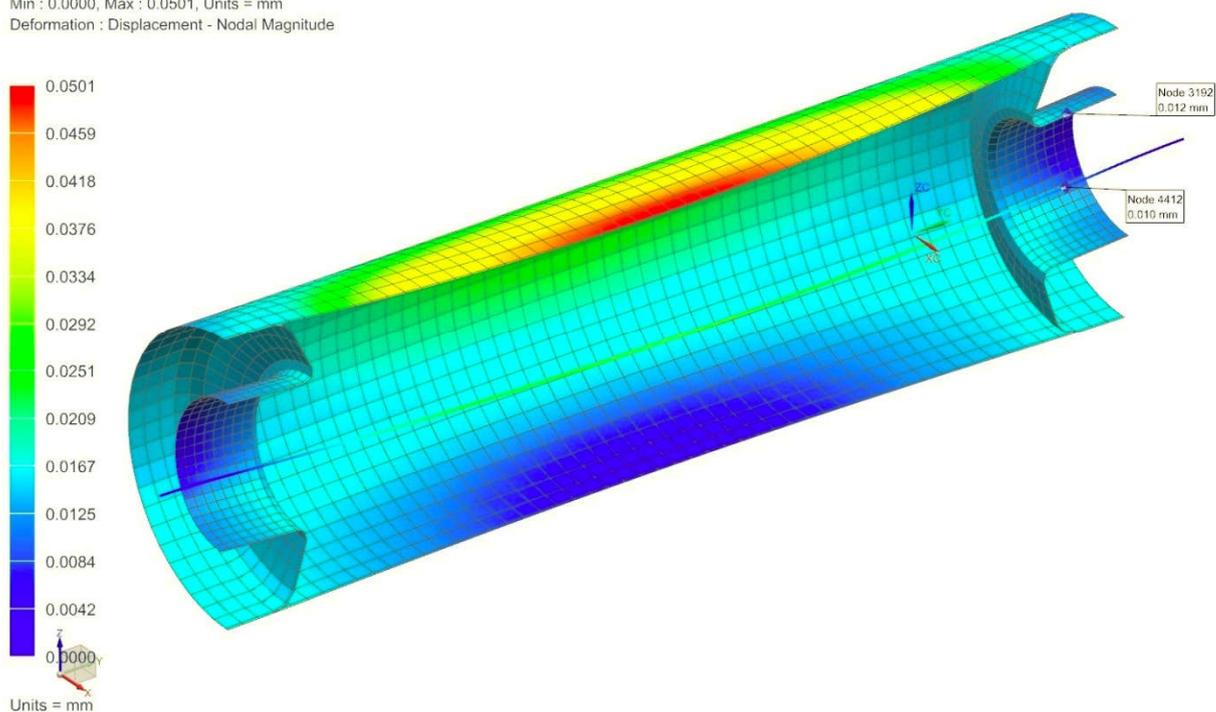


Рисунок 4.14 – Деформации в узле ролик конвейера при нагрузке 2750Н

mm1_s : Solution 1 Result
300 kg, Static Step 1
Displacement - Nodal, Magnitude
Min : 0.0000, Max : 0.0547, Units = mm
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

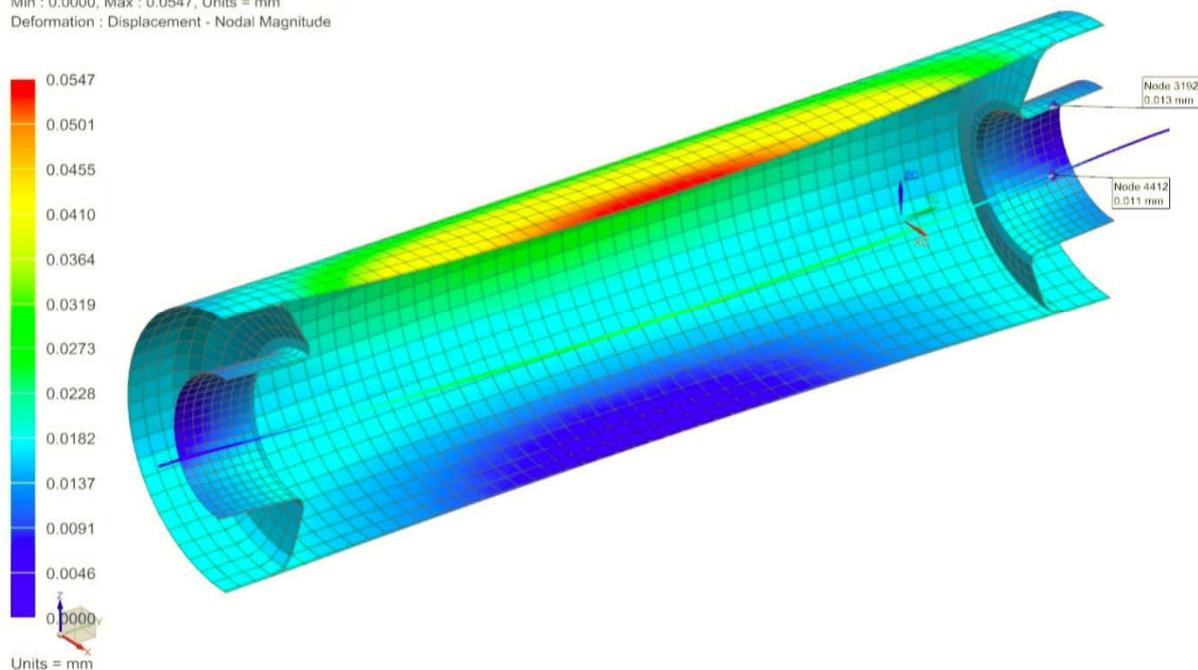


Рисунок 4.15 – Деформации в узле ролик конвейера при нагрузке 3000Н

mm1_s : Solution 1 Result
350 kg, Static Step 1
Displacement - Nodal, Magnitude
Min : 0.0000, Max : 0.0638, Units = mm

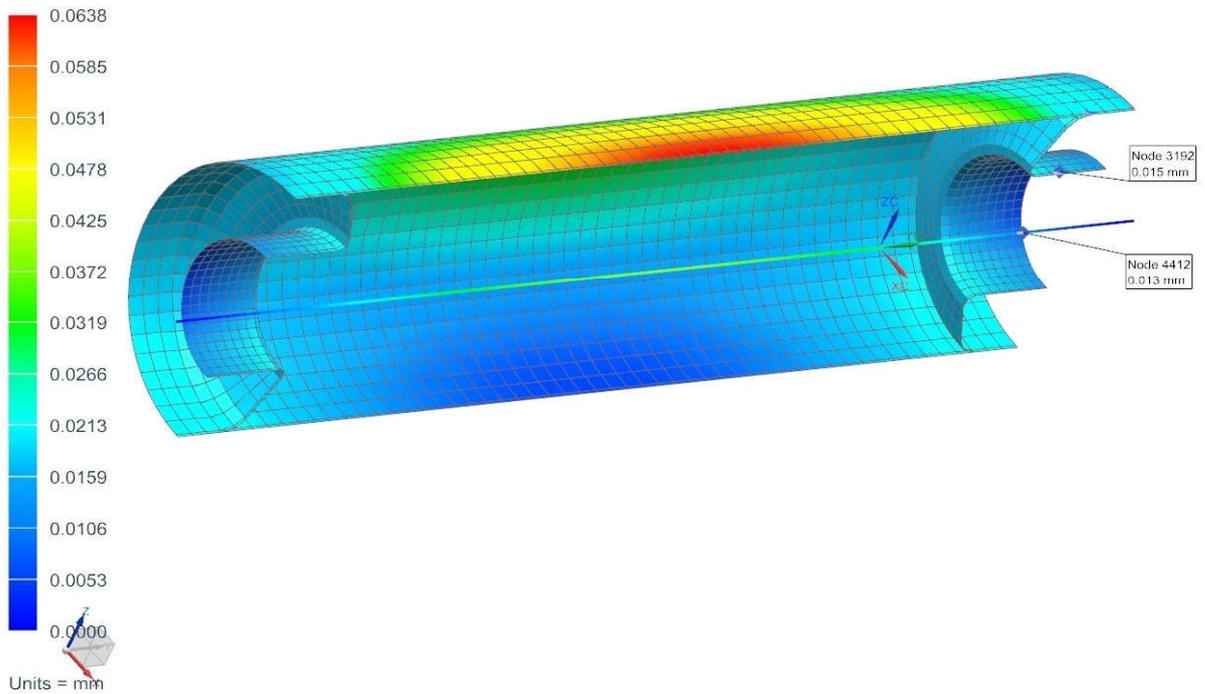


Рисунок 4.16 – Деформации в узле ролик конвейера при нагрузке 3500Н

mm1_s : Solution 1 Result
450 kg, Static Step 1
Displacement - Nodal, Magnitude
Min : 0.0000, Max : 0.0820, Units = mm

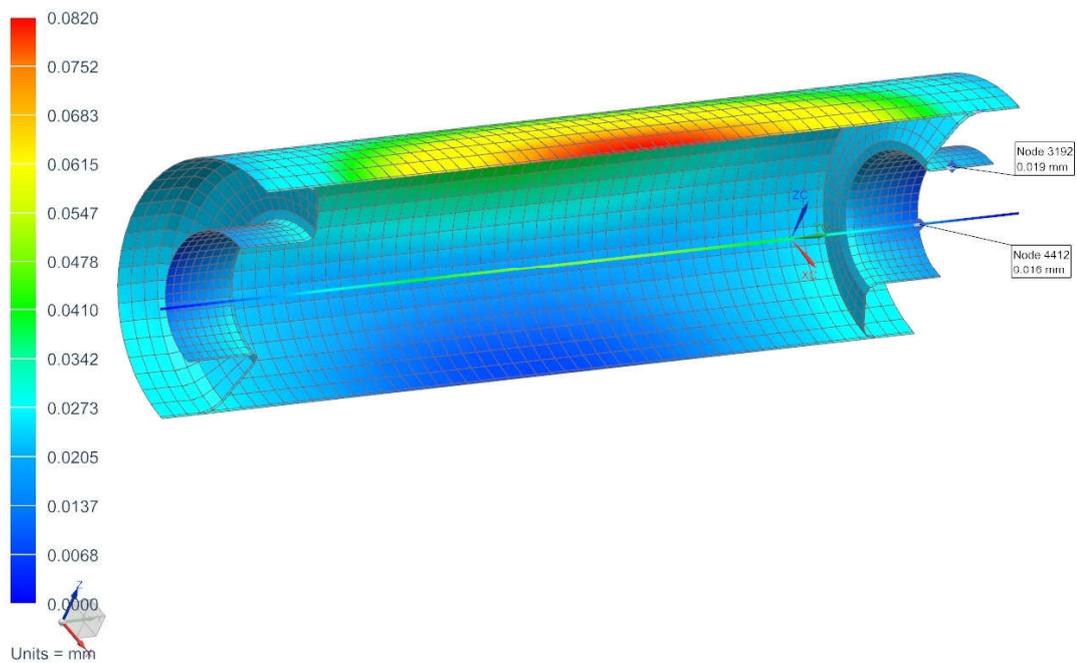


Рисунок 4.17 – Деформации в узле ролик конвейера при нагрузке 4500Н

Таблица 4.2 – Значения деформаций полученные при моделировании

Нагрузки	1750Н	2000Н	2500Н	2750Н	3000Н	3500Н	4000Н	4500Н
Деформации в точке №1 (мм)	0,006	0,007	0,009	0,01	0,011	0,013	0,015	0,016
Деформации в точке №2 (мм)	0,008	0,009	0,011	0,012	0,013	0,015	0,017	0,019

Сравнивая деформации в точках 1 и 2 полученные моделированием (таблица 4.2) можно сделать вывод о присутствии совместного перекоса колец подшипника в данной конструкции ролика конвейера.

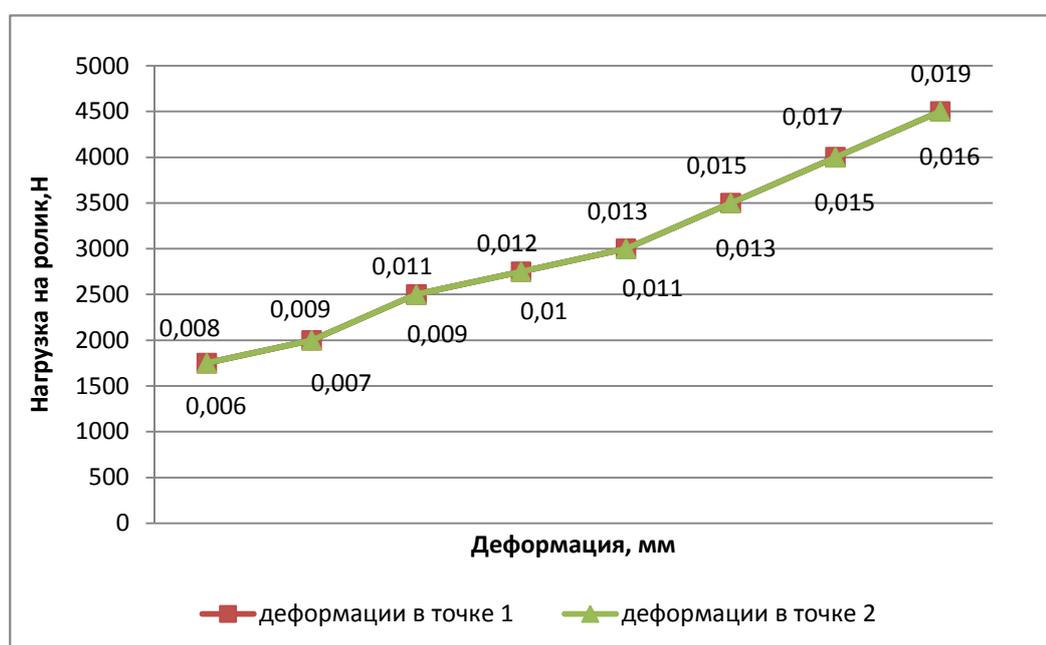


Рисунок 4.18 –График зависимости деформаций в различных точках ролика от нагрузок

Из графика на рисунке 4.18 мы также видно, что разница в деформациях (смещении) на наружном и внутреннем кольце подшипника при различной нагрузке остается практически постоянной и составляют в среднем 0,002мм, т.е. можно сказать что совместный перекос колец подшипника присутствует. При этом максимальные деформации на обечайке при нагрузке 4500Н достигали значения 0,082мм (рисунок 4.17).

Для установления математической зависимости между переменными, деформацией и нагрузкой, используем методы регрессионного анализа и пакет инструментов MS Excel (Оценка регрессий в пакете Excel) [112]. В нашем случае используем парную регрессию – это уравнение связи двух переменных Y и X:

$$Y = f(X),$$

где Y – зависимая переменная (деформация в нашем случае),
 X – независимая, или объясняющая переменная (нагрузка).

Регрессия вида

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (4.7)$$

называется линейной парной регрессией для генеральной совокупности.

Цель регрессионного анализа состоит в объяснении поведения зависимой переменной Y (деформации). Для определения значений теоретических коэффициентов регрессии необходимо знать и использовать все значения переменных Y и X генеральной совокупности, что практически невозможно. Т.е. задачи линейного регрессионного анализа состоят в том, чтобы по имеющимся статистическим данным (x_i, y_i) , $i=1, 2, \dots, n$ для переменных X и Y :

- получить наилучшие оценки неизвестных параметров α и β ;
- проверить статистические гипотезы о параметрах модели;
- проверить, достаточно ли хорошо модель согласуется со статистическими данными.

Следовательно, по выборке ограниченного объема мы сможем построить так называемое эмпирическое уравнение регрессии

$$\hat{y}_i = a + b x_i + e_i \quad (4.8)$$

Значения функции регрессии \hat{y}_i называется предсказанными, (это есть теоретическое значение результативного признака) или расчетными значениями переменной Y для фиксированных x_i ; a и b – оценки эмпирических коэффициентов регрессии α и β ; отклонение e_i – оценка теоретического случайного отклонение ε_i .

При линейной функции совокупность предсказанных значений образует прямую регрессии. Из-за искажающего влияния посторонних факторов-причин для каждого значения x_i может наблюдаться несколько эмпирических значений y_i , т.е. каждому значению x_i соответствует в статистическом смысле распределение вероятностей значений переменной Y . *Параметр b называется коэффициентом регрессии. Он является мерой зависимости переменной Y от переменной x или мерой влияния, оказываемого изменением переменной X на переменную y . Согласно уравнению (4.8) b указывает среднюю величину изменения переменной Y (в данном случае деформации) при изменении объясняющей переменной X (для нашего случая нагрузки) на одну единицу.* Для нахождения однозначного решения используют одну из естественных характеристик точности подбора прямой. Если все отклонения возвести в квадрат и сложить, то результат будет непосредственно зависеть от разброса точек около искомой линии. Из всех возможных прямых должна быть выбрана

такая, для которой мера рассеяния опытных точек (x_i, y_i) будет минимальна. Этот метод называется методом наименьших квадратов (МНК).

Исходные данные для анализа берем из таблицы 4.2.

Введем обозначения: C – нагрузка (1000 Н), D_1 – деформации в точке №1 (мм), D_2 – деформации в точке №2 (мм). На базе имеющихся значений (таблица 4.2), изменения деформации от нагрузки, была получена следующая эконометрическая модель для деформаций в точке №1:

$$D_1 = 0,0036 C \quad (4.9) \\ (0,00)$$

Статистические характеристики полученной модели (4.9): коэффициент детерминации $R^2=0,999$; стандартная ошибка $Se=0,0003$; коэффициент аппроксимации $A=2,3\%$; статистика Фишера $F=11400$. При этом статистическая значимость коэффициента регрессии представлена в скобках под соответствующим коэффициентом регрессий

Интерпретация модели (4.9): Если среднее значение нагрузки по 8 испытаниям увеличить на 1000Н, то деформация в точке №1 в среднем увеличится на 0,0036 мм (по модели 4.9) рисунок 4.19.

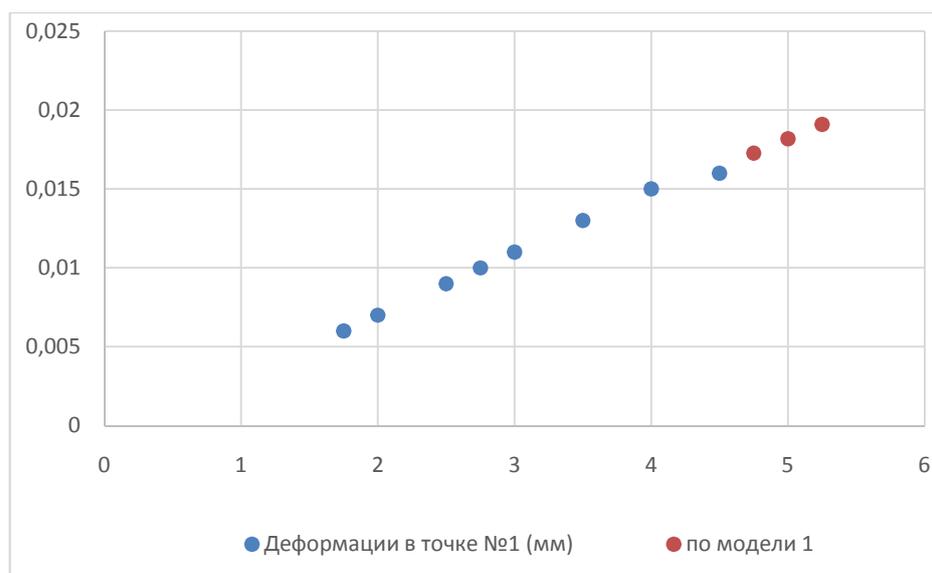


Рисунок 4.19 – Изменение деформации в точке №1 от нагрузки (по горизонтальной оси нагрузка, $\times 1000$ Н; по вертикальной оси деформация, мм)

Для зависимости нагрузки и деформации в точке №2 была получена следующая эконометрическая модель (4.10):

$$D_2 = 0,0043 C \quad (4.10) \\ (0,00)$$

По модели (4.10), если среднее значение нагрузки по 8 испытаниям увеличить на 1000Н, то деформация в точке №2 в среднем увеличится на 0,0043 мм (рисунок 4.20)

Статистические характеристики модели (4.8): коэффициент детерминации $R^2=0,999$; стандартная ошибка $Se= 0,0003$; коэффициент аппроксимации $A=2,2\%$; статистика Фишера $F=15634$.

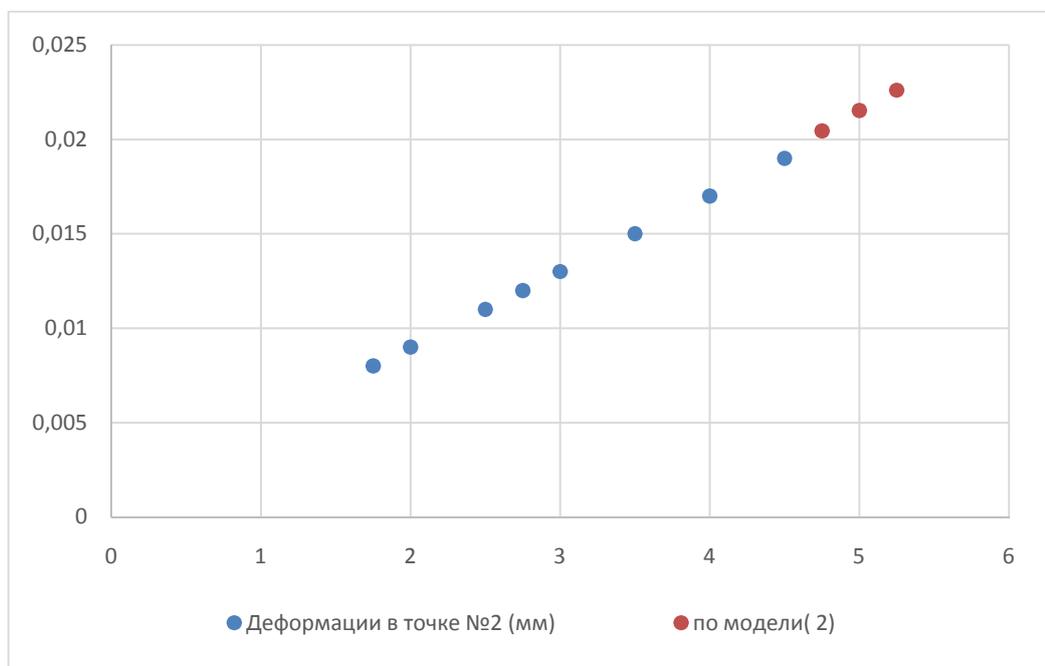


Рисунок 4.20 – Изменение деформации в точке №2 от нагрузки (по горизонтальной оси нагрузка, x1000Н; по вертикальной оси деформация, мм)

Из полученных данных значение коэффициента детерминации R^2 для обеих моделей довольно высокое, а средняя ошибка аппроксимации низкая, что говорит о качестве модели. Из рисунков 4.19 и 4.20 видно, что оба графика при наложении друг на друга практически параллельны друг другу и прогнозные данные по модели (4.9) и (4.10) также продолжают данную зависимость. Тип графика показывает тесную, линейную, положительную связь между переменными. Модель позволяет нам сделать прогноз, что при дальнейшем увеличении нагрузки, в точке 1 и 2 сохраняется закономерность в изменении деформации, определенная с помощью эконометрических моделей (4.7) и (4.8). Мы видим, что деформации в точках 1 и 2 при увеличении нагрузок до 5500Н (на графиках рисунок 4.19 и 4.20 это соответствует 5.5) возрастают равномерно и судя по графикам, разность между деформациями в точках №1 и №2 изменяется равномерно, это позволяет нам сделать вывод, что совместный перекос колец подшипника в данной конструкции роликов присутствует.

4.4 Выводы по разделу

1 Рассчитана максимальная нагрузка на ролики ленточного конвейера с помощью созданной программы для ЭВМ, которая позволяет рассчитывать

нагрузку для всех видов груза в зависимости от его физико-химических свойств, т.е. программа для ЭВМ является универсальной.

2 Моделированием нагрузок в среде Femap with NX Nastran были получены значения напряжений и деформаций при переменном нагружении, которые показывает, что совместный перекос колец подшипника относительно друг друга относительно друг друга имеется, это позволяет исключить заклинивание шарика подшипника, увеличивая срок его службы.

3 Регрессионным анализом получены эконометрические модели и установлены математические зависимости между нагрузкой на ролик и деформациями в точках 1 и 2 (рисунок 4.10), из полученных зависимостей видно, что именно изменение нагрузки оказывает наибольшее влияние на величину деформации, полученные уравнения позволяют прогнозировать дальнейшие значения деформации при изменении нагрузки.

5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ РОЛИКОВ КОНВЕЙЕРА

5.1 Конструкции элементов ролика и рекомендации по их технологической обработке

Надежность и долговечность деталей и узлов машин закладывается при проектировании и изготовлении, качество изготовления на основе размерного анализа технологического процесса обработки обеспечивается неукоснительным выполнением всех его технических требований, и при эксплуатации машин успешно реализуется благодаря своевременному техническому обслуживанию. Это заложено в основу международных стандартов ISO9001, 9002, 9003. Эргономические и экологические показатели учтены в стандартах FEM9.681; FEM9.682; ISO14000.

Технологическое обеспечение качества и понятие «надёжность» тесно связаны друг с другом. Основные понятия, связанные с надёжностью приведены в ГОСТ 27.002-89 (исправность, работоспособность, отказ, безотказность, долговечность, ремонтпригодность). Существующие определения надёжности приводят к выводу, что под надёжностью, как правило, понимают безотказную работу изделий при регламентированных условиях эксплуатации в течение установленного времени и это приводит нас к термину «эксплуатационной надёжности». Эксплуатационная надёжность, обусловлена соответствием узла его использованию, условиями эксплуатации и правильному применению и обслуживания узла, квалификацией персонала, факторами окружающей среды и т. д. Для предвидения отказов в будущем необходимы фактические данные о частоте отказов за время эксплуатации изделия по назначению. Данные по видам отказов по роликам ленточного конвейера были приведены в таблице 1.3, это основные виды неисправностей и их процентное соотношение, на основании этих данных можно сделать выводы и дать рекомендации по ликвидации слабых мест как конструктивными, так и технологическими методами.

Исследуемый нами узел это опорный ролик ленточного конвейера, работающий в условиях запыленной среды, повышенной влажности, резкого перепада температур при эксплуатации летом и зимой. Его надежная работа должна обеспечиваться конструкцией ролика, качественными материалами, системой уплотнений обеспечивающими надежную защиту подшипника. Хотелось бы отметить необходимость качественной смазки для подшипника, часто производители не указывают вид смазки у подшипника, хотя это очень важная составляющая долговечности подшипника наряду с уплотнением.

В ролике новой конструкции (рисунок 3.1) точность расположения деталей и узлов ролика обеспечивается размерным анализом, проведенным на стадии его проектирования. Этого может оказаться недостаточно, без качественной механической обработки отдельных деталей ролика, без проведения сварки с помощью современных самоцентрирующих сварочных аппаратов,

неукоснительного соблюдения технологического процесса сборки [17 с.189-192].

Мы провели анализ элементов (деталей) входящих в изделие и дали ряд рекомендаций по технологической обработке и выбору заготовок. Согласно спецификации к чертежу на рисунке 3.1:

1 – Обечайка. Материал Сталь 5сп ГОСТ 380-2005. В качестве заготовки необходимо использовать сварные или холоднокатаные трубы с ограниченными допусками, поскольку они обеспечивают одинаковую толщину и плотность стенки, что дает их хорошую сбалансированность. Производство сварных труб происходит обычно с использованием калибровочных роликов, которые обеспечивают лучшие параметры отклонений от круглости и гарантируют прямолинейность труб определенной длины.

2 – Тонкостенная ступица. Материал Сталь 14ХГС ГОСТ 19281-89 (Материал-заменитель Сталь 15ХСНД или 16ГС по ГОСТ 19281-89), легированная сталь после термообработки обладает достаточно упругими свойствами необходимыми для ее правильного функционирования. Сталь хорошо сваривается, ее механические и физические свойства удовлетворяют всем требованиям. Деталь изготавливается штамповкой.

3 – Ступенчатая ось. Материал Сталь 5сп ГОСТ 380-2005. Заготовка круглый прокат. Посадочное место под подшипник 30мм нужно шлифовать до допуска h6, это дает высокую степень подгонки к подшипнику и дает возможность подшипнику до некоторой степени самоустанавливаться при высоких значениях нагрузок на вал. Посадочное место под уплотнения обрабатываются чистовым точением с допуском h9. Размеры лысок, размер от торца ролика до лысок и др. выполнены в соответствии с ГОСТ 22646-77.

4 – Стакан. Материал Сталь 30 ГОСТ 1050-88. Диаметр 72мм под наружное кольцо подшипника выполняется шлифованием, допуск по N7, что позволяет выполнить точную посадку наружного кольца подшипника. Для детали в целях удешевления стоимости заготовки, поскольку изготовление штампованной заготовки значительно дороже, предлагаем комбинированную сварную заготовку из трубы и задней стенки в виде круглой шайбы. Это удешевляет заготовку, не оказывая отрицательного влияния на ее точность. Механическую обработку представляет в основном черновое, чистовое точение, растачивание и шлифование под подшипник.

5 – Кожух тонкостенный. Материал Сталь 3сп ГОСТ 380-2005. Функцией детали является защита лабиринтного уплотнения и работа вместе с роторным уплотнением. Деталь тонкостенная, толщина стенки 1мм, с достаточной точностью изготавливается штамповкой.

6 – Крышка. Материал Сталь 3сп ГОСТ 380-2005. Функция – защита от механических повреждений. Возможно изготовление из неметаллических материалов, например, достаточно прочных полимеров. При изготовлении из металла изготавливается штамповкой, с последующей механической обработкой внутреннего отверстия диаметром 25мм. На вал устанавливается с натягом.

7 – Шайба защитная. Защита подшипника с внутренней стороны от попадания пыли и грязи. Изготавливается из неметаллических материалов, например, достаточно прочных полимеров.

8, 9 – Лабиринтное уплотнение. Выполняется из полиамида. Предохраняет от попадания внешних загрязнителей пыли и грязи, имеется полость для заполнения смазкой.

10 – Уплотнение роторное. Уплотнение контактного типа, представляет собой кольцо из термостойкой резины, и полость между крышкой и тонкостенным кожухом образуют камеру, которая может самоочищаться при вращении ролика под действием центробежных сил.

11 – Шарикоподшипник 60306 ГОСТ 7242-81 (аналог 6306Z). Стандартный узел, имеет с внутренней стороны защитную шайбу.

12 – Кольцо пружинное ГОСТ 13942-80. Стопорный элемент, осуществляет фиксацию подшипника в радиальном направлении.

Из рассмотренных выше деталей можно выделить стакан и тонкостенную ступицу как ответственные детали назначения, конфигурация и технология которых, для данного узла, требует более глубокого анализа, технология производства остальных деталей не вызывает трудностей и может быть без труда осуществлена по традиционной технологии [113, 114].

Размерный анализ детали стакан. Основные параметры, характеризующие точность детали, это: точность размеров отдельных поверхностей или расстояний между ними; точность формы и расположения поверхностей; шероховатость поверхности. Обеспечение точности детали достигается выполнением комплекса технологических операций. Точность технологической операции характеризуется численной величиной погрешности, возникающей при ее выполнении. При проектировании технологических операций механической обработки не всегда удается определить ожидаемую точность расчетными методами. Поэтому при определении исходных данных для проектирования технологического процесса на основе размерного анализа широко используют таблицы точности, содержащие статистические данные для различных методов обработки [115]. Также при работе с размерными схемами используем условные обозначения [115, с.82; с.112]. На данном этапе уже имеется предварительный вариант маршрута обработки технологического процесса (таблица 5.1), который прошел логическую оценку и признан годным для дальнейшей проверки и доработки, которую мы хотим осуществить методами размерного анализа.

Размерный анализ (РА) технологического процесса позволяет:

1 Устанавливать научно-обоснованные операционные размеры и технические требования по всем операциям технологического процесса (ТП), при использовании которого потребуются минимальные корректировки.

2 Установить при проектировании оптимальные размеры заготовок с минимальными припусками и максимально сократить число переходов.

3 При проектировании технологического процесса механической обработки обеспечить минимальное число операций и переходов.

Таблица 5.1 - Предварительная маршрутная карта технологического процесса механической обработки детали – стакан

№ операции и наименование	Номер и содержание перехода
000 Заготовительная (формирование комбинированной сварной заготовки)	Заготовка толстостенная труба Ø89x11
001 Токарная обработка внутренней поверхности – черновая, обработка кромок под сварку	А Черновое растачивание внутренней поверхности до диаметра 70,5мм Б Точить кромки под сварку (в зависимости от вида сварки)
002 Полуавтоматическая сварка	Приварить кольцо диаметром 70,5мм к дну цилиндра, заподлицо с торцевой поверхностью.
005 Термообработка (отжиг)	
010 Токарная	А Точить внутренний торец Ø70,5 Б Расточить Ø70,5/Ø71,5 (чистовое растачивание) В Точить торец Ø89 в размер 49±0,08 Г Точить фаску 2,2x45, однократно
015 Токарная	А черновое и чистовое точение торца Ø80 в размер 53 _{-0,3} Б Точить наружную поверхность однократно Ø89/86 В Черновое и чистовое точение Ø86/Ø80 в размер 39 _{-0,25}
020 Шлифовальная	А предварительное шлифование пов.8 (Ø71.5/Ø71.9) Б Окончательное шлифование пов.8 до диаметра Ø72 _{-0,039} ^{0,009}
025 Слесарная	Острые кромки притупить
030 Моечная	Деталь промыть и просушить
035 Контроль	

Исходными данными для размерного анализа технологического процесса в нашем случае является чертеж детали (рисунок 5.1). Деталь – стакан, материал Сталь 30 ГОСТ 1050-88 (материал заменитель сталь 25).

Нашей целью является создание экономичного технологического процесса механической обработки, без ущерба для точности. Заготовка комбинированная сварная (рисунок 5.2), более экономичная и простая в изготовлении, выполняется сваркой трубы и задней стенки в виде плоской шайбы. Размеры трубы согласно ГОСТ 23270-89 года подбираем 89мм, толщина стенки 11мм

(Труба 89x11 – 35 ГОСТ 23270-89). Шайба диаметром 70,5мм с отверстием 45мм, получаем пробивкой из листового железа. Нужна обработка торцов и кромок под сварку, сварка полуавтоматическая с зачисткой сварного шва и прилегающей поверхности. Перед сваркой внутреннюю поверхность трубы диаметром 67мм растачиваем до диаметра 70,5. Сварная заготовка, исходя из опыта производства подобных заготовок, получается достаточно точной и экономичной, ее дальнейшая механическая обработка позволяет компенсировать отдельные отклонения, возникающие при сварке [116].

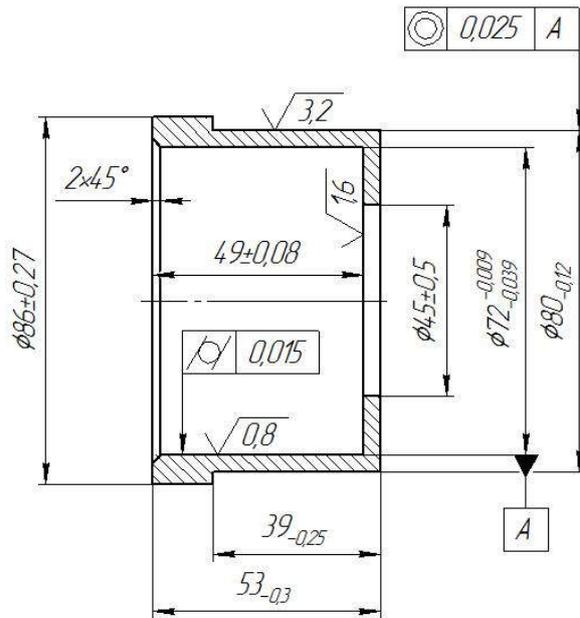


Рисунок 5.1 – Исходный чертеж детали «стакан»

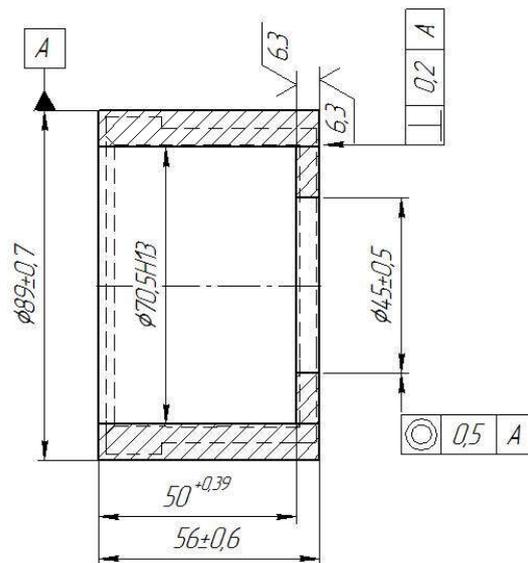


Рисунок 5.2 – Комбинированная сварная заготовка

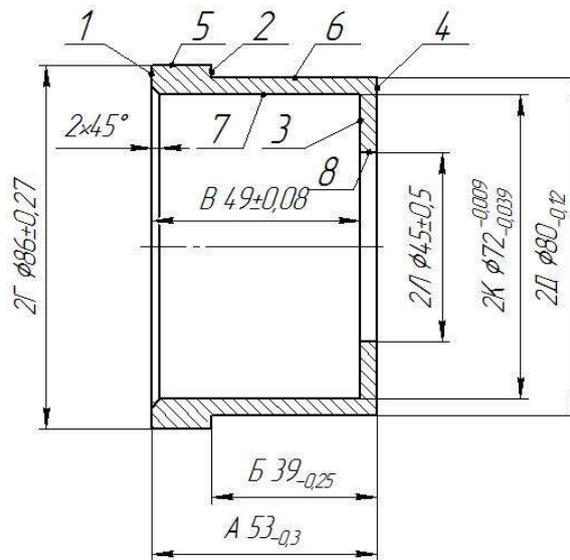


Рисунок 5.3 – Преобразованный чертеж детали

Выполняем преобразование чертежа детали и заготовки для размерного анализа и его проверки. Так как деталь является телом вращения, то достаточно двух проекций. На рисунке 5.3 показан чертеж детали с указанными поверхностями и осями, а далее на рисунке 5.4, 5.5 – две проекции преобразованного чертежа.

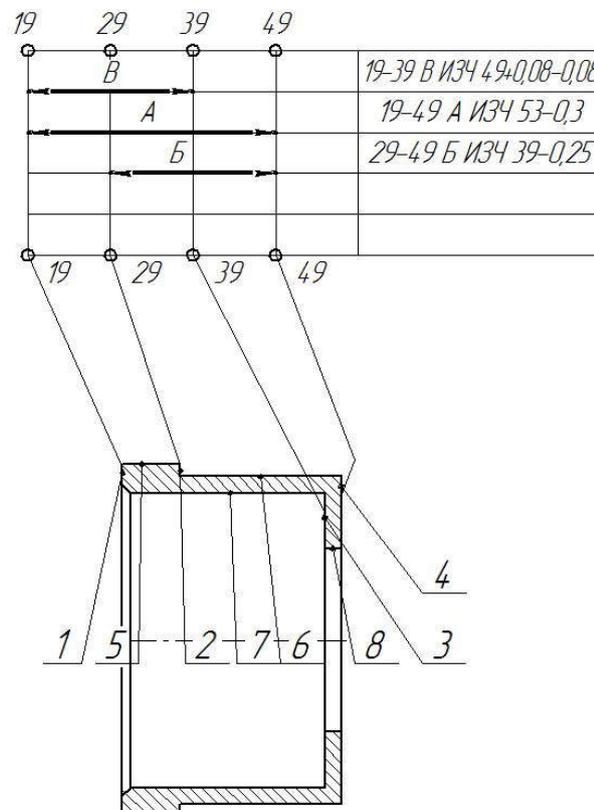


Рисунок 5.4 – Проекция преобразованной детали (продольные размеры)

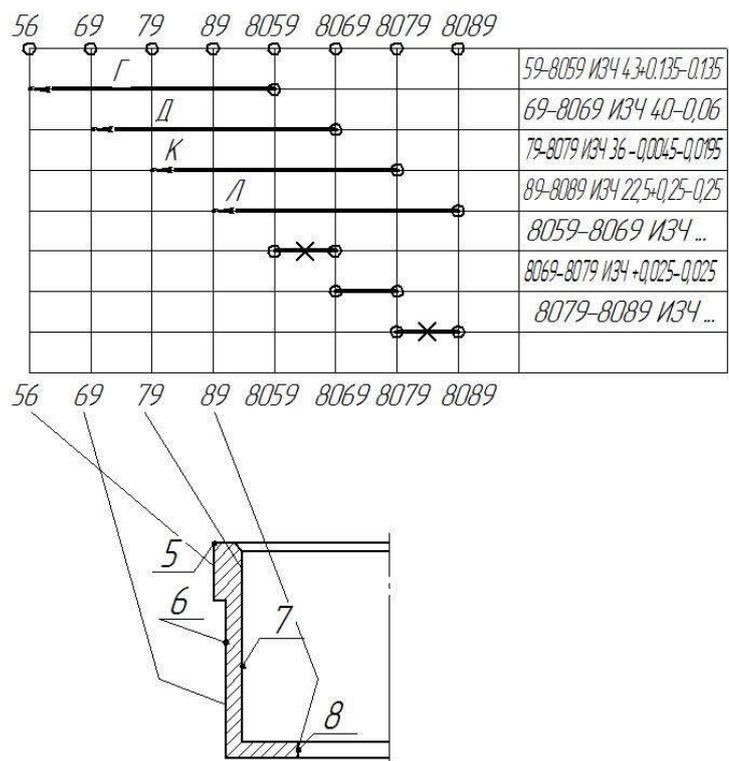


Рисунок 5.5 – Проекция преобразованной детали (диаметральные размеры)

Производим преобразование чертежа заготовки, рисунок 5.6 и получаем две проекции преобразованного чертежа заготовки рисунок 5.7 (продольные размеры) рисунок 5.8 (диаметральные размеры).

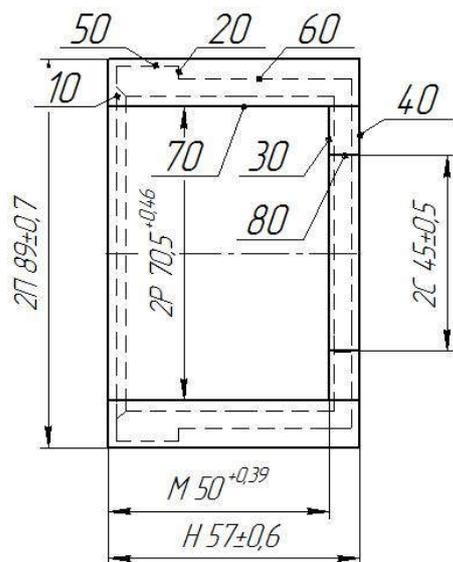


Рисунок 5.6 –Преобразованный чертеж заготовки

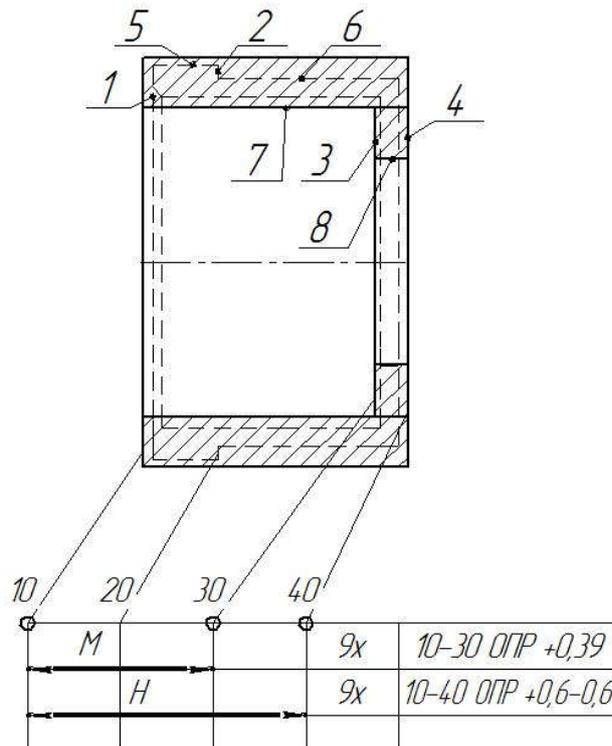


Рисунок 5.7 – Проекция преобразованной заготовки (продольные размеры)

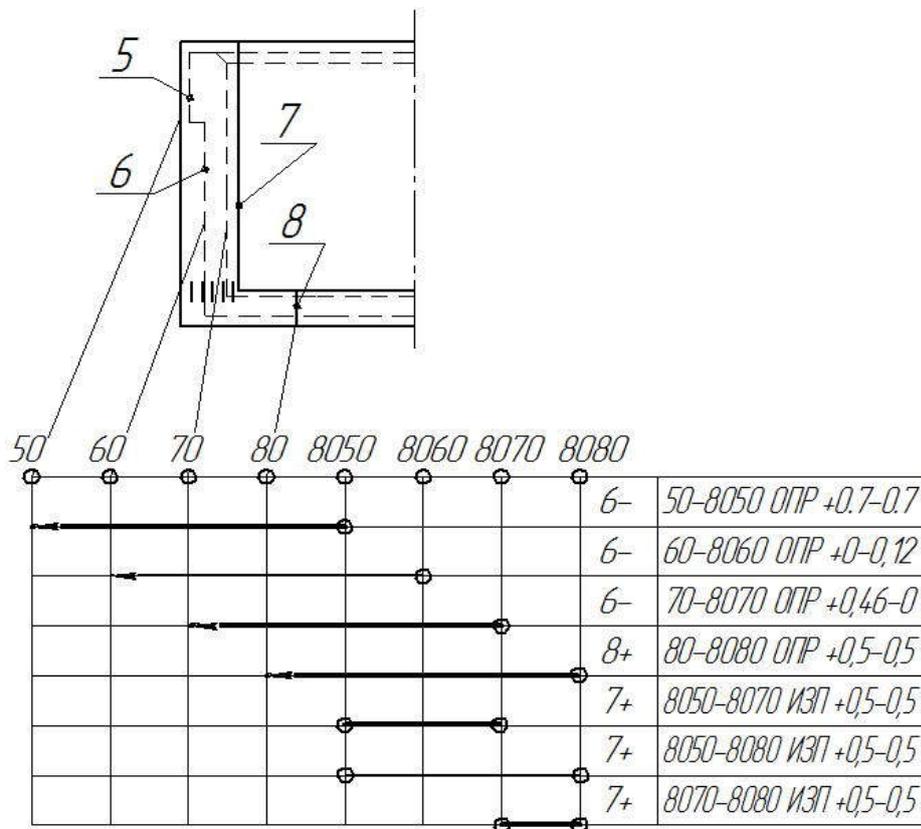


Рисунок 5.8 – Проекция преобразованной заготовки (диаметральные размеры)

На основе проведенного анализа чертежа детали, эскиза заготовки, с учетом различных технологических факторов, составляем карту исходных данных, (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Карта исходных данных

№ поверхности	Шероховатость	ТТ чертежа		Предлагаемые виды обработки		Технологическое решение по обеспечению ТТ
		детали	заготовки	Вид обработки	количество	
1	6,3		E5-8 =0,5	Токарная	1	
2	6,3			Токарная	1	
3	3,2			Токарная	1	
4	6,3		N4-5= ±0.2	Токарная	1	Сварка комбинированной заготовки производится в специальном приспособлении, с обработкой кромок
5	6,3			Токарная	1	
6	3,2	E6-7 =0,025		Токарная	1	Черновое и чистовое точение, с закреплением в самоцентрирующем трехкулачковом патроне. Базовая поверхность 7.
7	0,8			Токарная Шлифование	2	Черновое и чистовое точение 7, с закреплением в самоцентрирующем трехкулачковом патроне. Предварительное и окончательное шлифование. Базовая поверхность 5.
8	6,3			Пробивка (сверление)	1	Операция выполняется на стадии формирования заготовки пробивкой 8, либо сверлением с последующим растачиванием.

Основываясь на исходных данных и предварительном технологическом процессе, составляем план обработки детали (таблица 5.3). Основные

погрешности механической обработки по переходам берем из данных по средней статистической погрешности механической обработки [115, с. 234].

Таблица 5.3 – План обработки детали стакан

№ операции	Эскизы	Допуски и ТТ
1	2	3
000-005 заготовительная		<p>10-40 (A^0) +0,6-0,6 10-30 (B^0) +0,39-0 50-8050 (Γ^0) +0,7-0,7 70-8070 (K^0) +0,46-0 E8050-8070=0±0,5 E8050-8080=0±0,5 N40-50=0±0,2</p>
010Токарная		<p>71-8071($2K^{10}$) +0,12 -0 31-10(B^{10}) +0,25 -0,25 31-11(B^{11}) +0,08-0,08 E8050-8071=±0,25</p>

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3
015 Токарная		<p>51-8051(2Г¹⁵)+0 -0,4 21-41(Б¹⁵)+0 -0,25 61-8061(2Д¹⁵)+0 -0,12 41-11(А¹⁵)+0 -0,3 Е 8061-8071=±0,05</p>
020 Шлифовальная		<p>72-8072(2К²⁰) -0,009-0,039 31-11 (Б²⁰) ±0,08 Е8072-8061=±0,025</p>

Основываясь на плане обработки, вычерчиваем размерные схемы технологического процесса для каждой проекции (рисунок 5.9, рисунок 5.10) и расчетную схему отклонений расположения (рисунок 5.11) с использованием специальных условных обозначений [115, с.112].

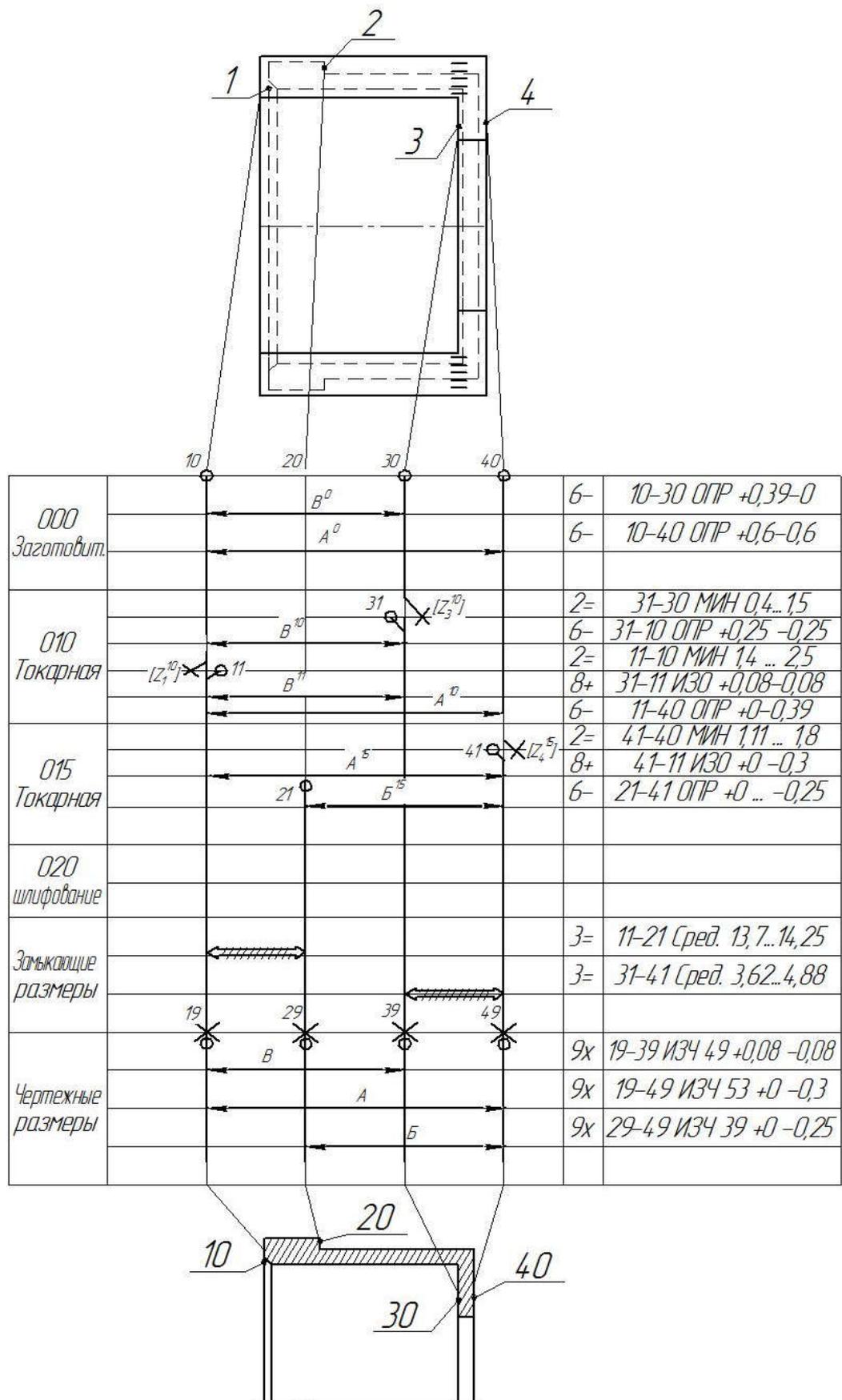


Рисунок 5.9 - Размерная схема технологического процесса для продольных размеров

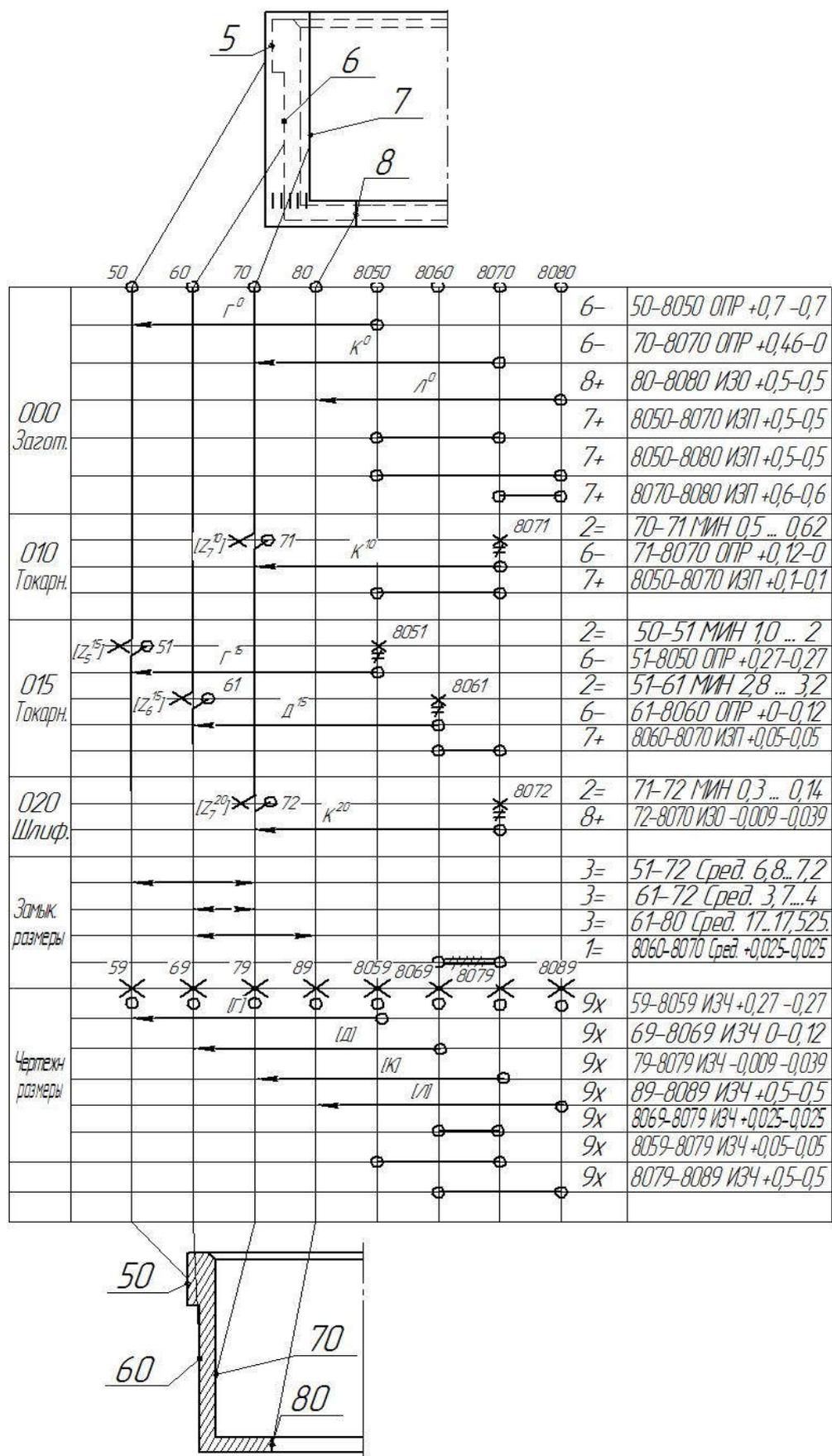


Рисунок 5.10 - Размерная схема технологического процесса для диаметральных размеров

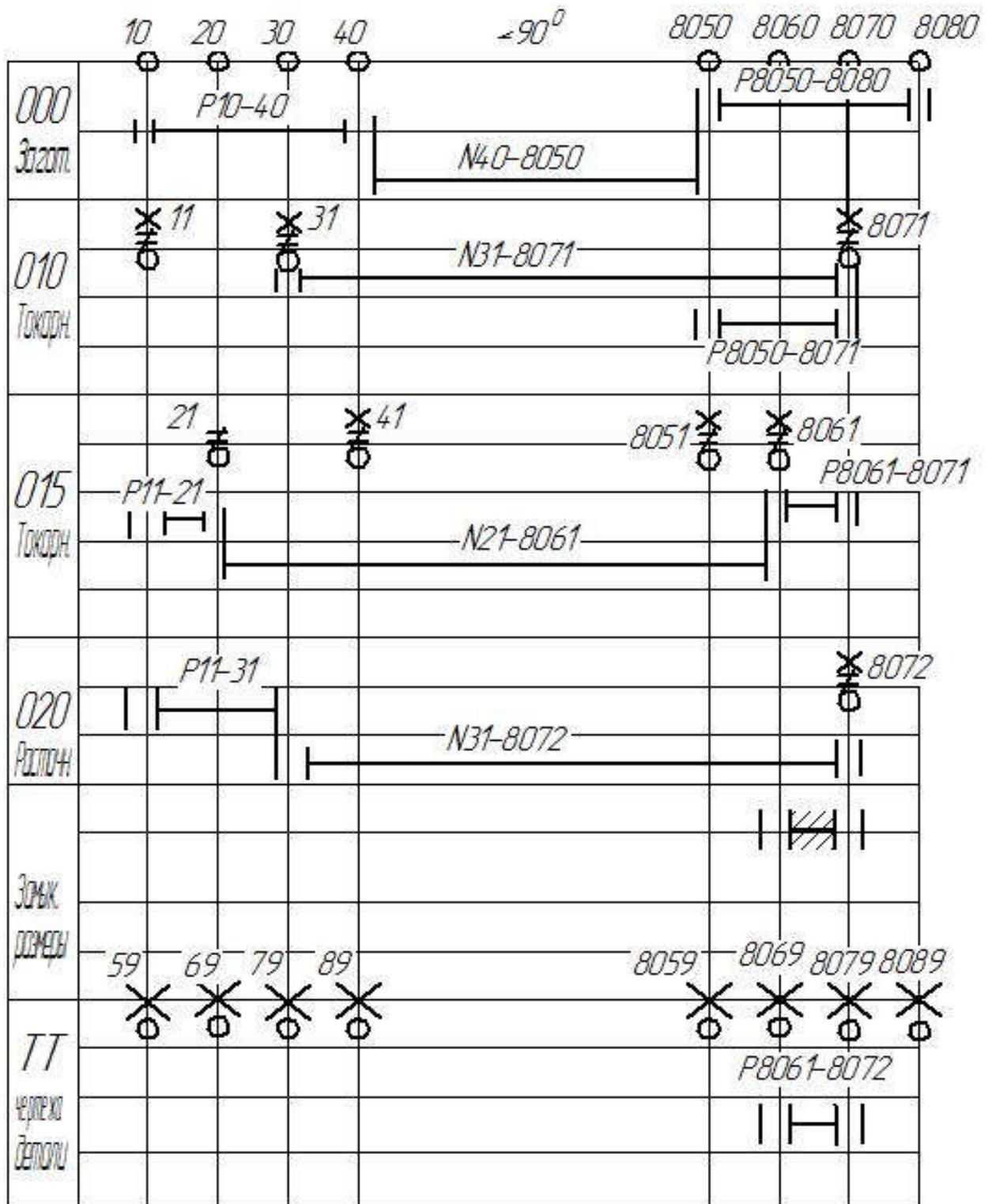
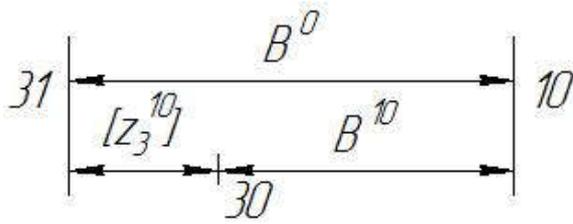


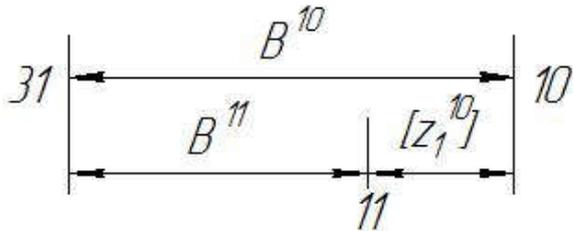
Рисунок 5.11 – Расчетная схема отклонений расположения (пространственных отклонений)

После построения расчетных схем для данной детали далее выявляем размерные операционные размерные цепи и составляем уравнения размерных цепей для детали.

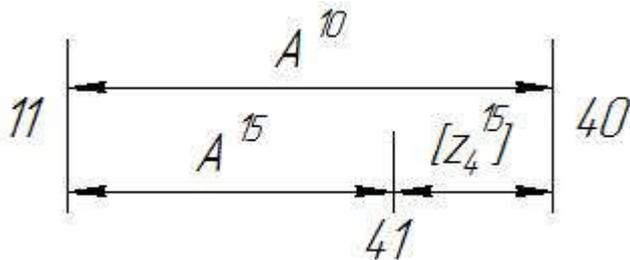
Размерные цепи для линейных размеров:



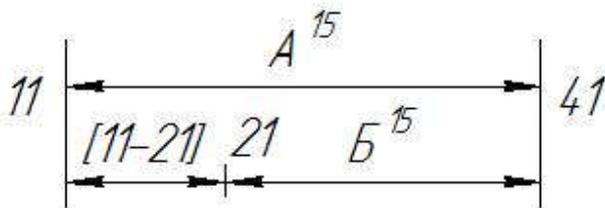
$$[Z_3^{10}] = B^0 - B^{10}$$



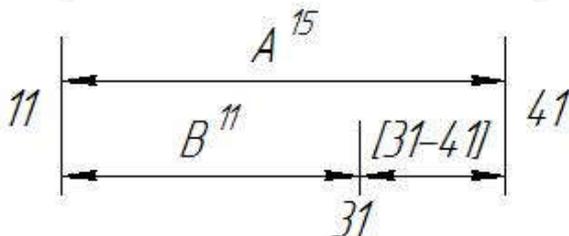
$$[Z_1^{10}] = B^{10} - B^{11}$$



$$[Z_4^{15}] = A^{10} - A^{15}$$

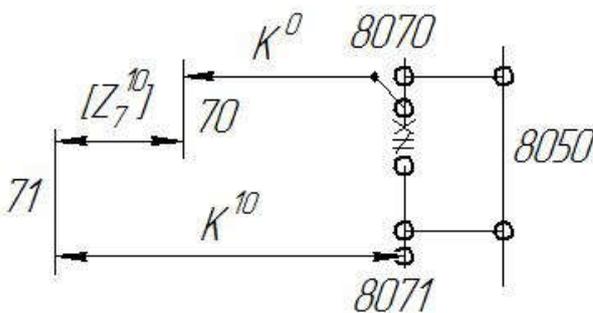


$$[11 - 21] = A^{15} - B^{15}$$

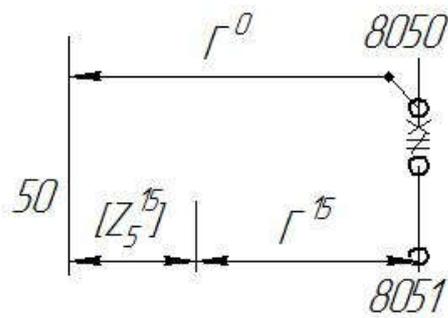


$$[31 - 41] = A^{15} - B^{11}$$

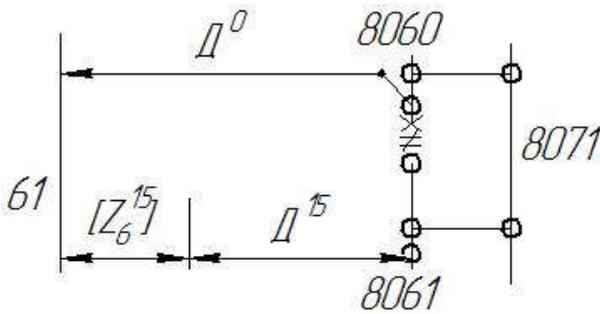
Размерные цепи для расчетной схемы диаметральных размеров:



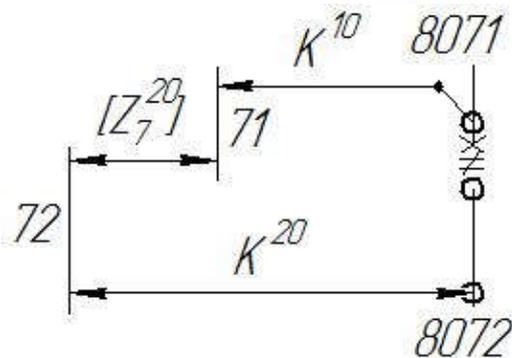
$$[Z_7^{10}] = K^{10} + (8071 - 8050) - (8070 - 8050) - K^0$$



$$[Z_5^{15}] = \Gamma^0 - \Gamma^{15}$$



$$[Z_6^{15}] = D^0 + (8060 - 8071) - (8061 - 8071) - D^{15}$$



$$[Z_7^{20}] = K^{20} - K^{10}$$

Проводим контроль размерных схем и проверку размерной корректности технологического процесса. Контроль размерных схем проводим согласно мнемоническим признакам, приведенным в правиле №14 [115, с.130].

Проверка показала, что намеченный вариант технологического процесса обеспечивает получение годных деталей в соответствии с чертежом, как по допустимым отклонениям размеров, так и по допускаемым величинам пространственных отклонений. Проверка показала корректность размерных параметров технологического процесса, то мы можем вычислить полученные нами операционные размерные цепи, данные вычисления заносим в таблицу 5.4. Для заполнения таблицы необходимо вычислить следующие параметры [115, с.138-142], это координаты середины поля допуска для каждого составляющего звена:

$$\Delta_{\omega(i)} = \frac{\Delta_{Bi} + \Delta_{Hi}}{2}, \quad (5.1)$$

Среднее значение составляющих звеньев с известным номиналом:

$$A_{cpi} = A_i + \Delta_{\omega(i)} \quad (5.2)$$

Полуколебания каждого составляющего звена:

$$\frac{\omega_i}{2} = \frac{\Delta B_i - \Delta H_i}{2}, \quad (5.3)$$

Фактические полуколебания замыкающего звена:

$$\frac{\omega(\Delta\phi)}{2} = \sum_{i=1}^n |\xi_i| \frac{\omega_i}{2} \quad (5.4)$$

Определяем запас точности по допуску замыкающего звена:

$$W = A_{max\Delta} - A_{min\Delta} - 2 \left(\frac{\omega\Delta}{2} \right); \quad (5.5)$$

После расчета по формуле 5.5, проверяем условие $W \geq 0$. Условие соблюдается, поэтому можно продолжить расчет. Если бы условие не было соблюдено, то необходимо было бы произвести корректировку.

Средние расчетные значения замыкающего звена:

$$\begin{aligned} \text{для групп } 2= & A_{ср\Delta} = A_{min\Delta} + \frac{\omega(\Delta\phi)}{2} \\ 3= & A_{ср\Delta} = \frac{A_{min\Delta} + A_{max\Delta}}{2} \end{aligned} \quad (5.6)$$

Для звеньев с определяемым номиналом (6-) записываем средние расчетные значения замыкающего звена:

$$A_{ср.опр} = \left(A_{ср\Delta} - \sum_{i=1}^{n-1} \xi_i \cdot A_{срi} \right) \frac{1}{\xi_{опр}} \quad (5.7)$$

Номинальное значение звена с определяемым номиналом:

$$A_{ср.опр} = A_{ср.опр} - \Delta \cdot \omega_{опр} \quad (5.8)$$

Фактическое минимальное значение замыкающего звена:

$$A_{min(\Delta\phi)} = A_{ср(\Delta\phi)} - \frac{\omega(\Delta\phi)}{2} \quad (5.9)$$

Фактическое максимальное значение замыкающего звена:

$$A_{max(\Delta\phi)} = A_{ср(\Delta\phi)} + \frac{\omega(\Delta\phi)}{2} \quad (5.10)$$

Запасы точности по предельным значениям замыкающего звена:

$$V_H = A_{min(\Delta\phi)} - A_{min\Delta} \quad (5.11)$$

$$V_B = A_{max\Delta} - A_{max(\Delta\Phi)}$$

Таблица 5.4 – Расчет размерных цепей табличным способом

Обр азц ы звен а	гру ппа	по дгр уп па	пр из на ки	ξ_1	A	Δ_B	Δ_H	Δ_0 ω	A_{cp}	$\omega/2$	A_{min}	A_{max}	t, λ^2	Прим еч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$[z_1^{10}]$ $\Delta\phi$									1,7 3	0,3 3	1,4	2,06		$V_H=0$
$[z_1^{10}]$	2=	10- 11	ми н						1,7 3	0,3 3	1,4	2,5		$V_B=0,44$
B^{11}	8+	31- 10	изо	-1	49	+0,0 8	- 0,08	0	49	0,0 8				
B^{10}	6-	31- 11	оп р	1	50,7 3	+0,2 5	- 0,25	0	50, 73	0,2 5				(4)
$[z_3^{10}]$ $\Delta\phi$									0,8 45	0,4 45	0,4	1,29		$V_H=0$
$[z_3^{10}]$	2=	30- 31	ми н						0,8 45	0,4 45	0,4	1,5		$V_B=0,21$
B^{10}	6+	31- 10	оп р	-1	50,7 3	+0,2 5	- 0,25	0	50, 73	0,2 5				
B^0	6-	10- 30	оп р	1	51,3 8	+0,3 9	0	+0, 19 5	51, 57 5	0,1 95				(5)
$[z_4^{15}]$ $\Delta\phi$									1,4 55	0,3 45	1,11	1,8		$V_H=0$
$[z_4^{15}]$	2=	40- 41	ми н						1,4 55	0,3 45	1,11	1,8		$V_B=0$
A^{10}	6-	11- 40	оп р	1	54,5	0	- 0,39	- 0,1 95	54, 30 5	0,1 95				
A^{15}	8+	11- 41	изо	-1	53	0	-0,3	- 0,1 5	52, 85	0,1 5				(3)
$[11$ $- 21]$ $\Delta\phi$									13, 97 5	0,2 75	13,7	14,2 5		$V_H=0$
$[11$ $- 21]$	3=	11- 21	сре д						13, 97 5	0,2 75	13,7	14,2 5		$V_B=0$
A^{15}	8+	11- 41	изо	1	53	0	-0,3	- 0,1 5	52, 85	0,1 5				

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
B ¹⁵	6-	21-41	опр	-1	39,025	0	-0,25	-0,125	38,9	0,125				(2)
[31-41] $\Delta\phi$									4,25	0,23	4,02	4,48		V _H =0,4
[31-41]	3=	31-41	сред						4,25	0,23	3,62	4,88		V _B =0,4
A ¹⁵	8+	11-41	изо	1	53	0	-0,3	-0,15	52,85	0,15				
B ¹¹	8+	31-11	изо	-1	49	0,08	-0,08	0	49	0,08				(1)

Проведенный размерный анализ технологического процесса говорит о корректности технологического процесса механической обработки детали стакан. Кроме того размерный анализа позволил создать окончательный вариант технологического процесса, для которого потребуется минимум корректировок при внедрении его в производство (приложение В).

Использование размерного анализа при создании технологического процесса (ТП) позволило выполнить следующие требования:

- 1 Обеспечить создание детали по данному ТП в соответствии с чертежом;
- 2 Создание ТП с минимальным количеством переходов и минимальным расходом материала на одну деталь;
- 3 Создание проектного ТП, который гарантирует изготовление деталей без брака по точностным параметрам;
- 4 Решена задача снижения веса заготовки и уменьшения трудовых затрат на механическую обработку.

Расчет размерных цепей показал существование запаса точности ТП по некоторым размерам ($[z_1^{10}]$, $V_B=0,44$; $[z_3^{10}]$, $V_B=0,21$; $[31-41]$, $V_H=0,4$, $V_B=0,4$), это дает возможность расширить допуски на некоторые сложные операции, что снижая трудоемкость настройки станков, способствует уменьшению затрат.

Выбор металлорежущего инструмента и расчет рациональных параметров режимов резания. Режимы резания и выбор правильного металлорежущего инструмента является одним из основных параметров, обеспечивающих высокое качество изготавливаемых деталей.

При обработке в несколько установок детали, точность взаимного расположения поверхностей детали зависит от погрешности базирования на различных операциях. На точность формы деталей влияют профиль и установка металлорежущего инструмента, особенности работы станка его технологическая точность, жесткость, износ направляющих, неуравновешенность шпинделя и др. Точность размера зависит от точности

установки металлорежущего инструмента, длиной прохода и размерами самого инструмента. Это может быть качество и точность изготовления инструмента и приспособлений, погрешности установки на станке, жесткость обрабатываемой детали и величина усилия зажима особенно при чистовых и отделочных операциях, где неправильное усилие зажима может деформировать или сдвинуть заготовку относительно инструмента.

Для создания рационального технологического процесса обеспечивающего изготовление точной детали, должны быть выбраны соответствующий режущий инструмент и проведен расчет режимов резания по операциям. Методика выбора инструмента и расчет оптимальных режимов резания (токарные операции, расточные операции и термообработка) приведена в справочниках [105,с.358;117, 118]. Исходными данными являются чертеж детали, по которому устанавливают ее форму, жесткость, точность, твердость и другие свойства обрабатываемого материала; и технологическая документация – по которой определяют характер поверхности, способ получения и другие параметры заготовки. Чертеж детали и заготовки (рисунок 5.1, рисунок 5.2).

Выбор материала инструмента осуществляют с учетом выполняемых операций, обрабатываемого материала, характера припуска и состояния поверхности заготовки и глубины резания. Резцы с механическим креплением имеют большую (в среднем на 15%) производительность, чем напаянные резцы и могут применяться при меньшей подаче, но почти всегда при большей скорости резания. При высоком качестве изготовления эти резцы обеспечивают меньшее рассеивание стойкости, поэтому их применяют на станках с ЧПУ. Они могут обеспечить рост производительности процесса резания в среднем на 25%. Для данного технологического процесса мы предлагаем использовать современные инструменты выпускаемые IMC Group ISCAR, Sandvik и другими марками широко представленным как в Казахстане, так и во всем мире. Данные инструменты являются оптимальным вариантом, сочетая в себе высокую производительность, качество обрабатываемой поверхности и повышенную износостойкость. При выборе режущего инструмента используем «Общий каталог токарного инструмента» фирмы ISCAR, инструмент включает в себя специальную державку и пластину из твердого сплава [119].

Для наружного продольного и торцевого точения выбираем державку резца E16RSCLCR/L-09 , тип пластины из твердого сплава CCMT 09T304-SM. Для торцевого и продольного растачивания: державка резца SCLCR/L 1616H-09, тип пластины из твердого сплава - Пластина CCMT 09T304-SM.

Окончательный технологический процесс обработки детали стакан с эскизами обработки представлен в приложении В.

5.2 Разработка рациональной технологии изготовления ступицы

Деталь – тонкостенная ступица. Материал Сталь 14ХГС ГОСТ 19281-89 (Материал-заменитель Сталь 15ХСНД ГОСТ 19281-89), легированная сталь после термообработки обладает свойствами необходимыми для ее правильного

функционирования. Сталь хорошо сваривается, ее механические и физические свойства удовлетворяют всем требованиям.

Цель создание рационального технологического процесса штамповки. Анализ данной детали необходимо начинать с анализа ее технологичности. Важнейшими критериями технологичности детали, получаемых вытяжкой являются плавные сопряжения между стенками, а также радиусы закругления между вертикальной стенкой и дном. На основании данных [120] определяем, что для материала детали толщиной $S \leq 6$ мм цилиндрическая деталь должна иметь радиусы закругления: между вертикальной стенкой и дном не менее $2 \div 3$ мм. А остальные скругленные кромки с радиусом $r \geq 2$ мм. На детали эти радиусы соответственно 5 мм и 12,5 мм (рисунок 5.12). Ориентировочные значения допускаемых отклонений диаметра после вытяжки определим из данных таблицы 3 [120, с.230]. Для толщины материала $S = 3$ мм, и диаметра до 150 мм, допускаемые отклонения составляют 1,5 мм.

Значения допускаемых отклонений высоты детали после вытяжки определяем на основании данных таблицы 4 [120, с.230]. Исходя из толщины материала и высоты детали. Для толщины материала $S = 3$ мм, и высоты от 50 до 80 мм, составляет 0,8 мм. Что удовлетворяет заданному условию.

В соответствии с техническими условиями на изделие, в которое входит деталь, размеры не ограниченные допусками должны быть выполнены с полями допусков охватывающие по h14.

Для вытяжки необходимо применять более пластичный, хотя и менее прочный металл, так как в процессе холодной штамповки происходит его наклеп, значительно увеличивающий прочностные характеристики материала. Деталь изготавливается из материала марки 14ХГС (заменители Сталь 15ХСНД или 16ГС), что удовлетворяет заданному условию.

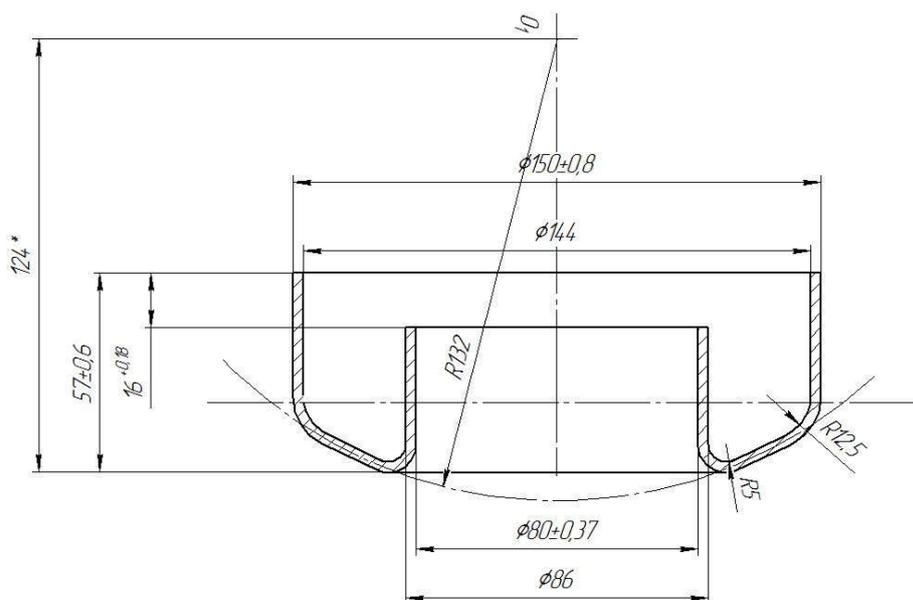


Рисунок 5.12-Чертеж детали «ступица»

Таким образом, данная деталь технологична и для нее возможна разработка технологического процесса штамповки без внесения в чертеж детали каких-либо изменений.

Определение формы и размеров заготовки. Так как у нас осуществляется вытяжка детали с толщиной равной $S=3$ мм, то расчеты ведем по средней линии, принимая расчетный диаметр вытягиваемой детали равный

$$d = d_{\text{нар}} - S, \quad (5.12)$$

где $d_{\text{нар}}$ – наружный диаметр детали.

$$d = 150 - 3 = 147 \text{ мм}$$

Определение размеров заготовки производим с учетом припуска на обрезку, который определяем в зависимости от размеров детали [121]. Припуск по высоте на обрезку цилиндрических деталей без фланца выбирается в зависимости от полной и относительной высоты h/d детали.

$$h/d = 57/147 = 0,3877, \quad h = 57 \text{ мм, принимаем } \Delta h = 3 \text{ мм}$$

Для определения диаметра исходной заготовки произведем промежуточные расчеты. Среднее значение радиусов закруглений вычислим по формуле:

$$r = \frac{5S + 3S}{2} = \frac{5 \cdot 3 + 3 \cdot 3}{2} = 12 \text{ мм} \quad (5.13)$$

В соответствии с [121, с.95] определим диаметр исходной заготовки по формуле, при этом в формуле к номинальному размеру по высоте необходимо прибавить допуск на обрезку:

$$D = \sqrt{d_2^2 + 4hd_2 - 1,72rd_2 - 0,56r^2}; \quad (5.14)$$

Определим диаметр заготовки по средней линии диаметра $d_2=147$ мм, получим:

$$D = \sqrt{147^2 + 4 \cdot 147 \cdot 60 - 1,72 \cdot 12 \cdot 147 - 0,56 \cdot 12^2} = 231,89 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр заготовки $D=232$ мм (рисунок 5.13).

Выбор исходной заготовки и последовательности переходов. В качестве исходной заготовки выбираем холоднокатаный лист толщиной 3 мм, нормальной точности прокатки и нормальной плоскостности. Материалом листа служит низколегированная конструкционная холоднокатаная сталь, имеющая следующие механические свойства (ГОСТ 19281-2014):

- предел прочности $\sigma_e = 500$ МПа;
- сопротивление срезу $\sigma_{cp} = 430$ МПа;
- физический предел текучести $\sigma_m = 345$ МПа;
- относительное удлинение, не менее $\delta_{10} = 21\%$;

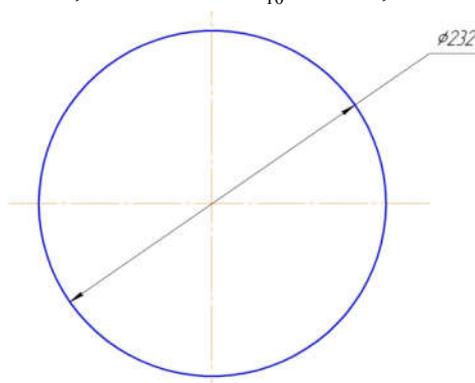


Рисунок 5.13 – Исходная заготовка для дальнейшей вытяжки

Вырубка деталей производится в один ряд при параллельном расположении заготовок. Учитывая технологичность конструкции детали, оптимальным расположением на полосе и на листе является прямой однорядный раскрой.

На основании приведенных выше расчетов устанавливаем следующую последовательность штамповочных операций: вырубка заготовки; вытяжка; пробивка отверстия; отбортовка отверстия; обрезка припуска.

Вырубка заготовки на штампе. Необходимое для вырубки усилие зависит от длины периметра изделия или отверстия, толщины и механических свойств материала, величины зазора и состояния режущих кромок

Усилие при вырубке заготовки [121, с.19]:

$$P = 0,66\pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{cp} = 0,66 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 232 \cdot 430 = 620227,87 \text{ Н} = 620,23 \text{ кН} \quad (5.15)$$

Вытяжка заготовки. Технологические расчеты при вытяжке цилиндрических деталей состоят в определении допустимой степени деформации, нахождении допустимой степени деформации, нахождении требуемого количества последовательных операций вытяжки и подсчете операционных размеров деталей.

Определим относительную толщину заготовки по выражению:

$$\frac{S}{D} \cdot 100\% = \frac{3}{232} \cdot 100\% = 1,3\% \quad (5.16)$$

Допустимая степень деформации при вытяжке находится по экспериментально установленным и практически проверенным коэффициентам

вытяжки, при этом меньшим значениям коэффициентов вытяжки m соответствуют большие деформации.

В соответствии с [121, с. 19] определим наименьшее значение коэффициента первой вытяжки, скорректируем его $m_1=0,63$, что допустимо, так как не перегружает переход вытяжки. Определим диаметр первого перехода по формуле

$$d_1=m_1 \cdot d=0,63 \cdot 232=147 \text{ мм} \quad (5.17)$$

Высоту стакана после первой вытяжки определим по [121, с.124]:

$$h_1=0,25 \cdot \left(\frac{D}{m} - d_1\right) = 0,25 \cdot \left(\frac{232}{0,63} - 147\right) = 55,31 \text{ мм} \quad (5.18)$$

Для нас достаточно получить $h_1=60$ мм (рисунок 5.14).

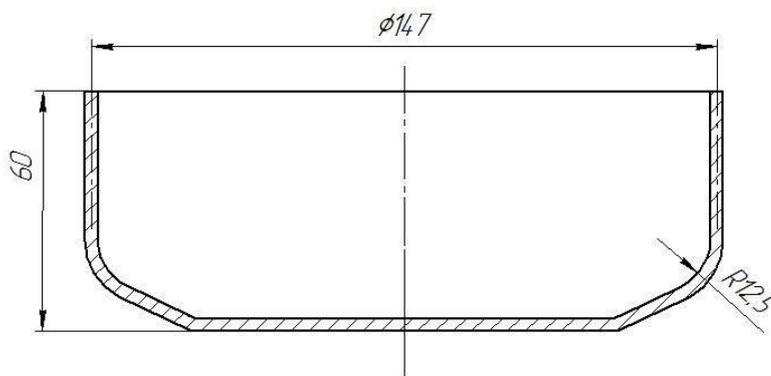


Рисунок 5.14 – Вытяжка ступицы

Необходимость прижима – складкодержателя зависит от потери устойчивости заготовки при вытяжке, которая зависит от степени деформации, относительной толщины заготовки и геометрии вытяжной матрицы. Приближенное условие потери устойчивости заготовки проверяется неравенством [121, с.122]:

$$\frac{S}{D} \cdot 100 \leq 4,5(1 - m_1), \quad (5.19)$$

где m_1 – коэффициент вытяжки, $m_1 = 0,63$,
 $1,3 \leq 1,665$

При вытяжке без прижима - складкодержателя применяют матрицы конической или криволинейной формы – по эвольвенте. В последнем случае достижима более высокая степень деформации.

Пробивка отверстия и отбортовка. Отбортовка это операция, в результате которой по внутреннему или наружному контуру заготовки образуется борт. Диаметр отверстия под отбортовку рассчитываем приближенно по формуле [121, с.218]:

$$d=D-2(H-0,43r-0,72S), \quad (5.20)$$

где D – диаметр отбортованного отверстия, $D_0 = D_{вн} + s = 83$;
 H_0 – высота борта, $H_0 = 41$ мм;
 r – радиус закругления.

$$d = 83 - 2(41 - 0,43 \cdot 12 - 0,72 \cdot 3) = 15,64 \text{ мм}$$

Намеченное технологическое отверстие диаметром 15,64 мм, пробиваем на чистовую в штампе, схема пробивки показана на рисунке 5.15.

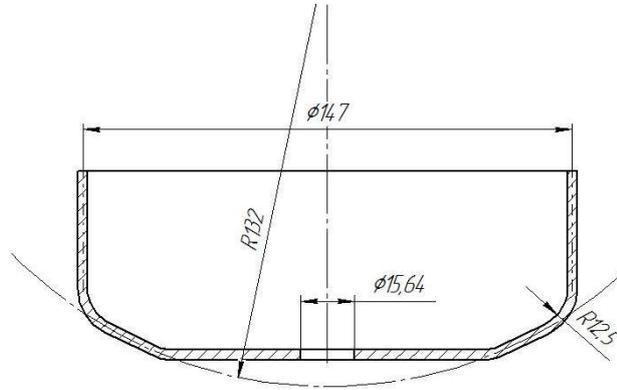


Рисунок 5.15 - Схема пробивки технологического отверстия

Высоту борта найдем по формуле [121, с.218]:

$$H = (D-d)/2 + 0,43r + 0,72S = (83-15,64)/2 + 0,43 \cdot 12 + 0,72 \cdot 3 = 41 \text{ мм}, \quad (5.21)$$

, что соответствует заданной по чертежу.

Схема отбортовки показана на рисунке 5.16.

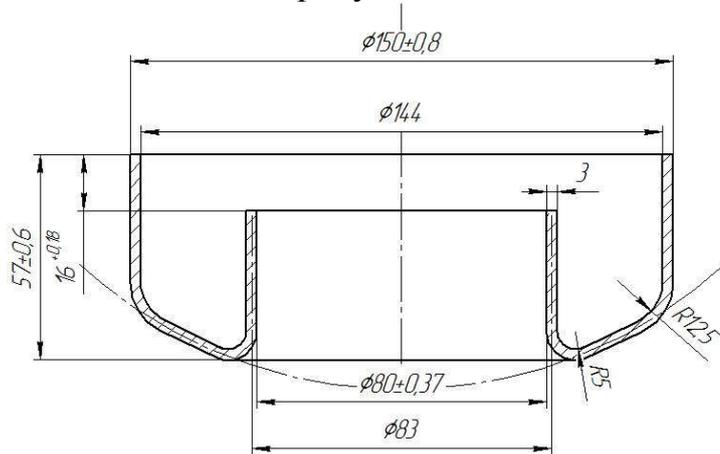


Рисунок 5.16 - Схема отбортовки детали

Степень деформации определяем по коэффициенту отбортовки [121, с.219]:

$$K_{i0a} = \frac{d_0}{D_0} \quad (5.22)$$

где $D_0 = D_{вн} + s = 83$

$$K_{отб} = \frac{15,64}{83} = 0,188$$

Рассчитаем усилия штамповочных операций. Усилие вытяжки [121, с.172]:

$$P_1 = \pi \cdot d_1 \cdot S \cdot \sigma_a \cdot k_1, \quad (5.23)$$

где σ_a - предел прочности материала;

d_1 – диаметр вытянутого стакана;

k_1 – коэффициент первой вытяжки, определяется по таблице 73 [121, с.173], $k_1=0,68$:

$$P_1 = 3,14 \cdot 147 \cdot 3 \cdot 500 \cdot 0,68 = 470,811 \text{ кН}$$

Усилие вырубке отверстия под отбортовку определяется из выражения:

$$P = 0,66\pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{cp} = 0,66 \cdot 3,14 \cdot 15,64 \cdot 3 \cdot 430 = 41,812 \text{ кН} \quad (5.24)$$

Усилие отбортовки:

$$P = 1,1\pi \cdot S \cdot \sigma_t (D - d) = 1,1 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 345 \cdot (83 - 15,64) = 240,804 \text{ кН} \quad (5.25)$$

Выбор прессового оборудования. Основными механическими параметрами для выбора прессы являются усилие штамповочной операции, закрытая высота штампа, габаритные размеры штампа, величина хода. Выбор прессы по величине хода имеет особое значение для вытяжки. Величина хода берется в 2-2,5 раза больше высоты вытягиваемой детали, чтобы обеспечить удобство установки заготовки и удаление детали.

Выбор смазки. Для уменьшения трения между заготовкой и рабочей поверхностью штампа, облегчения съема или выталкивания изделия из штампа применяется смазка заготовки и инструмента. Также, смазка охлаждает штамп, увеличивая этим его стойкость. С целью использования сил трения, возникающих между вытяжным пуансоном и матрицей, рекомендуется смазывать заготовку только со стороны, прилегающей к матрице.

Из всех перечисленных видов смазок для данной детали рекомендуем смазку марки ХС – 163. Для направляющих колонок применяются пластичные смазки, представляющие собой масла, загущенные мылами, парафином или другими веществами. К пластичным смазкам относятся: синтетические солидолы (солидол С, пресс-солидол С), жировые солидолы. Пресс-солидол С предназначен для смазывания узлов шасси автомобилей. Для пробивного и вытяжного штампов подбираем солидол марки Солидол С по ГОСТ 4366-76.

Выбор штампа. В массовом производстве применяют сложные штампы, обладающие высокой стойкостью и средствами автоматического контроля параметров. В серийном используют более простые конструкции и, соответственно, более дешевые в изготовлении. По способу действия

различают штампы простые, последовательные и совмещенные. По количеству операций штампы могут быть одно- или многооперационными. Для данной детали целесообразно выбрать штампы простого действия, так как этот штамп обеспечивает низкую стоимость и простоту использования. Готовая деталь получается за один ход ползуна прессы.

Штамп для отбортовки отверстия. Выбираем стандартный блок с осевым расположением направляющих узлов скольжения, 1 исполнения с плитами из чугуна. Блок изготавливается в соответствии с ГОСТ 21173-83. Стандартные детали блока. Плиты для штампов с осевым расположением направляющих узлов подбираются согласно ГОСТ 13113-83. Колонки направляющие по ГОСТ 13118-83, втулки направляющие гладкие по ГОСТ 13120-83. Выбор хвостовика производится конструктивно по ГОСТ 16716-71. Он служит для крепления верхней плиты штампа к ползуну. Размеры подбираем в зависимости от габаритов штампа конструктивно. Диаметр пуансона d_f вычисляют в зависимости от диаметра отбортовки $D_{\text{отб}}^{+\Delta}$ с учетом некоторого пружинения штампуемого материала и припуска на изнашивание инструмента [120, с.323]:

$$d_f = 1,01(D_{\text{отб}} + \Delta)_{-0,2\Delta} \quad (5.26)$$

где $D_{\text{отб}}$ - номинальное значение диаметра отбортованного отверстия;

Δ - заданный допуск на диаметр отбортованного отверстия, $\Delta = 0,74$ мм.

Матрицу изготавливают по пуансону с зазором $z_{\text{отб}}$. Для заданных размеров отбортованного отверстия $z_{\text{отб}} = 1,5$ мм. Тогда, исполнительные размеры рабочих частей штампа для отбортовки отверстия определяются как:

$$d_{\text{п}} = 1,01(80 + 0,74)_{-2 \cdot 0,74} = 80,547_{-1,48} \text{ мм}$$

размер матрицы

$$d_{\text{м}} = [1,01(D_{\text{отб}} + \Delta) + 1,9 \cdot z_{\text{отб}}]^{+0,1z_{\text{отб}}} = [80,547 + 1,9 \cdot 1,5]^{+0,1 \cdot 1,5} = 83,397^{+0,15} \text{ мм} \quad (5.27)$$

Выбор материалов для изготовления деталей штампа. Материалы, применяемые для изготовления деталей вытяжных, пробивных и штампов для отбортовки приведены в таблице 5.5. Допускается замена указанных материалов на другие с равноценными механическими свойствами, а также снижение твердости термически обработанных деталей штампов до 15 % на расстоянии не более 10 мм от рабочих поверхностей (кромки).

Для изготовления пружин сжатия, растяжения, кручения применяют проволоку диаметром 0,2...8,0 мм по ГОСТ 9389-75 из сталей по ГОСТ 1050-74, а также проволоку диаметром 3...12 мм по ГОСТ 14963-78.

Таблица 5.5– Выбор материалов для изготовления деталей штампов

Детали штампов	Марки материала		Термообработка
	основная	заменители	
Пуансоны и матрицы простой формы	У10, У10А, Х12Ф1	5ХВ2С, Х12М	калить пуансоны до HRC 54...68; матрицы до HRC 56...60
Плиты блоков	чугун СЧ 21-40	Стальное литье 30Л, 40Л	-
Хвостовики	стали 35, 40	Ст4 и Ст5	-
Колонки направляющие	сталь 20	Ст2	цементировать на глубину 0,5...1 мм; калить HRC 58...62, калить HRC 45...60
Втулки направляющие	стали 45, 50		
Пуансонодержатели	стали 35, 45	Ст3	-
Съемники направляющие	сталь 45	сталь 40	-
Съемники	Ст3	сталь 25	
Прижимы, выталкиватели, направляющие планки	стали 40, 45	Ст5	калить HRC 50...54
Ловители, фиксаторы	сталь У8А	сталь У7А	
Винты	сталь 45	-	калить головку HRC 40...45

5.3 Методика прогнозирования шероховатости при токарной обработке, с учетом систематических и случайных параметров

Технологический процесс механической обработки кроме размерной точности, отклонений формы и расположения детали, должен обеспечивать и другие заданные характеристики, такие как волнистость, параметры макроотклонений, шероховатость и др. Поэтому мы хотели бы рассмотреть вопрос качества поверхности, в частности один из ее численных показателей - шероховатость поверхности, и возможность формировать ее еще на этапе проектирования технологического процесса механической обработки. Рассмотреть данную возможность мы хотели бы на примере обработки детали ролика конвейера – стакан (рисунок 5.1). Выбираем токарную операцию, чистовое растачивание внутренней поверхности стакана (приложение В).

Взаимосвязь эксплуатационных свойств деталей машин с параметрами их рабочих поверхностей известна (таблица 5.6) [49, с.138]. На этой основе созданы теоретические и эмпирические уравнения, описывающие эти процессы [122,123]. Формирование необходимых параметров качества поверхности деталей при их обработке является важной задачей. Основными численными параметрами, характеризующими качество поверхностей деталей машин, являются: шероховатость Ra , Rz , $Rmax$, Rp , Sm , S , tp ; волнистость Wz , Wp , Sm_w ;

макроотклонения H_{max} , H_r и физико-химические свойства. Ясно, что физико-химические свойства обусловлены свойствами материала заготовки и являются довольно хорошо изученными. Тогда одним из важных факторов качества поверхности деталей является шероховатость поверхности, на формирование которой влияет множество причин.

Таблица 5.6 – Зависимость эксплуатационных свойств детали от показателей качества поверхности

Эксплуатационные свойства	Ra	Rz	Rmax	Sm	S	tp	Направление неровностей	Wmax	Hmax	H _{μпов}	σ _{пов}
Износостойкость: сухое трение (без смазки)	(+)	(+)	(+)	(+)	-	+	+	(+)	(+)	+	+
жидкостное трение	+	(+)	(+)	+	(+)	+	+	+	(+)	+	+
граничное трение	+	(+)	(+)	+	(+)	+	+	(+)	+	-	-
Усталостная прочность	(+)	(+)	+	(+)	-	-	+	+	(+)	+	+
Контактная жесткость	(+)	(+)	(+)	(+)	-	+	+	(+)	(+)	+	(+)
Виброустойчивость	(+)	(+)	(+)	+	-	+	+	-	(+)	+	(+)
Коррозионная стойкость	(+)	(+)	+	+	(+)	(+)	-	(+)	-	+	+
Прочность сопряжения	(+)	(+)	-	(+)	-	+	+	-	(+)	+	(+)
Плотность соединения	+	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+	(+)	(+)	-	-
Прочность сцепления покрытием	(+)	+	(+)	+	-	(+)	+	(+)	-	+	+
Обтекание газами и жидкостями	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+	+	(+)	(+)	-	-
Теплоотражение	+	(+)	(+)	+	+	(+)	+	(+)	(+)	+	+

Примечания - 1 Обозначения показателей шероховатости даны в соответствии с ГОСТ 2793-73
 2. Wmax – максимальная высота волны; Hmax – макрогеометрические отклонения; H_{μпов} – микротвердость; σ_{пов} – поверхностные остаточные напряжения.
 3. Влияние показателя на свойство детали: (+) – ограниченное; + - основное; - - отсутствует

Мы рассматриваем токарную обработку, чистовое растачивание на токарном станке внутренней поверхности детали стакан, средний параметр шероховатости при данной обработке должен составлять согласно справочным данным в среднем Ra 1.6 мкм. Токарная обработка относится к лезвийной

обработке, условия проведения которой также тесно связаны и оказывают влияние на параметры качества детали (таблица 5.7) [124, с.171]. Поэтому возможность моделирования условий обработки с получением практически применимых результатов дает возможность выполнить прогнозирование требуемых параметров качества поверхности, а значит и требуемые эксплуатационные свойства (такие как долговечность, надежность) уже на этапе проектирования. Появляется возможность уже на этапе проектирования технологического процесса механической обработки, путем моделирования перебирать варианты технологического процесса, менять параметры инструмента, подачу, скорость резания и тем самым влиять на качество обработанной поверхности, избегать брака.

Процесс токарной обработки исследован больше всего и считается самым простым для математического описания, однако это не значит, что его легко можно смоделировать, поскольку на процесс резания влияет очень большое количество факторов. Особенно их количество возрастает в свете сложившейся современной тенденции к увеличению скоростей резания и применения более высокопроизводительных твердых сплавов при резании металлов.

Из [124,с.55-58;125,126] ясно, что основные факторы, влияющие на формообразование поверхности при токарной обработке это:

- вид токарной обработки (наружное точение, растачивание)
- геометрия режущего инструмента,
- вид и материал режущей части инструмента,
- элементы режимов резания (V , n , S , t),
- физико-химические свойства материала заготовки,
- вид и состояние технологического оборудования и оснастки.

Таблица 5.7 – Взаимосвязь параметров качества поверхностного слоя деталей с условиями лезвийной обработки

Параметр	Точность	Hmax	Wz	Sm _n	Ra	Rp	Sm	S
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Подача S, мм/об								
≤ 0,07	-	+	+	+	0	0	+	+
> 0,07	-	+	+	+	+	+	+	+
Скорость резания V, м/мин								
≤ 30	+	-	-	+	+	+	0	-
> 30	+	-	-	+	-	-	0	+
Глубина резания t	-*	+	+	+	+	+	0	0
Углы в плане								
φ	+	-	-	0	+	+	0	0
φ ₁	0	0	0	0	+	+	0	0

Продолжение таблицы 5.7

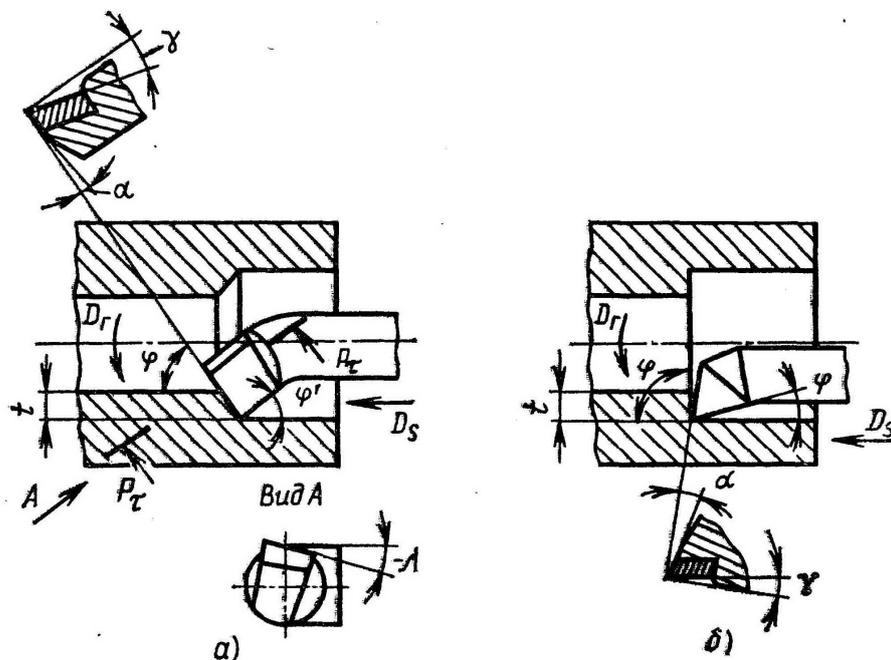
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Передний угол $\gamma > 0$	-*	+	+	0	+	+	0	-
$\gamma < 0$	-*	+	+	+	+	+	0	+
Радиус при вершине r	-	+	+	0	-*	-	0	-
Радиус скругления режущей кромки ρ	-	+	+	0	+	+	0	-
Шероховатость режущей кромки R_{zin}	0	0	0	0	+	+	-	-
Жесткость технологической системы $j_{спиз}$	+	-*	-*	-*	-	-	+	+
Точность станка	+	-*	-*	-*	-	-	0	0
Неравномерность твердости заготовки ΔHB	-	+	+	+	+	+	0	0
Предел текучести материала заготовки σ_T	-	+	+	+	-	-	0	-
Исходные параметры заготовки:	+	-*	-	-	0	0	0	0
Точность	-	+	+	+	0	0	0	0
Волнистость шероховатость	0	0	+	+	+	+	+	+

Примечания - 1. Знак «+» означает, что увеличение или уменьшение данного параметра способствует увеличению или уменьшению соответствующего параметра качества детали.
 2. Знак «-» означает, что увеличение или уменьшение данного параметра способствует увеличению или уменьшению соответствующего параметра качества детали.
 3. Знак «0» означает, что изменение данного параметра практически не влияет на соответствующий параметр качества детали.
 4. Знак «*» свидетельствует, что данный параметр оказывает основное влияние на соответствующий параметр качества детали

Из анализа таблицы 5.7, мы видим, что на качество поверхностного слоя наибольшее влияние оказывает (особенно это видно по параметрам R_a и R_z): подача (при ее значении $S > 0,07$ мм/об), скорость резания, глубина снимаемого слоя и геометрия инструмента. Эти факторы оказывают на образующийся поверхностный слой довольно сложное и неоднозначное влияние [126, с.239-247]. Таким образом, итогом токарной операции является вновь созданный микропрофиль поверхности детали, сформированный за счет копирования инструмента в поверхностном материале детали (любой инструмент можно представить как составляющую его геометрических параметров) и к этому можно наложить процессы пластических (упруго-пластических) деформаций, износ инструмента вызванный физико-механическими свойствами обрабатываемого материала, вибрации при обработке и различного рода случайные составляющие.

Случайные составляющие и вибрации зависят от вида токарной обработки (наружное точение, подрезка торца, растачивание и т.д.), в нашем случае мы рассматриваем обработку внутренней поверхности с продольной подачей.

Внутреннее растачивание относится к одному из сложных для инструмента видов обработки, он работает в тяжелых условиях, чем при наружном точении. Расточной резец (рисунок 5.17) работает в условиях низкого отвода тепла из зоны резания, также форма самого расточного резца имеющего для удобства растачивания меньшее сечение и больший вылет обуславливает экстремальные условия работы инструмента. Эти экстремальные условия могут вызвать прогиб стрелы резца, нежелательные вибрации, частично нивелировать которые можно корректировкой режимов резания, обычно для внутреннего растачивания назначают меньшую толщину срезаемого слоя и меньшие скорости резания. Геометрию расточного резца (рисунок 5.17), как и геометрию классического резца, можно охарактеризовать следующими основными параметрами. При этом основные параметры оказывающие влияние на геометрическое копирование в процессе резания это - φ , φ_1 и γ . Остальные не влияя на профиль обрабатываемой поверхности, тем не менее, оказывают влияние на силы резания и динамику самого процесса резания [127].



а – расточной резец для глухих отверстий; б – расточной резец для сквозных отверстий; φ – главный угол в плане; $\varphi_1(\varphi)$ - вспомогательный угол в плане; α – задний угол; γ – передний угол; λ – угол наклона главной режущей кромки; t – глубина резания

Рисунок 5.17 – Геометрия расточного резца

Главный угол в плане φ . φ участвует в формировании микропрофиля поверхности детали. Чем меньше φ , тем больше ширина среза и угол ϵ лучше отвод тепла. Чрезмерное увеличение этого угла приводит к увеличению силы резания P_x , повышению температуры резания, уменьшается стойкость резца, он больше изнашивается. Главный угол в плане влияет на шероховатость, при увеличении этого угла увеличивается высота риски шероховатости, поэтому при чистовых операциях рекомендуется использовать меньшие значения φ .

Вспомогательный угол в плане φ_1 . Участвует в формировании микропрофиля поверхности детали. При увеличении этого угла увеличивается высота риски шероховатости, повышается стойкость резца вследствие уменьшения работы резания при этом. Уменьшение φ_1 до значений ($\varphi_1 < 5^\circ$) приводит к увеличению износа и большому выделению тепла вследствие активного участия вспомогательной режущей кромки в побочном резании.

Радиус при вершине резца r . Один из основных факторов, влияющих на формирование микропрофиля поверхности за счет геометрического копирования в процессе резания. Увеличение радиуса вершины изменяет условия резания, так как при неизменной подаче и толщине срезаемого слоя растет ширина и уменьшается толщина среза, что приводит к некоторому увеличению стойкости (следовательно, и скорости резания) резца, за счет улучшения теплоотвода. Также увеличение r приводит к уменьшению высоты риска шероховатости, кроме того это приводит к увеличению деформации срезаемого слоя и уменьшению вспомогательного переднего угла.

Передний угол γ . Не участвует непосредственно в процессе геометрического копирования, однако влияет на силы резания и динамику резания.

Задний угол α . Также не участвует непосредственно в процессе геометрического копирования, влияет на силы резания и динамику резания. С увеличением заднего угла уменьшается трение между задней поверхностью резца и поверхностью резания, при этом уменьшается нагрев резца, а следовательно, и его износ со стороны задней поверхности. Однако, значительное увеличение заднего угла приводит к уменьшению угла заострения β , в результате ухудшаются условия теплоотвода и растет износ резца.

Угол наклона главной режущей кромки λ . Влияет на направление схода стружки. При $\lambda > 0$ ударная сила в момент врезания резца приходится не на вершину, а на более прочное место режущей кромки резца, удаленное от вершины, стойкость резца повышается. Оптимальным считается λ при переходе от -10 до $+20^\circ$.

Подача S . Влияет на процесс геометрического копирования, также сильно влияет на силы резания и теплообмен.

Глубина резания t . Влияние сходно с влиянием подачи на силы резания и теплообмен, однако не оказывает непосредственного влияния на формирования микропрофиля.

Учет пластических деформаций, износа инструмента и вибраций при растачивании. Рассмотрим влияние на процесс формообразования микропрофиля поверхности упруго-пластических деформаций, износа инструмента и вибраций возникающих в процессе резания. Реальные микронеровности обработанных поверхностей отличаются от расчетных (рисунок 5.18) [128]. И разница между действительным профилем R_z и расчетным профилем R_{zp} , как раз и вызвана влиянием пластических деформаций, вибраций и износа инструмента. В процессе резания возникают не

только пластические, но и упругие деформации. Доля упругих деформаций относительно невелика и зависит от свойств материала.

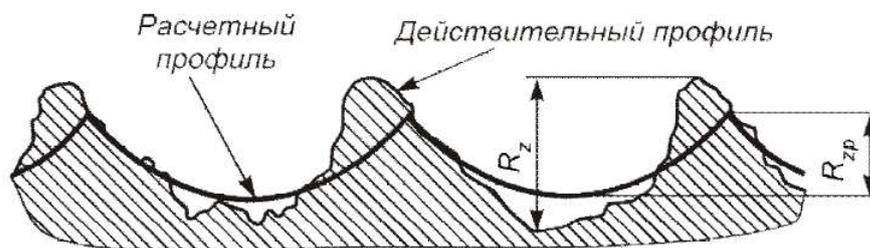


Рисунок 5.18 – Микропрофиль обработанной поверхности

Известно [129], что сопротивление металлов пластическому деформированию определяется не только их химическим составом и структурой материала, но и условиями деформирования в процессе резания. Для процесса резания характерны высокие скорости деформации, большей пластичности способствует нагрев металла при резании. Таким образом, основные процессы, протекающие при резании: деформация в срезаемом слое материала, трение стружки с передней поверхностью резца, дальнейшая деформация материала за линией среза. Деформация материала за линией среза обусловлена пластической деформацией в сторону вершин рисков, по вспомогательной режущей кромке в плане, из зоны пластической деформации. Материал как бы наплывает на риски и увеличивает высоту расчетного профиля. Сила пластического деформирования определяется степенью деформации срезаемого слоя (K_L). Также при резании если материал склонен к наростообразованию, то на обработанной поверхности происходит увеличение высоты неровностей за счет периодически срывающихся остатков нароста. Образование нароста достаточно полно описано в литературе [126, с.105; 129, с.135], для устранения этого нежелательного явления рекомендуется:

- Работать в зоне низких скоростей резания, где нарост не образуется, или выгодно наоборот работать на высоких скоростях резания, в этом случае нарост не задерживается на режущей кромке резца.

- Использовать инструменты с тонкопленочными покрытиями или микролегированием, что изменяет физико-химические свойства контактных площадок инструмента.

- Увеличивать где это возможно передний угол лезвия, при $\gamma=45^\circ$ нарост практически не образуется.

- Применять СОЖ, которая позволяет уменьшить трение на передней поверхности инструмента.

Кроме того изменение высоты рисков могут вызывать микронеровности на лезвии инструмента, которые образуются или возрастают по мере износа резца. Различают следующие виды износа (размерный, линейный, относительный, массовый): линейный износ h_3 – это максимальная ширина площадки износа по

задней поверхности; относительный износ (Δ) определяет скорость изнашивания режущего инструмента относительно какого либо показателя (длина резания, время обработки и т.д.); массовый износ - оценивают через массу изношенной части инструмента в миллиграммах, которая пропорциональна работе сил трения при износе инструмента [129, с.271]. При чистовых режимах обработки как в нашем случае, определяющим становится размерный износ резца – h_p (рисунок 5.19), который измеряется в направлении перпендикулярном обрабатываемой поверхности. Данный износ может влиять на уменьшение (при растачивании) либо увеличение (при наружном точении) размера детали на величину $2h_p$.

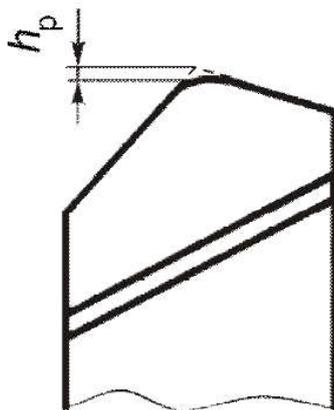


Рисунок 5.19 – Схема размерного износа [129,с.272]

Скорость размерного износа резца, приближенно можно принять для неизменного режима резания изменяющимся пропорционально глубине резания [128,с.84]. При подобном допущении этот процесс описывается как:

$$\frac{dz}{d\tau} = k(t - z) \quad (5.28)$$

где z – координата профиля резца;

τ – время;

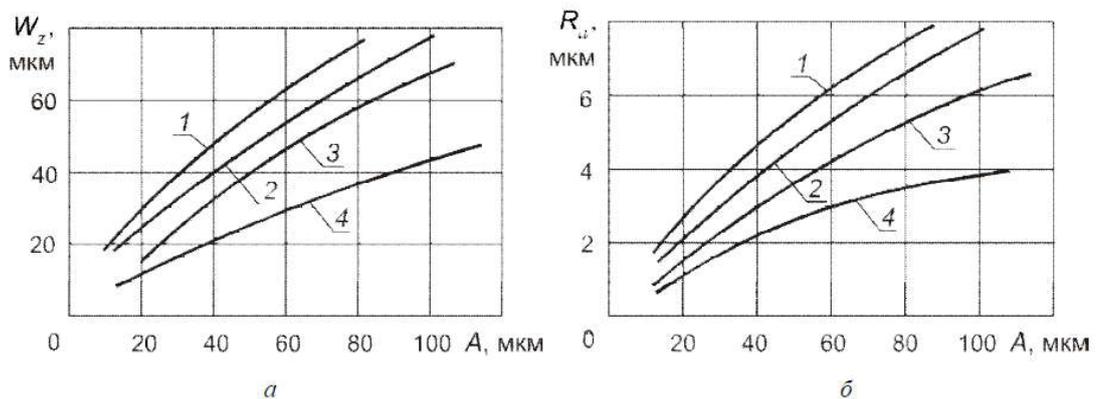
k – коэффициент скорости износа;

t – глубина резания.

Т.е. $\frac{dz}{d\tau}$ или скорость износа по физическому смыслу должна быть пропорциональна t . Коэффициент k определяется физико-механическими свойствами материала резца и детали, путем пройденным резцом за единицу времени или скоростью резания. Координата вершины резца в начале резания $z=0$, глубина резания t , отсюда для данного сечения z глубина резания в данный момент будет равна $t-z$. Данное дифференциальное уравнение позволяет получить динамическую стохастическую модель, которая позволяет прогнозировать размерный износ режущего инструмента. Некоторые параметры уравнения, например, такие как коэффициент износа k также имеют случайную составляющую (хотя и имеющую очень маленький диапазон

разброса), которая связана с физико–механическими свойствами материала инструмента и детали. Все это доказывает, что износ в процессе резания по своей физической сущности представляет непрерывный стохастический процесс, закономерности которого в значительной степени предопределены случайными причинами.

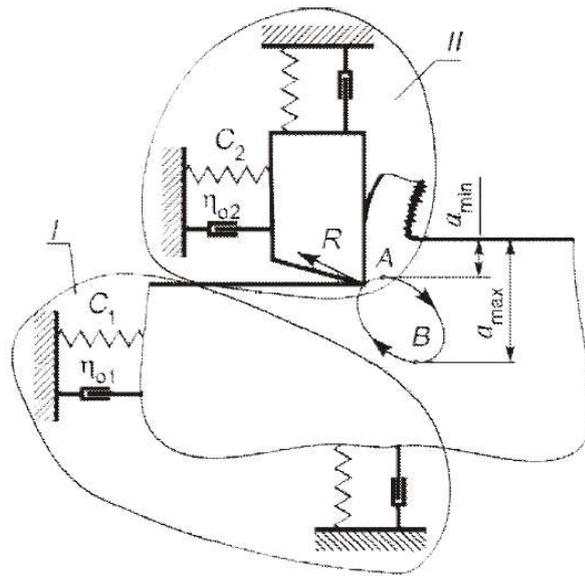
Свою лепту в разницу между реальным и расчетным профилем вносят и вибрации инструмента и заготовки, которые оставляют на обрабатываемой поверхности следы колебаний с амплитудой A . В ходе работы станка основные виды возникающих колебаний (или вибрации) это вынужденные, параметрические, релаксационные и самовозбуждающиеся или автоколебания [126, с.144]. В ряде источников есть более упрощенная классификация колебаний на вынужденные и автоколебания [129, с.203]. Колебания, возникающие в процессе резания и способы борьбы с ними достаточно полно описаны [126, с.144; 129, с.203-212]. Любое воздействие на деталь или режущий инструмент, неоднородность свойств материала, радиальное биение и т.д. все это приводит к собственным затухающим колебаниям системы. Колебания почти всегда приводят к изменениям толщины среза, что в свою очередь отражается на профиле обработанной поверхности. Наряду со стойкостью инструмента и производительностью обработки автоколебания в сильной степени влияют на качество обработанной поверхности. Известно, что с увеличением амплитуд автоколебаний пропорционально ухудшаются параметры шероховатости, растет высота волнистости W_z обработанной поверхности. Это происходит не только при растачивании, но и почти во всех других видах механической обработки (фрезерование, сверление, развертывание и т.д.) волнистость поверхности детали определяется величиной амплитуд и биениями вибраций (рисунок 5.20) [130].



1- стали 08X15H5Д2Т; 2 – стали 12X18H9Т; 3 – титанового сплава Вt-9 (1-3 при $f=140-190$ Гц); 4 – стали 08X15H5Д2Т при $f=500-600$ Гц

Рисунок 5.20– Зависимости волнистости - а (параметр W_z) и шероховатости –б (R_a) от амплитуды автоколебаний при точении [128, с.85]

В реальной системе в процессе резания множество причин может вызвать автоколебания, однако наибольшее влияние оказывают механизмы возмущения автоколебаний в связке технологической системы станок-приспособление-инструмент-деталь (система СПИД). Все элементы системы СПИД отличаются упругими свойствами. Различают две основные системы вызывающие вибрации (рисунок 5.21): система «деталь - опора» (низкочастотные колебания $f=50-300\text{Гц}$) и система «инструмент – опора» (высокочастотные колебания $f=800-3000\text{Гц}$). Обе системы замыкаются в зоне резания. Некоторые параметры системы «деталь - опора» и «инструмент - опора» были рассмотрены в работах [131, 132] соответственно.



I – система «деталь -опора», II – система «инструмент -опора»; η_{01} и η_{02} – обобщенные коэффициенты демпфирования упругих систем; C_1 и C_2 – жесткость демпфирующих колебательных систем

Рисунок 5.21 – Относительное перемещение вершины резца при автоколебаниях [129,с.205]

Одной из теорий возникновения автоколебаний при резании металлов, является запаздывание изменения силы резания при изменении толщины срезаемого слоя [129,с.205; 130,с.104]. Этот эффект не так заметен при наружной однолезвийной обработке, и возрастает при отрезании и фрезеровании. На основании всего этого сегодня существует модель развития автоколебаний при обработке лезвийным инструментом [130, с.207]:

- Известно, что любое воздействие в процессе резания (соприкосновение инструмента с деталью при резании и др.) выводит упругую систему СПИД из равновесия и провоцирует колебания (вибрации) с амплитудой A в срезаемом слое материала.

- Возникающие затухающие собственные колебания вследствие отставания изменения силы резания от изменения толщины срезаемого слоя приводит к

переходу собственных колебаний в автоколебания, при этом их поддерживает энергия создаваемая за счет синхронно изменяющейся, но сдвинутой по фазе силы резания.

- Возникающие на обработанной поверхности вибрационные следы, начиная с второго оборота детали при точении передают при каждом колебании в систему дополнительную энергию (рисунок 5.22).

- Далее наступает равновесие между возбуждающей энергией и рассеиваемой при колебаниях энергией, т.е. устанавливается какой либо уровень автоколебаний.

Как правило, амплитуда автоколебаний непостоянна и периодически меняется, т.е. имеет форму биения. Теоретические методы расчета амплитуды автоколебаний сложны и их проверка экспериментальными способами показывает некоторые погрешности.

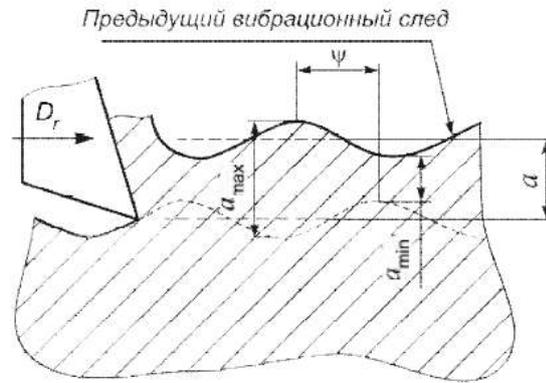


Рисунок 5.22 – Влияние предыдущего вибрационного следа в процессе резания [128, с.87]

Более совершенной конечно можно считать модель системы с двумя степенями свободы, т.е. с колебаниями резца и детали. Колебания рассмотрены в направлении действия наибольшей по величине силы резания P_z (оси z). Рассматриваются два основных элемента технологической системы токарный резец и обрабатываемая деталь. Их уравнения движения представляют систему двух нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка [128, с.87]:

$$\begin{cases} m_p \ddot{z}_p + G_p \dot{z}_p + C_p z_p = Pz \\ m_3 \ddot{z}_3 + G_3 \dot{z}_3 + C_3 z_3 = Pz \end{cases} \quad (5.29)$$

где: m_p – приведенная масса резца (имеется в виду – масса деформирующейся части резца, приведенная к его вершине);

m_3 – приведенная масса детали;

G_p, G_3 – коэффициенты демпфирования резца и детали;

C_p, C_3 – жесткость резца и детали;

Pz – сила резания;

\dot{z}_p, \dot{z}_3 – относительная скорость резания;

Z_p, Z_3 – относительное перемещение резца и детали.

Модель позволяет прогнозировать автоколебания и рассчитывать процесс резания на устойчивость. Однако для данной модели необходимо определить их коэффициенты: приведенную массу, демпфирование и жесткость отдельных элементов технологической системы. Примеры расчета приведенной массы и жесткости для разных вариантов закрепления детали и режущего инструмента мы приводили в работах [131, с.96-101; 132, с.228-231].

Влияние всех этих параметров (деформация, износ инструмента, вибрации) не могут быть рассчитаны точно и являются случайными величинами. Поэтому применение именно стохастического имитационного моделирования для учета данных составляющих является уместным.

5.4 Имитационное стохастическое моделирование формирования шероховатости при токарной обработке внутренних поверхностей

Как уже выяснилось процесс геометрического копирования, который является основой имитационной стохастической модели, зависит, прежде всего, от геометрии режущего инструмента – в нашем случае расточного токарного резца. На формирование шероховатости поверхности влияет множество причин: свойства материала детали, состояние и параметры станка, режущий инструмент его геометрия, вид обработки и т.д. И прогноз возможной шероховатости поверхности после обработки осуществляется, как правило, на основании математического моделирования, которое являясь в любом случае только приближенным к реальному процессу формообразования при растачивании, тем не менее, позволяет получить очень большой объем информации и зачастую может быть даже точнее реальной модели, что позволяет заменить им дорогостоящие эксперименты. Однако для практического применения подходят не все математические модели, поскольку часто они являются громоздкими и сложными, стремясь охватить как можно большее количество влияющих элементов и получить более полную информацию. Сложные и громоздкие модели включающие множество элементов часто нерешаемы, даже на современных вычислительных машинах. Поэтому необходимо находить разумный баланс между практической применимостью и необходимой инженерной точностью именно для данного вида расчетов или для данного вида процесса. И здесь особо можно отметить стохастические модели позволяющие учитывать распределения случайных параметров, на основе которых можно определить не только требуемые средние выходные значения параметров шероховатости (в нашем случае), но также получить их колебания и функции распределения [133, 134]. Стохастическое моделирование как один из видов моделирования имеет широкую область применения, она позволяет рассматривать как динамические, так и статические модели. Если для динамической модели требуется решение дифференциальных уравнений (как показано в работе [131, с. 96-101]), то статические модели могут быть представлены обычными формулами.

Теоретическая связь параметров качества поверхностного слоя подробно исследована и описана в аналитических выражениях в работах А.Г. Суслова [122, с.185] и др. [126, с.239]. Исходя из этого, можно сказать, что при отсутствии нароста в процессе резания на поверхности обрабатываемой детали копируется режущая кромка резца (или можно сказать остается след режущей кромки резца), причем с увеличением скорости резания этот эффект усиливается. И микропрофиль поверхности детали (рисунок 5.23) выраженный в параметрах шероховатости, определяется геометрической формой вершины резца, так же имеющей численное выражение в углах инструмента.

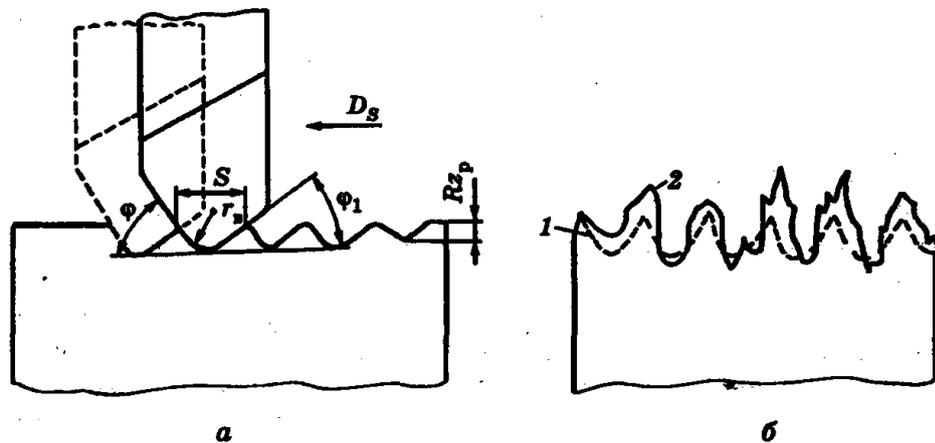
Аналитические выражения для получения расчетной высоты неровностей поверхностей, при различных радиусах при вершине резца.

Радиус при вершине резца равен нулю ($r = 0$)

$$Rz_p = \frac{S \cdot \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)}. \quad (5.30)$$

Вершина резца имеет закругление r_B (при $S > r_B$)

$$Rz_p \approx \frac{S^2}{8r_B}; Ra_p \approx \frac{0.0321 \cdot S^2}{r_B}, \quad (5.31)$$

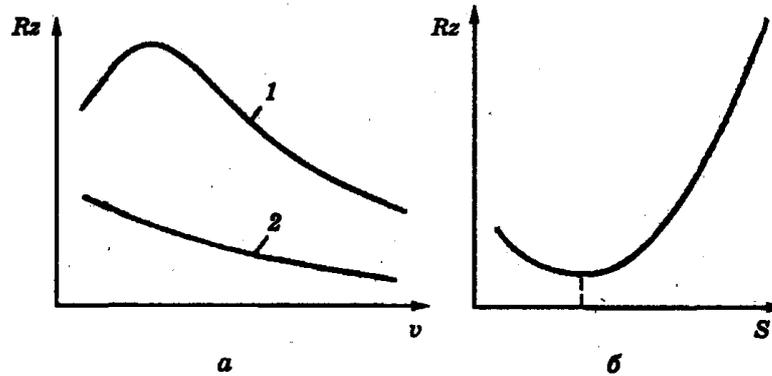


а- профиль шероховатости поверхности образованный резцом; б - профиль шероховатости поверхности искаженный пластической деформацией в процессе резания; 1,2 – соответственно профили образованный резцом и после пластической деформации

Рисунок 5.23 – Влияние геометрии резца на шероховатость поверхности после обработки [126, с.240]

Приведенные формулы (5.30, 5.31) еще раз доказывают, что высота неровностей (или высота рисок микропрофиля обработанной поверхности) тесно связана с геометрией резца и некоторыми параметрами режимов резания и увеличивается при больших значениях S , φ , φ_1 и уменьшении значения r_B , и наоборот. Данные формулы показывают образование шероховатости в идеальных условиях, в реальности на формирование микропрофиля

поверхности как уже говорилось, могут влиять случайные факторы. Существуют данные о влиянии скорости резания на качество поверхности, особенно это видно на графиках (рисунок 5.24). Согласно графикам видно, что скорость, не влияя непосредственно на процесс формообразования микропрофиля, может влиять через динамику резания, чем выше скорость резания, тем выше качество поверхности.



1 – для материалов, образующих нарост; 2 – для материалов не образующих нарост

Рисунок 5.24 – Зависимости а - $Rz=f(V)$ и б - $Rz=f(S)$ [126, с.243]

При токарной обработке, к которой относится и растачивание образуется четыре основных вида рисок на обработанной поверхности (рисунок 5.25).

Форма риски на (рисунок 5.25-а), два радиуса и два линейных участка, получается при обработке с углами режущего инструмента

$\varphi < \arcsin \frac{S}{2r}$; $\varphi_1 < \arcsin \frac{S}{2r}$. Точки сопряжения микропрофиля

поверхности можно найти из выражений, которые являются общими для всех четырех рисунков (5.25 а,б,в,г) [58,с.51]:

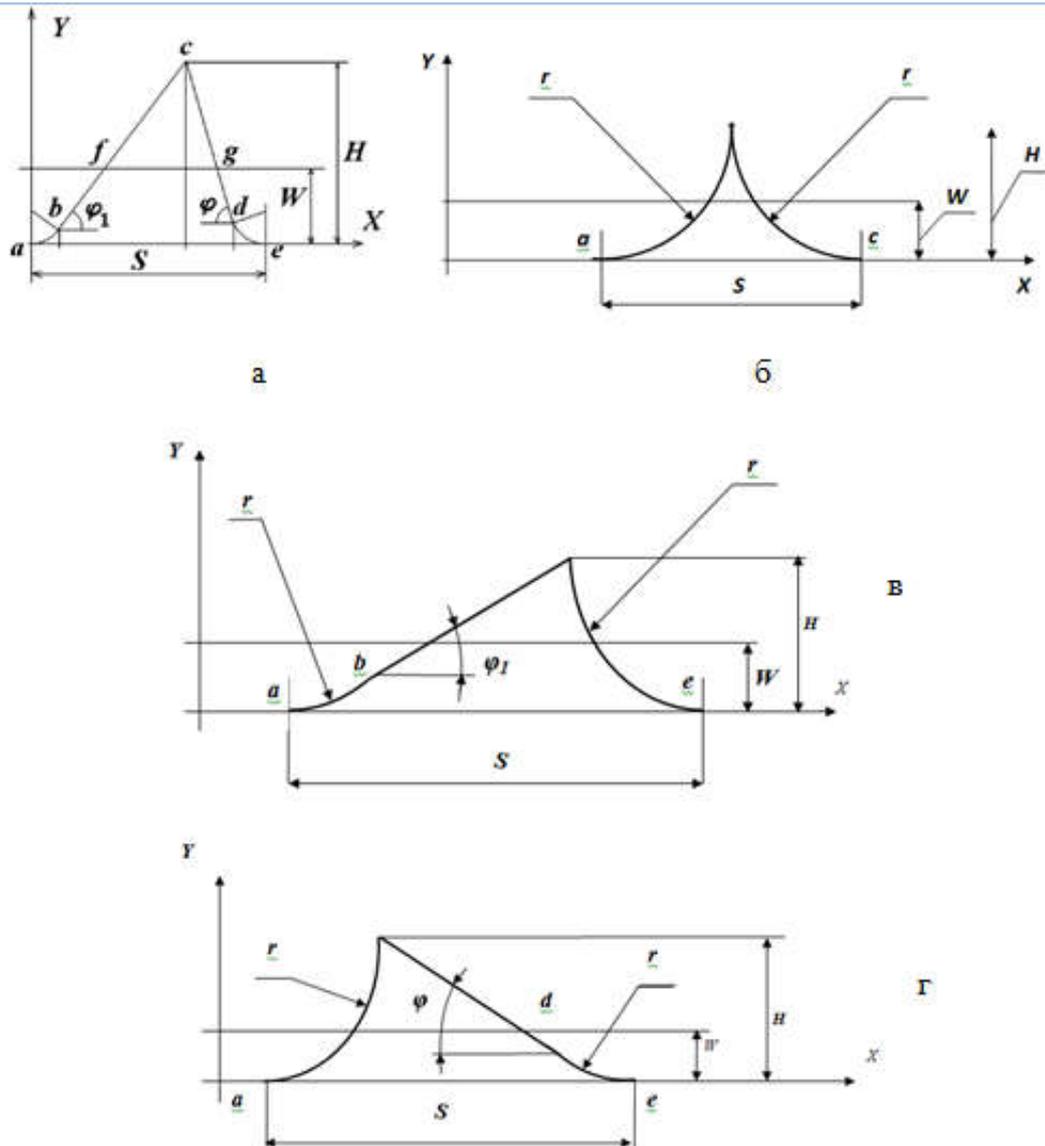
$$x_b = \frac{r}{\sqrt{1+1/\operatorname{tg}^2 \varphi_1}}; \quad y_b = r - \sqrt{r^2 - x_b^2}; \quad (5.32)$$

$$x_d = S - \frac{r}{\sqrt{1+1/\operatorname{tg}^2 \varphi}}; \quad y_d = r - \sqrt{r^2 - (x_d - S)^2};$$

$$x_c = (y_d + y_b + x_d \operatorname{tg} \varphi + x_b \operatorname{tg} \varphi_1) / (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1).$$

На рисунке 5.25-б, при углах резца $\varphi \geq \arcsin \frac{S}{2r}$; $\varphi_1 \geq \arcsin \frac{S}{2r}$, формируется риска с двумя радиусными участками. Остальные так называемые неполные профили рисок, соответственно рисунок 5.25-в и 5.25-г, формируются при углах инструмента $\varphi \geq \arcsin \frac{S}{2r}$; $\varphi_1 < \arcsin \frac{S}{2r}$ и

$\varphi < \arcsin \frac{S}{2r}$; $\varphi_1 \geq \arcsin \frac{S}{2r}$ соответственно.



а – полная форма риска при точении; б – профиль риски в виде двух радиусных участков; г, д – неполный профиль риски

Рисунок 5.25 – Виды профилей риска

Таким образом, исходя из этого, если нам известен вариант микропрофиля риски после обработки (рисунок 5.25), то мы можем определить необходимые параметры шероховатости поверхности исходя из этого профиля и в соответствии с ГОСТ 2789-83 и ГОСТ 27964-88 [58, с.48-50].

$$Ra = \frac{1}{S} \int_0^S |y(x) - W| dx \quad (5.33)$$

где S – подача мм/об;

y – профиль обработанной поверхности;
 W – средняя линия профиля;

$$W = \frac{1}{S} \int_0^S y(x) dx \quad (5.34)$$

Так как при копировании профиля вершины инструмента, параметры шероховатости мы можем определить по микропрофилю одной риски, то вместо базовой длины (l), можно использовать подачу S . Т.е. исходными данными при моделировании являются главный угол в плане φ , вспомогательный угол в плане φ_1 , радиус при вершине резца r и подачу S . Вычисления по формулам (5.33 и 5.34) довольно трудоемки, поэтому можно использовать расчеты шероховатости с помощью численных алгоритмов в программе Excel, где профиль риски представлен в виде табличных данных. Полученная таким образом высота профиля уже не будет одинаковой и интегрирование ведется в пределах базовой длины l . Таким образом это упрощает расчет, фактически являясь имитационной моделью формообразования микропрофиля обработанной поверхности и дает простор для дальнейшей модернизации программы путем внесения дополнительных факторов (случайных факторов) воздействующих на процесс формирования шероховатости. Исходя из принципов стохастического моделирования, на исходные параметры накладывают влияние случайных факторов, это в частности колебания параметров инструмента главного угла в плане φ , вспомогательного угла в плане φ_1 , радиуса при вершине r . Для большого числа влияющих факторов наиболее подходит нормальный закон распределения, который и был принят [133,с.6-10]:

$$\begin{cases} f(\varphi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\varphi} \exp\left(-\frac{(\varphi-\bar{\varphi})^2}{2\sigma_\varphi^2}\right) \\ f(\varphi_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\varphi_1}} \exp\left(-\frac{(\varphi_1-\bar{\varphi}_1)^2}{2\sigma_{\varphi_1}^2}\right) \\ f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_r} \exp\left(-\frac{(r-\bar{r})^2}{2\sigma_r^2}\right) \end{cases} \quad (5.35)$$

Все параметры распределений определяют в соответствии с правилом трех сигм:

$$\begin{aligned} \bar{\varphi} &= \frac{\varphi_{\max} + \varphi_{\min}}{2}; \quad \bar{\varphi}_1 = \frac{\varphi_{1\max} + \varphi_{1\min}}{2}; \quad \bar{r} = \frac{r_{\max} + r_{\min}}{2}; \\ \sigma_\varphi &= \frac{\varphi_{\max} - \varphi_{\min}}{6}; \quad \sigma_{\varphi_1} = \frac{\varphi_{1\max} - \varphi_{1\min}}{6}; \quad \sigma_r = \frac{r_{\max} - r_{\min}}{6}; \end{aligned} \quad (5.36)$$

Таким образом, в основе имитационной стохастической модели лежит детерминированная модель с определенным набором исходных параметров. Исходными параметрами для расчета являются:

- максимум и минимум главного угла в плане φ ;

- максимум и минимум вспомогательного угла в плане φ_1 ;
- максимум и минимум радиуса при вершине резца r ;
- подачи S ;

Глубина резания при геометрическом копировании режущей части инструмента в материале заготовки не учитывается, т.к. высота образующей риски от глубины не зависит. Косвенно глубина резания влияет только на упругие отжатия и, следовательно, на сьем металла, также может приводить к вибрациям, которые на шероховатость влияют мало, а определяют волнистость поверхности.

Для случайной составляющей входных параметров задаем закон их распределения (вид закона, входные параметры). Количественное значение расчетов (прогонов) при стохастическом моделировании (N), задается исходя практического опыта, далее это значение можно уточнить в соответствии с достоверностью определения выходных параметров или доверительного интервала. В нашей модели значение N составило 200 прогонов. На основании данных был составлен алгоритм программы для расчета законов распределения шероховатости при имитационном стохастическом моделировании (рисунок 5.26).

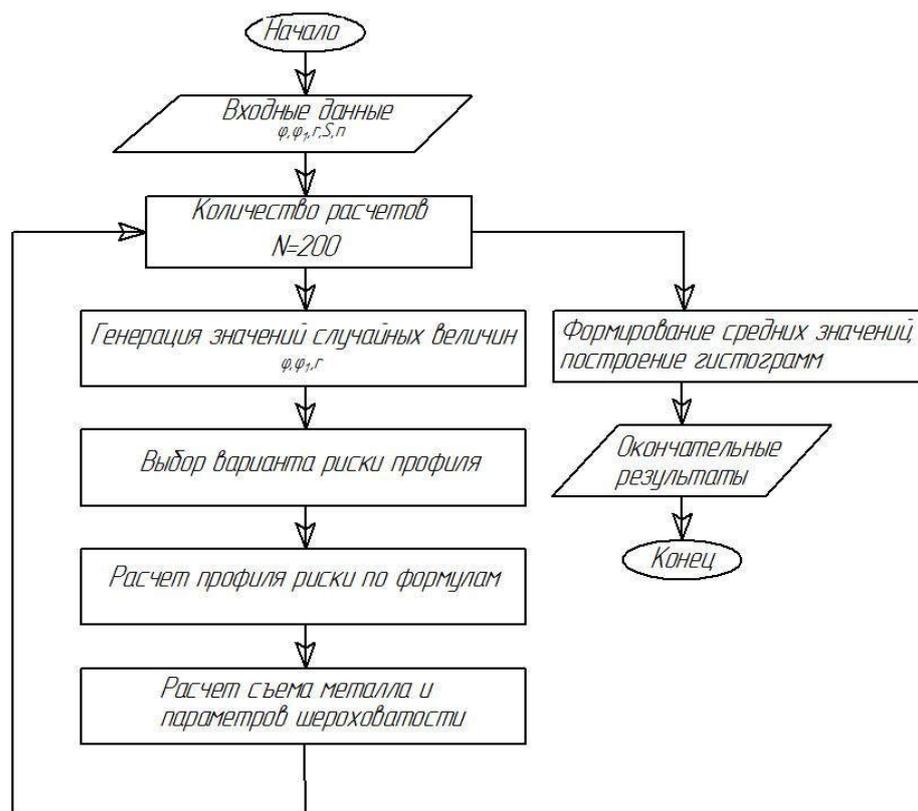


Рисунок 5.26 - Алгоритм программы для расчета законов распределения шероховатости

Согласно алгоритму (рисунок 5.26) после ввода исходных данных идет генерация случайного разброса данных φ , φ_1 , r , задается количество расчетов N . По известным ограничениям ($r > 0$ или $r = 0$, значения φ , φ_1) выбирается вариант

риски, после чего по формулам рассчитываются точки сопряжения риски, и рассчитывается ее профиль. После расчета профиля риски идет ее обработка, и программа может рассчитать средние значения шероховатости, их разброс и получить кривые плотности распределения каждого из параметров, в нашем случае это значения $R_{\text{ар}}$, $R_{\text{ама}}$, $R_{\text{амин}}$ и кривые полигона распределения R_a .

С учетом всех приведенных выше ограничений и на основании стохастической имитационной модели была создана программа для расчета шероховатости при растачивании внутренней поверхности, позволяющая при введении параметров резания прогнозировать численные параметры профиля обработанной поверхности, в частности распределение R_a , $R_{\text{ар}}$ и некоторые другие (приложение Б).

Хотелось бы отметить, что применение ЭВМ позволяет учитывать при необходимости множество факторов кроме перечисленных выше, это вибрации, деформации при резании, неравномерность подачи, оборотов шпинделя и т.д., решение по использованию того или иного параметра принимаются исходя из условий резания, изношенности станка, года выпуска станка, типа режущего инструмента, вида твердого сплава, жесткости системы СПИД. При этом моделирование систем является приближением к реальной системе. Моделирование позволяет сократить время и во многом уменьшить расходы на исследования. Например, если при исследовании процесса точения необходимо использование другого резца или изменение режимов резания, это требует в лучшем случае покупку инструмента и практическое апробирование режимов резания. При моделировании этого исследования на ЭВМ, требуется только переработка созданной ранее модели и адаптация под новые условия резания.

5.5 Методика планирования и результаты экспериментальных исследований

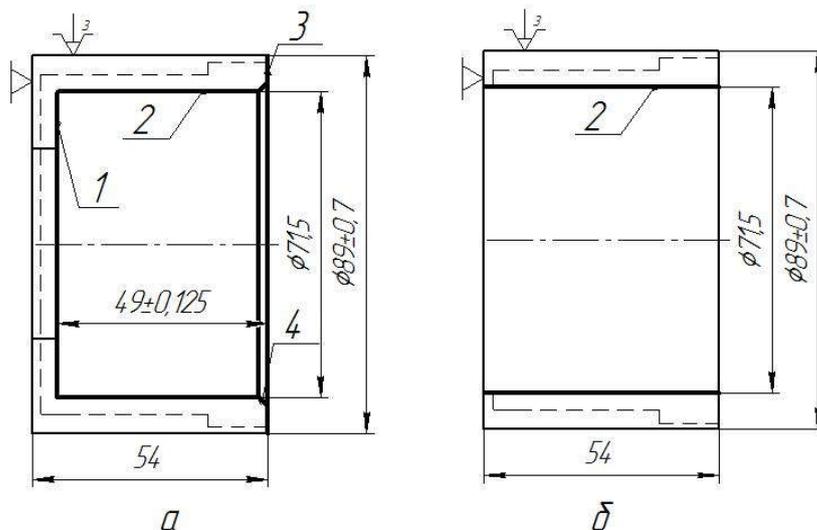
Провести оценку адекватности модели стохастического имитационного моделирования и предложенного на основе алгоритма программы для ЭВМ «Расчет законов распределения параметров шероховатости при точении» (приложение Б) можно экспериментальным путем. Имитационная стохастическая модель создана для токарной обработки внутренней поверхности, на основе технологического процесса механической обработки детали стакан ролика, была выделена операция 010 - растачивание внутренней поверхности 2, ($\varnothing 70,5/\varnothing 71,5$) (рисунок 5.27 -а).

Для упрощения технологической составляющей при проведении эксперимента, схема обработки была акцентирована на внутренней обработке без ущерба для точности (рисунок 5.27-б).

Исходные данные для моделирования и эксперимента:

- вид обработки – внутреннее растачивание;
- оборудование – токарно-винторезный станок;
- закрепление в трехкулачковом самоцентрирующем патроне $\varnothing 315\text{мм}$;
- режущий инструмент – резец расточной (Резец 2140-0009 Т15К6 ГОСТ 18882-73), сечение резца 25x25, общая длина $L=200\text{мм}$; вылет резца $l=70\text{мм}$;

- Геометрия режущего инструмента - главный угол в плане $\varphi=60^{\circ}$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1=30^{\circ}$, Радиус при вершине резца $r=0,2$;
- Погрешности геометрии инструмента до обработки: $\varphi = 60\pm 2,5^{\circ}$, $\varphi_1=30^{\circ}\pm 2,5^{\circ}$, $r = 0,2^{+0,2}$ мм.
- Режимы резания – подача $S=0,09$ мм/мин, глубина резания на сторону $t=0,5$ мм, обороты шпинделя при резании $n= 630$ об/мин;
- материал обрабатываемой детали – сталь 30.
- Заготовка труба в состоянии поставки, труба 89x11 – 30 ГОСТ 23270-89



а- действительный чертеж детали; б – упрощенная модель для эксперимента

Рисунок 5.27 – Эскиз детали и схема установки при растачивании внутренней поверхности

Была произведена обработка партии деталей, всего двенадцать (рисунок 5.28), с последующим измерением шероховатости внутренней обрабатываемой поверхности на профилометре.

Обработка деталей (рисунок 5.29) производилась на станке 16К20 (год выпуска 1979).

Характеристики станка 16К20:

- Частота вращения шпинделя: наибольшая – 1600 об/мин, наименьшая – 12,5 об/мин;
- максимальное сечение обрабатываемой детали: 310 мм – над выемкой, 220 мм – над суппортом, 400 мм – над станиной;
- быстрые перемещения (скорость): поперечные – 1,9 м/мин, продольные – 3,8 м/мин;
- пределы шагов: 56–0,5 для модульных и питчевых резьб (измеряются, соответственно, в модулях и в диаметральных питчах), 0,5–112 ниток/дюйм для дюймовых и 0,5–112 мм для метрических;
- максимальная длина заготовки – 2000 мм;

- число подач – 24 и 22 (для поперечных и продольных подач, диапазон, соответственно, 0,025–1,4 мм/об и 0,05–2,8 мм/об);
- число скоростей шпинделя (прямых) – 22;
- сечение отверстия в шпинделе – 52 мм.



Рисунок 5.28 – Партия обработанных деталей



Рисунок 5.29 - Обработка образцов на станке 16K20

В ходе эксперимента, после обработки каждой заготовки резец убирали и закрепляли вновь на резцедержателе станка для создания погрешности установки по углу ϕ . Для приближения к реальному производственному процессу использовано три резца с напаянными пластинами из твердого сплава Т15К6 (рисунок 5.30), смена резца после обработки каждой заготовки, т.е. каждый резец, обработал четыре заготовки.



Рисунок 5.30- Расточные резцы, использованные для обработки

После обработки деталей на станке с одинаковыми режимами резания были произведены измерения образцов с использованием профилометра Surftest SJ-210, с каждого образца снимали профилограмму (приложение Р). Данные измерений занесены в таблицу 5.8.

Таблица 5.8 - Значения полученных параметров шероховатости Ra

Образец №	Ra (мкм)	Образец №	Ra (мкм)
1	1,710	7	1,690
2	1,634	8	1,524
3	1,577	9	1,451
4	1,533	10	1,449
5	1,689	11	1,780
6	1,507	12	1,733

Измерения шероховатости производились на базе предприятия ТОО СП «КАЗЭЛЕКТРОПРИВОД» (г.Алматы). Профилометр Surftest SJ-210, производитель фирма **Mitutoyo (Япония)** (рисунок 5.31 а,б).

Профилометр SJ-210 может работать как от сети переменного тока, так и от портативного источника постоянного тока (батареи). Отличительные особенности профилометра: не зависит от наличия электросети на месте измерений; анализ шероховатости в соответствии с международными стандартами (EN ISO, VDA, ANSI, JIS); отражаются результаты расчетов, оценка профилей, кривая распределения, амплитуд и относительная опорная кривая профиля; поддержка 21 языка.

Технические характеристики профилометра Mitutoyo Surftest SJ-210:

Привод

Диапазон измерения	16 мм 4,8 мм (S-тип)
Диапазон перемещения	17,5 мм 5,6 мм (S-тип)
Скорость измерения	0,25 мм/с; 0,5 мм/с; 0,75 мм/с

Датчик	
Метод измерения	Дифференциальная индуктивность
Диапазон измерений	360 мкм
Щуп	Алмазный наконечник
Радиус опоры	40 мм
Индикация	
Профили	Профиль шероховатости (R), R -Motif, DF-Профиль и другие
Стандарты шероховатости	EN ISO, VDA, JIS, ANSI и пользовательские настройки
Цифровой фильтр	Фильтр Гаусса, 2CR75, PC75
Длина отсечки	λ_s : 0,08 мм; 0,25 мм; 0,8 мм; 2,5 мм λ_s : 2,5 мкм; 8 мкм
Допуск	Цветная индикация верхнего/ нижнего допусков
Интерфейс	USB, Digimatic, RS-232C, педальный переключатель



Рисунок 5.31 – Профилومتر SurfTest SJ-210

После проведения эксперимента было произведено моделирование формирования шероховатости поверхности при растачивании для данных режимов резания с применением геометрических параметров использовавшегося при обработке инструмента. Для моделирования применяем

программу для ЭВМ «Расчет законов распределения параметров шероховатости при точении».

При моделировании условий обработки нам необходимо учесть состояние оборудования, а именно токарно-винторезного станка 16К20. Дата выпуска данного станка 1979г., поэтому состояние станка при визуальном осмотре оценивается как удовлетворительное, однако заметно присутствие вибраций при обработке, которые конечно будут иметь последствия для формирования шероховатости. Поэтому в модель необходимо внести коррективы, связанные с динамикой резания, а точнее с состоянием станка и вибрациями, возникающими при обработке и вызванными скорее возрастом станка. Для расчета вибрационной составляющей при расчете шероховатости нам необходимо скорректировать имитационную стохастическую модель и внести в него изменения связанные с силами, действующими при резании и упругие отжатия резца при растачивании.

Расчет силы резания при растачивании [105, с.371]:

$$P_z = 10C_p t^x S^y V^n K_p \quad (5.37)$$

По данным справочника $C_p = 300$, $K_p = 1,55$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$.

Из данных по обработке режимы резания: $t = 0,5$ мм, $S = 0,09$ мм/об, $n = 630$ об/мин, $D = 71,5$ мм.

Откуда $V = \frac{\pi D n}{1000} = 141$ м/мин, $P_z = 178$ Н.

Упругие отжатия можно рассчитать:

Изгибная деформация резца под действием силы резания:

$$\Delta z = P_z / C \quad (5.38)$$

где C – жесткость технологической системы (н/мм).

Жесткость консольно закрепленной балки из курса сопротивления материалов:

$$C = \frac{3EJ}{L^3} \quad (5.39)$$

где E – модуль упругости (для стали $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ н/м²);

L – вылет резца ($L = 0,07$ м);

J – момент инерции сечения резца (резец прямоугольного сечения 25x25мм), $J = \frac{ab^3}{12} = 3,255 \cdot 10^{-8}$ м⁴.

Подставив полученные данные в формулу (5.39) для расчета жесткости, получим $C = 5,98 \cdot 10^4$ н/мм. Подставляя R_z и C в формулу (5.38) получаем упругие отжатия $\Delta z \approx 3$ мкм.

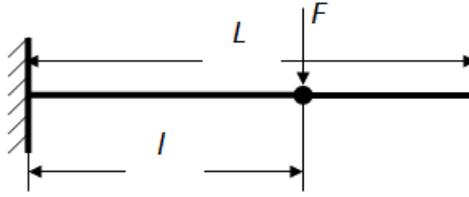


Рисунок 5.32 – Схема консольного закрепления резца

По А.Г.Суслову [135], вибрационная составляющая шероховатости складывается с составляющей шероховатости от геометрического копирования:

$$h_2 = \frac{h'_2}{\sqrt{\left(1 - \frac{\lambda^2}{\omega^2}\right)^2 + T_h^2 \lambda^2}} \quad (5.40)$$

где ω - частота собственных колебаний,

λ - частота вынужденных колебаний.

T_h – постоянная времени демпфирования;

h'_2 - статическое перемещение инструмента под действием разности действующих сил;

$$h'_2 = \frac{C_y S_{ypy} V_{Zpy} [HB_{max}^n \cdot t^{xpy} - HB_{min}^n (t - R_{Z_{исх}})^{xpy}]}{HB_{cp}^n} \left(\frac{1}{j_{ст}} + \frac{1}{j_{инс}} + \frac{1}{j_{заг}} \right),$$

также приближенно можно рассчитать $h'_2 = K \cdot \Delta z$, где $K \approx 0.2$ [136]

Для нашего случая $T_h = 0$, тогда формулу (5.40) можно преобразовать в вид

$$h_2 = \frac{h'_2 \omega^2}{\omega^2 - \lambda^2} \quad (5.41)$$

Для расчета частоты собственных колебаний необходимо рассчитать приведенную массу [137].

$$m_0 = \frac{m_i \cdot f_i^2}{f_0^2} \quad \text{или} \quad m_0 = \frac{L}{f_0^2} \int_0^L m \cdot f^2 dx \quad (5.42)$$

Величина прогиба при консольном закреплении резца (рисунок 5.32).

Выражение для $l < x \leq L$ получено из условий совпадения прогиба и его производной в точке действия силы ($x = l$).

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{C} \left[\frac{3}{2} \left(\frac{x}{l} \right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{x}{l} \right)^3 \right] & \text{при } x \leq l \\ \frac{1}{2C} \left(\frac{3x}{l} - 1 \right) & \text{при } l < x \leq L \end{cases} =$$

$$= \begin{cases} \frac{lx^2}{6EJ} \left[3 - \frac{x}{l} \right] & \text{при } x \leq l \\ \frac{l^3}{6EJ} \left(\frac{3x}{l} - 1 \right) & \text{при } l < x \leq L \end{cases} \quad (5.43)$$

$$m = \frac{\rho \cdot a \cdot b}{f_0^2} \int_0^L \left[\frac{Lx^2}{6EJ} \left(3 - \frac{x}{L} \right) \right]^2 dx = 0,038 \text{ кг} \quad (5.44)$$

где $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали;

m_i - масса над местом прогиба балки;

f_i - статический прогиб в различных сечениях балки;

$f_0 = 1/C$ – максимальный относительный прогиб.

Тогда частота собственных колебаний равна: $\omega = \sqrt{C/m} = 39700 \text{ Гц}$

Частота вынужденных колебаний определяется эксцентриситетом детали и частотой ее вращения: $\lambda = 2\pi n/60 = 66 \text{ Гц}$.

В связи с тем, что вынуждающая частота на несколько порядков меньше собственной, получаем из формулы (5.41) $h_2 = h_2' = 0,2 \cdot \Delta z = 0,6 \text{ мкм}$.

Фактически это значит, что распределение значений параметра шероховатости сдвинется в сторону увеличения на 0,6 мкм. После корректировки программы, вводим известные исходные данные в программу для расчета профиля поверхности (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Исходные данные (скриншот), вводимые в программу для расчета

входные параметры					дополнительные параметры					
геометрические параметры			режимы резания		угол поворота ω					
$\Phi_{\min} =$	57,5		$n =$	630	шаг по углу					12
$\Phi_{\max} =$	62,5		$S =$	0,09	кол-во рисок					1
$\Phi_{1\min} =$	27,5	$d =$	71,5		шаг вдоль оси					0
$\Phi_{1\max} =$	32,5	$V =$	2,358550685		кол-во листов					200
$\Gamma_{\min} =$	0,2	$K =$	0							
$\Gamma_{\max} =$	0,4		141,5130411							
Расчет										
Результаты расчета										
фактическая геометрия резца										
$\Phi =$	60,95677	60,26307679	59,94349299	59,1934748	59,42964171	58,48185351	59,15058	59,24341	60,64355	59,84228
$\Phi_{1\min} =$	29,8222	29,65898606	31,09626447	29,0700809	30,67102462	31,58245413	30,271084	30,58991	29,00462	29,55972
$\Gamma =$	0,324871	0,248597238	0,235471806	0,26289908	0,322774102	0,307183247	0,3215193	0,343975	0,301328	0,290758
$h =$	0,003132	0,004106775	0,004339871	0,00387992	0,003152262	0,003313954	0,0031647	0,002956	0,003379	0,003503
топографические параметры										
$Ra =$	0,018144	0,018143594	0,018143594	0,01814359	0,018143594	0,018143594	0,0181436	0,018144	0,018144	0,018144
Сост	0,079267	0,079267131	0,079267131	0,07926713	0,079267131	0,079267131	0,0792671	0,079267	0,079267	0,079267
L	1,135629	1,135629445	1,135629445	1,13562945	1,135629445	1,135629445	1,1356294	1,135629	1,135629	1,135629

Примечание - Фактически геометрия резца, полученная генерацией их случайных значений в заданных пределах, определена в 200 вариантах

Далее были генерированы случайные значения геометрических углов реза в заданных пределах, рассчитан профиль риски и получены следующие расчетные значения R_{cp} и распределение R_a (таблица 5.10) и полигон распределения параметра R_a (рисунок 5.33). Полигон распределения (рисунок 5.33), характеризует разброс шероховатости и причины этого разброса: погрешности геометрии инструмента и вибрации. Ясно, что параметры шероховатости после обработки (и это видно на основе расчета по программе) не могут быть точными и одинаковыми у группы деталей, даже при одинаковых режимах резания.

Таблица 5.10 – Распределение значений R_a (скриншот, значение R_a в мм)

Ra:						
Колич.интервалов k:		7		h=	0,000094 (max-min)/колич.интервалов	
Хлев	Хправ	Хс	m	fэкср	fнорм	экср-норм) ² /норм
0,001242	0,001336	0,001289	8	425,691832	624,686269	63,389877
0,001336	0,001431	0,001384	54	2873,419868	2311,854195	136,408259
0,001431	0,001525	0,001478	72	3831,226491	3792,340376	0,398733
0,001525	0,001620	0,001572	48	2554,150994	2757,417759	14,984083
0,001620	0,001714	0,001667	12	638,537748	888,681656	70,409886
0,001714	0,001809	0,001761	3	159,634437	126,951621	8,413965
0,001809	0,001903	0,001856	1	53,211479	8,038568	253,850185
sr	0,001488224		198		ХИ2=	5,525214
sig	0,000104696				ХИ2(a, k-3)=	9,487729
ХИ2ОБР(0,05; \$E\$10-3)						

Плотность распределения подчиняется нормальному закону (проверка по критерию χ^2) с параметрами $R_{a_{cp}} = 1,488$ мкм, $\sigma_{Ra} = 0,105$ мкм (таблица 5.10), эти данные получены программой в результате расчета более 200 значений шероховатости при токарной обработке внутренней поверхности.

Где параметр σ_{Ra} – средне-квадратичное отклонение или дисперсия в выборочной совокупности.

$$\sigma_{Ra} = \sqrt{\frac{\sum (Ra_i - Ra_{cp})^2}{n-1}} \quad (5.45)$$

По правилу трех сигм для нормального закона

$$Ra_{cp} - 3\sigma_{Ra} < Ra < Ra_{cp} + 3\sigma_{Ra}:$$

$$1,173 \leq Ra \leq 1.803 \text{ мкм.}$$

Экспериментальные данные (таблица 5.8) укладываются в этот диапазон полученного нами теоретического разброса шероховатости, что подтверждает адекватность модели.

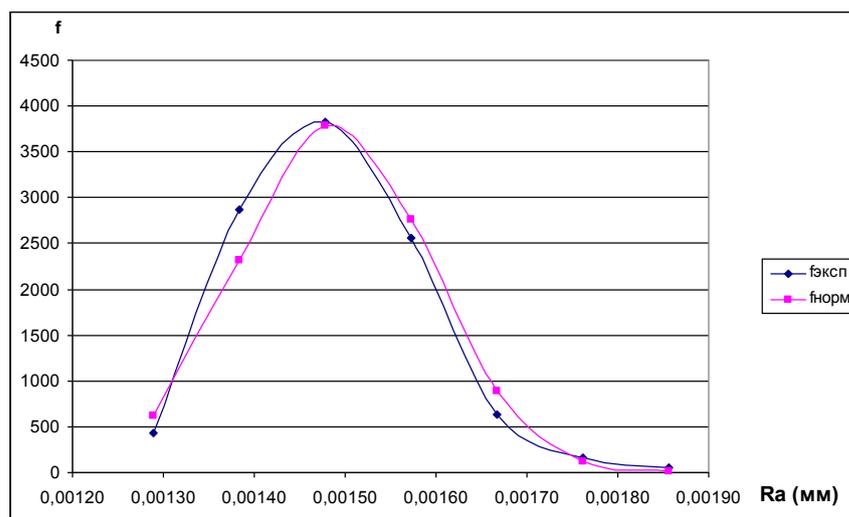


Рисунок 5.33 – Полигон распределения параметра Ra(мм)с учетом сдвига по вибрации

Полученные результаты позволяют утверждать, что имитационная стохастическая модель формирования шероховатости адекватна реальному процессу при растачивании внутренней поверхности и позволяет получать не только средние значения, но и гистограммы распределения параметров шероховатости. Также это дает возможность прогнозировать шероховатость обрабатываемой поверхности на стадии проектирования и соответственно подбирать необходимые режущие инструменты, оборудование и режимы резания для достижения необходимой шероховатости.

5.6 Расчет экономической эффективности внедрения ролика

Для расчета экономической эффективности предварительно проведем расчет срока службы изделия ролик новой конструкции. Определение срока службы любого изделия является сложной задачей, которая во многом основывается на статистических и опытных данных, а также фактических нагрузках испытываемых элементами изделия.

В разной литературе срок службы роликов представлен различно, например из [3,с.47] в среднем для ленточных конвейеров, используемых в горнорудной промышленности, ресурс конвейерных роликов в узлах загрузки составляет от 0,5 до 1,0 года, а по ставу конвейера – от 0,7 до 2,5 лет (в среднем 1,7 года). Расчетный срок службы среднего, наиболее нагруженного ролика, при ширине ленты 1800–2000 мм принимается равным 35 тыс.ч. при загруженности подшипникового узла не более 60–80 % от номинальной.

В.Ф.Монастырский [74,с.151] представляет график (рисунок 5.34), где показаны зависимости срока службы от скорости ленты и при скорости например 2м/с срок службы составляет около 16 тыс.ч. Также мы видим на графике после скоростей 1-1,5 м/с срок службы ролика падает что конечно

связано с возрастанием динамических нагрузок на ленту и соответственно ролики.

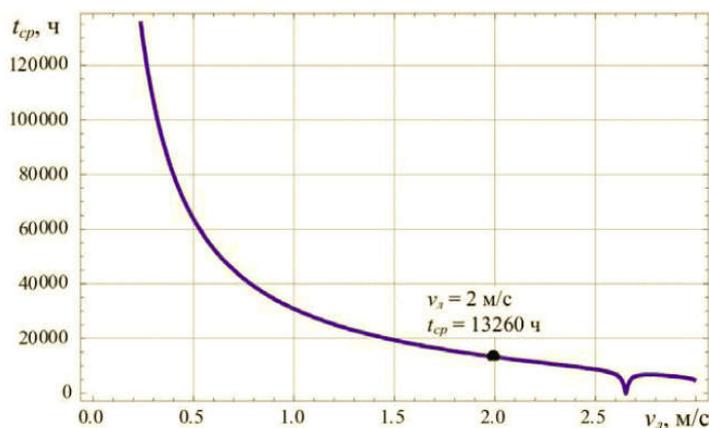


Рисунок 5.34 – График зависимости среднего срока службы ролика от скорости конвейера для жестких роlikоопор

В ГОСТ Р51984-2002 «Конвейеры шахтные ленточные» дается 90% ресурс роликов ленточных при нормальной скорости ленты, как пример можно рассмотреть ролик диаметром 159мм при скорости ленты 2м/с, его 90% ресурс составляет 11тыс.ч. машинного времени.

Т.е. мы видим, что несмотря на небольшую разницу, для линейной секции конвейера при средних скоростях от 1,5 до 3м/с различные источники литературы дают, в общем, одинаковую картину, расчетный срок службы роликов составляет в зависимости от скорости ленты 35-40тыс.ч., действительный срок службы сильно различается и для роликов горнорудных предприятий составляет от 5 тыс.ч. до 18 тыс.ч машинного времени (для отдельных случаев максимально 30 тыс.ч). Нередко в различных источниках, чаще рекламного характера заявляется работа ролика конвейера от 50тыс.ч. до 90тыс.ч, однако почти всегда делается оговорка что срок гарантии на изделие 1год, это приводит нас к выводу что данные показатели завышены и скорее являются расчетными данными.

В данном случае нам хотелось бы рассчитать срок службы для ролика новой конструкции (рисунок 3.1).

Технические характеристики ролика:

- Диаметр ролика D , мм – 159 (шарикоподшипник 60306 ГОСТ 7242-81)
- Длина обечайки L_1 , мм – согласно ГОСТ 22644 и ГОСТ Р 51984 (160 – 2200; 530мм для данного ролика).
- Допустимый момент сопротивления вращению - по ГОСТ Р 51984.
- 90 – % ресурс роликов по ГОСТ Р 51984.
- Температурный диапазон эксплуатации – от - 40°С до + 40°С.
- скорость движения , в основном ленточные конвейеры работают в диапазоне скоростей от 2-3м/с;

- высокогерметичный подшипниковый узел, состоящий из комбинированного уплотнения как лабиринтного, так и контактного, применение способности самоочищаться под действием центробежных сил :

С целью уменьшения веса ролика широко применяются штампованные элементы ступицы, элементы уплотнения рекомендуется выполнить из полимерных материалов (полиамид), применение только высококачественной смазки обеспечивающей надежную работу на весь период в любых условиях эксплуатации. Прочная сварная конструкция.

Чтобы провести расчет надежности изделия, его надо разделить на подсистемы (узлы, агрегаты, сборки, комплекты), которые в совокупности оказывают влияние на все изделие. Основные части нашего ролика влияющие на его ресурс: ось, подшипник, ступица в сборе, обечайка, система уплотнений и смазки. Таким образом, ресурс ролика $L_{рол}$:

$$L_{рол} = f(L_{подш}, L_{уплотн}, L_{смазки}, L_{оси}, L_{ступицы}, L_{обеч}) \quad (5.46)$$

Известно, что наиболее ненадежным элементом у ролика является подшипниковый узел, основная причина выхода его из строя это абразивный износ и как его следствие увеличенный радиальный зазор, усталостное разрушение элементов подшипника от воздействия нагрузок [138]. Анализ практического опыта эксплуатации роликов ленточных конвейеров [70,с.58-63] показывает что ресурс, заложенный в таких элементах как обечайка, ось, ступица превышает предельный ресурс самого ролика в сборе. Таким образом, расчет ресурса ролика можно свести к расчету ресурса его подшипников, смазки и уплотнительных элементов защищающих его от механических повреждений и засорения пылевидными частицами.

Сама по себе теория ресурса подшипника довольна, сложна и трудоемка для практических расчетов, поэтому мы используем существующие более упрощенные, но не менее надежные методики расчета ресурса. Известно, что в 90% случаев причиной выхода из строя подшипников является не усталость, а загрязнения, износ, перекосы, коррозия или последствия повреждения сепаратора, смазочного материала или уплотнений [139].

Расчетным показателем долговечности подшипника служит базовый ресурс L_{10} , соответствующий 90%-й надежности. Это значит, что используют обычные материалы, технологию производства и условия эксплуатации.

Номинальный ресурс подшипника по ISO 281:1990 составляет:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^P \quad (5.47)$$

или если вращение подшипника постоянно, ресурс можно вычислить в рабочих часах:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} L_{10} \quad (5.48)$$

где

L_{10} - номинальный ресурс (при надежности 90%), миллионы оборотов;

L_{10h} - номинальный ресурс (при надежности 90%), рабочие часы;

C – динамическая грузоподъемность подшипника, кН;

P – эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник, кН;

n – частота вращения, об/мин;

ρ – показатель степени уравнения ресурса (у шарикоподшипников равен 3)

Проведем расчет ресурса для ролика новой конструкции.

Исходные данные: Расчет производим по наиболее нагруженному горизонтальному ролику. Шарикоподшипник 60306 (зарубежный аналог 6306 2Z) вращается в составе среднего ролика трехроликовой опоры ленточного конвейера со скоростью $3\text{ м/с}=180\text{ м/мин}$ или если перевести в обороты по формуле $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$, получим $796,17\text{ об/мин}$.

Табличные данные по данному подшипнику [139, с.334]:

$C=29,6\text{ кН}$, - динамическая грузоподъемность;

$C_0=16\text{ кН}$, - статическая грузоподъемность;

$P_u=0,67\text{ кН}$, - граничные нагрузки по усталости;

Расчетные коэффициенты $K_r=0,015$; $f_0=14$.

Смазка принимается SKF, тип смазки LGHP2 (характеризуется отличной защитой от коррозии и большим ресурсом смазки) или LGGB2 (низкая токсичность, хорошие антизадирные и антиизносные свойства)

Требуемая надежность составляет 90%, а рабочие условия предполагают среднюю загрязненность с учетом комбинированного уплотнения состоящего из лабиринтного и контактного уплотнения и с возможностью самоочищения под действием центробежных сил. Так как конструкция ступицы предполагает совместный перекосяк колец подшипника, то подшипник принимаем как самоустанавливающийся.

Считаем номинальный ресурс при надежности 90%

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{29,6}{1,78}\right)^3 = 4598,4 \text{ миллионов оборотов}$$

$C=29,6\text{ кН}$ табличная величина для этого подшипника.

Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник определяется по формуле:

$$P = x \cdot F_r + y F_a = 0,56 \cdot 1,645 + 1,85 \cdot 0,465 = 1,78 \text{ кН}$$

где

$F_r = 1645\text{ Н} = 1,645\text{ кН}$ - радиальная составляющая нагрузки;

$F_a = 465\text{ Н} = 0,465\text{ кН}$ - осевая составляющая нагрузки;

x, y – коэффициенты для радиальной и осевой нагрузки соответственно.

Значения радиальной и осевой нагрузок для определенных условий при транспортировке известняка нам известны по проведенному ранее расчету.

Коэффициенты определяем [139,с.299] $x=0,56$, $y=1,85$ (промежуточная величина получена линейной интерполяцией).

Номинальный ресурс в рабочих часах:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} L_{10} = \frac{1000000}{60 \cdot 796.17} 4598.4 = 96260,8 \text{ рабочих часов}$$

Для определения приближенного среднего периода эксплуатации в течение, которого исключены отказы подшипников, можно воспользоваться отношением $t_0 = (0.572 \dots 0.475)L_{10}$ [138, с.176], откуда мы получаем средний период эксплуатации $t_0 = 96260.8 \cdot 0.475 = 45723 \text{ рабочих часов}$

Полученный нами номинальный ресурс подшипника, конечно, существенно отличается от действительного ресурса подшипника в большую сторону. Однако основываясь на анализе и изучении практического опыта эксплуатации различных конструкций роликов на предприятиях горнорудной промышленности реальный срок эксплуатации для которых составляет максимум 25-30тыс.ч на линейных участках, мы для данного ролика априори на основе практического опыта и анализа работы подобных роликов можем установить срок службы 35-40тыс.часов. Данный срок кроме тщательного анализа работы роликов можно обосновать также эффектом «повышения подобия» [140], когда путем исключения из системы «слабого звена», (слабым звеном любого ролика является подшипниковый узел и уплотнения) мы предотвращаем вероятность возникновения перекоса, заклиниваний в подшипнике, эффективного комбинированного уплотнения предотвращаем забивание в подшипник пыли, т.е. устраним вероятность отказа, продлеваем ресурс подшипника и соответственно всего ролика.

Для более точного определения вероятности безотказной работы в течение всего срока службы необходимо изготовление и испытание, хотя бы минимальной партии роликов, что дало бы необходимый статистический материал. Используя его можно вычислить вероятность безотказной работы, в течение указанного срока, воспользовавшись теоремой Байеса [141] или по методу, предложенному в [138, с.168].

Покупателями подобной продукции, как ролик ленточного конвейера, являются практически все предприятия горнодобывающей и перерабатывающей промышленности, эксплуатирующие ленточные конвейеры в Казахстане и ближнем зарубежье. Особенно предприятия, где ленточные конвейеры эксплуатируются в тяжелых условиях, высокой влажности, запыленности и т.д. Таким образом, потребность в качественных роликах для конвейеров в Казахстане и за его пределами имеется. Сами ролики в Казахстане производят в небольших объемах на различных предприятиях, можно выделить карагандинские предприятия ТОО КИАМЗ ГЕОМАШ, ТОО ТехноSteel, в остальном потребность закрывают российские и китайские производители,

причем качество продукции последних зачастую остается спорным. Конструкция предлагаемого ролика позволяет улучшить такие характеристики, как пожаробезопасность, экологичность, надежность, увеличение срока службы, как ролика, так и всего ленточного конвейера в целом. Достигается это за счет применения роликов, конструкция которых исключает явление относительного перекоса наружного кольца шарикоподшипника относительно внутреннего кольца, т.е. под действием статических и динамических нагрузок действующих на него обеспечивается принудительный совместный перекосящий внутренний и наружный кольца, что дает возможность избежать заклинивания подшипника. Запас смазки высокого качества загружается в подшипник и в полость уплотнения на весь срок службы, поэтому используется качественное комбинированное уплотнение, состоящее из лабиринтного, с полостью для запаса смазки, и роторного уплотнения которое должно предохранять его от проникновения пыли, грязи и влаги не только в движении, но и во время остановки. Кроме этого используется шарикоподшипник с защитной шайбой.

Исходными данными при укрупненном расчете экономической эффективности также является предполагаемый объем производства, стоимость оборудования используемого при производстве ролика, стоимость используемого сырья и покупных деталей [142,143]. Объем производства принимаем 20000 шт. в год, исходя из потребности в конвейерных роликах по Казахстану [2,с.294-298]. Стоимость сырья (таблица 5.12) и производственного оборудования (таблица 5.11) была принята из открытых источников, прайсов производителей оборудования и сырья на 2016г. Были использованы прайсы Челябинского металлургического завода, ТОО «Стальной двор», ТОО «Стальной союз», ООО Нева Станкомаш.

Таблица 5.11 - Стоимость основного оборудования

Оборудование	Разряд станочников	Стоимость оборудования (тг.)
Пила ленточная HBS 915 B	2 разряд	1 051 500
Однокривошипный открытый ненаклоняемый пресс простого действия модели КД2114А	4 разряд	1 928 500
Станок фрезерно центровальный 2Г942	2 разряд	1 035 052
Станок токарно винторезный АС16М20Ф3	3 разряд	9 500 000
Станок вертикально фрезерный 6Р13Ф3	3 разряд	10 400 000
Станок круглошлифовальный 3М132	4 разряд	10 000 000
Станок внутришлифовальный 3К227А	4 разряд	15 000 000
Моечная машина Н367		650 000

Таблица 5.12 - Стоимость материалов при производстве роликов

Наименование детали узла	ед.изм	кол-во	Вид материала	Масса детали, кг	Масса заготов ки, кг	цена на материал тг/тонну	Стоимость, тг
Обечайка	шт.	1	Сталь 5сп ГОСТ 380-2005	9,05	9,05	130000	1176,5
Тонкостенная ступица	шт.	2	Сталь 14ХГС ГОСТ 19281-89 (Материал-заменитель Сталь 15ХСНД или 16ГС по ГОСТ 19281-89)	0,96	0,99	148610	294,2
Ось	шт.	1	Сталь 5сп ГОСТ 380-2005	3,5	4,28	130000	556,4
Стакан	шт.	2	Сталь 30 ГОСТ 1050-88	0,59	1,02	175000	357,0
Кожух тонкостенный	шт.	2	Сталь 3сп ГОСТ 380-2005	0,06	0,067	115412	15,5
Крышка	шт.	2	Сталь 3сп ГОСТ 380-2005 (Заменитель полиамид)	0,06	0,065	115412	15,0
Шайба защитная	шт.	2	Полиамид ПА6, ПА 66			18 тг/шт	36
Внутреннее лабиринтное уплотнение	шт.	2	Полиамид ПА6, ПА 66			30 тг/шт	60
Внешнее лабиринтное уплотнение	шт.	2	Полиамид ПА6, ПА 66			30 тг/шт	60
Уплотнение роторное	шт.	2	Резина спец.			300 тг/шт	600
Шарикоподшипник 60306 ГОСТ 7242-81 (аналог 6306Z)	шт.	2	Стандартное изделие	0,35		1100 тг/шт	2200
Кольцо пружинное ГОСТ 13942-86	шт.	2	Стандартная деталь			33 тг/шт	66
Итого							5436,6

Проведем расчет времени по операциям (таблица 5.13), согласно технологическим процессам механической обработки деталей ролика (приложение В).

Расчет нормы времени ведется по формуле:

$$H_{вр} = \frac{\sum t_{опi} \cdot H_{oi}}{60}, \quad (5.49)$$

где $t_{опi}$ - оперативное время на операцию, мин;

H_{oi} - норма обслуживания, чел.;

i - число операций.

Все расчеты сводим в таблицу 5.13, получаем норму времени 1,3 чел.-часа на один ролик. При объеме 20 000 единиц понадобится всего 26000 чел.-часов ($20000 \cdot 1,3$), это в свою очередь дает нам число рабочих в цехе $26000/1700=15,3$ человек. 1700 ч - это среднее эффективное время работы одного рабочего в год ($F_{р.вр.}$), оно получается исходя из следующих показателей, это среднее сменное время 7,4 часа, 21 день в месяц и 11 месяцев в году (1 месяц отпуск), итого получается

$$F_{р.вр} = 7,4 \cdot 21 \cdot 11 = 1709,4 \text{ часа, округляя получаем } 1700 \text{ часов.}$$

Таким образом, численность рабочих мест, не включая административный персонал, принимаем 15 человек (токари, фрезеровщики, слесари и др.).

Таблица 5.13– Расчет нормы времени по операциям

Наименование детали узла	ед.изм	кол-во	Наименование оборудования	Оперативное время, минут	Общее время на операцию, минут	Кол-во обл. раб, чел	Укрупн. норма врем-и, чел-часов
1	2	3	4	5	6	7	8
Обечайка	шт.	1	Ленточная пила	5	5	0,5	0,0
Тонкостенная ступица	шт.	2	Пресс КД2114А	3	6	0,5	0,1
Ось	шт.	1	Фрезерный, токарный станок, верстак, круглошлифовальный, инструменты, моечная машина,	28,71	28,71	1	0,5
Стакан	шт.	2	Полуавтомат сварочный, токарный, шлифовальный станок, инструменты, моечная машина,	20,97	41,94	1	0,7
Кожух тонкостенный	шт.	2	Пресс				0,0
Крышка	шт.	2	Пресс				0,0
Шайба защитная	шт.	2	покупное				0,0

Продолжение таблицы 5.13

1	2	3	4	5	6	7	8
Внутреннее лабиринтное уплотнение	шт.	2	покупное				0,0
Внешнее лабиринтное уплотнение	шт.	2	покупное				0,0
Уплотнение роторное	шт.	2	покупное				0,0
Шарикоподшипник 60306 ГОСТ 7242-81 (аналог 6306Z)	шт.	2	покупное				0,0
Кольцо пружинное ГОСТ 13942-86	шт.	2	покупное				0,0
Итого							1,3

Расчет затрат на электрическую энергию и прочие энергетические затраты (таблица 5.14).

Таблица 5.14- Расчет затрат на электроэнергию

Показатели	Ед.изм	Данные
Совокупная мощность линии	кВт/ч	24,35
Расценка на 1 кВт –ч	тенге	15
Стоимость электроэнергии на единицу продукции	тенге	463,6
Расход воды и прочих энергетических затрат, 20 % от стоимости энергии	тенге	92,7
Всего расходы	тенге	556,3

Полученных данных достаточно чтобы провести дальнейший расчет трудовых затрат (таблица 5.15).

Необходимо провести расчет себестоимости изделия (таблица 5.17), для этого мы считаем амортизацию (таблица 5.16). Амортизация, часть затрат предприятия, которую включена в себестоимость продукции. Амортизация будет равна стоимости амортизации за год (10 % от стоимости оборудования), делится на 365 дней, на 24 часа в результате получается амортизация за час. Чтобы рассчитать амортизацию на единицу продукции полученные данные умножаем на норму времени в часах, все данные заносим в таблицу (таблица 5.16).

Таблица 5.15 - Расчет трудовых затрат

Показатели	ед.изм	Данные
Укрупненная норма времени на единицу продукции	чел-ч	1,3
Часовая тарифная ставка	тг	750
Тарифный фонд	тг	951,9
Доплаты, 15 %	тг	142,8
Доп.зарплата, 20 %	тг	190,4
Общий фонд оплаты	тг	1285,0
Соц налог, 11 %	тг	141,4
Всего затрат на оплату труда	тг	1426,4
Расходы на охрану труда и ТБ, 10 %	тг	142,6
Всего трудовые расходы на единицу продукции	тг	1569,0

Таблица 5.16 – Расчет амортизации

Оборудование	Норма аморти., %	Стоимость оборудования	Стоимость амортизации за год	Амортизация на ед.прод.
Пила ленточная HBS 915 В	10	1 051 500	105 150,0	15,2
Однокривошипный открытый ненаклоняемый пресс простого действия модели КД2114А	10	1 928 500	192 850,0	27,9
Станок фрезерно центровальный 2Г942	10	1 035 052	103 505,2	15,0
Станок токарно винторезный АС16М20Ф3	10	9 500 000	950 000,0	137,6
Станок вертикально фрезерный 6Р13Ф	10	10 400 000	1 040 000,0	150,7
Станок круглошлифовальный 3М132	10	10 000 000	1 000 000,0	144,9
Станок внутришлифовальный 3К227А	10	15 000 000	1 500 000,0	217,3
Моечная машина Н367	10	650 000	65 000,0	9,4
Итого		49 565 052	4 956 505	718

Для расчета калькуляции себестоимости ролика сводим все данные в таблицу 5.17, рентабельность принимаем 10%, транспортные расходы 0,5% от стоимости сырья, вспомогательные материалы – 5% от стоимости сырья.

Прибыль определяем по формуле:

$$\Pi = \frac{С \cdot P}{100}; \quad (5.50)$$

где С – себестоимость изделия;
Р – рентабельность.

Таблица 5.17 – Калькуляция себестоимости ролика

Виды затрат	Ед.изм	Данные
Сырье и основные материалы	тг	5436,6
Транспортные расходы (0,5% от сырья)	тг	27,2
Вспомогательные материалы (5 % от сырья)	тг	271,8
Амортизация	тг	718,1
Расходы на энергию	тг	556,3
Расходы на оплату труда	тг	1426,4
Расходы на охрану руда и ТБ	тг	142,6
Накладные расходы (35 % от оплаты труда)	тг	499,2
Расходы периода (50 % от оплаты труда)	тг	713,2
Всего затраты	тг	9791,5
Рентабельность	%	10
Прибыль	тг	979,1
Оптовая цена без НДС	тг	10771
Цена с НДС	тг	12063

В заключение производится расчет эффективности данного производства, все данные сводим в таблицу 5.18.

- Доходы определяются как произведение цены за один ролик (без НДС) на годовой объем производства (20000шт.)

- Затраты также являются произведением себестоимости ролика (таблица 5.17) на годовой объем.

- Прибыль - разница между доходами и затратами, или Чистая прибыль - Прибыль минус налоги на прибыль (20 %) , т.е. $ЧП = П - П \cdot 0,2$

- Окупаемость это Сумма инвестиций разделенная на чистую прибыль

Таблица 5.18 – Показатели эффективности производства

Показатели	Ед.изм	Данные
Объем производства	шт	20000
Доходы от продаж	тыс.тг	215 412
Затраты	тыс.тг	195 829
Прибыль	тыс.тг	19 583
Налог на прибыль	%	20
Чистая прибыль	тыс.тг	15 666
Инвестиции:		
Стоимость оборудования	тыс.тг	49 565
Стоимость прочих фондов (15 %)	тыс.тг	7 435
Всего инвестиций	тыс.тг	57 000
Окупаемость	лет	3,6

Можно рассчитать экономическую эффективность проекта, по формуле:

$$\text{Ээф} = \text{ЧП} - \text{Ен} \cdot \text{И}, \quad (5.51)$$

где ЧП - чистая прибыль;

Ен - нормативный коэффициент эффективности ($\text{Ен} = 0,2$);

И-сумма инвестиций

Фактическая эффективность проекта: $\text{Еф} = 100/\text{О}$, где О это окупаемость, т.е. $\text{Еф} = 100/3,6 = 28\%$

Был проведен укрупненный расчет экономической эффективности производства роликов конвейера, которого в принципе достаточно для обоснования нового производства (т.к. это расчет обоснование, а не бизнес-план), при необходимости можно сделать более тщательную проработку проекта с учетом конкретных обстоятельств (конкретной площадки для выпуска, численности административного персонала, имеющегося оборудования). Были получены следующие данные - срок окупаемости составляет 3,6 лет, что приемлемо для нового производства в данной отрасли. Мы видим, что уровень эффективности вложений 28%, что считается также хорошим при запуске нового производства.

Проведен поиск казахстанских аналогов роликов, в данном вопросе многие фирмы считают ценовые предложения коммерческой тайной. Ближайший аналогичный ролик выпускает ТОО КИАМЗ ГЕОМАШ, г.Караганда, согласно прайса данного предприятия цена за аналогичный ролик составляла от 12107тг. для усиленных роликов. Себестоимость нашего ролика составляет 12063тг. с НДС за единицу, что является хорошим показателем с учетом новизны и возросшего срока службы (на линейных участках до 35-40 тыс.ч. вместо имеющихся максимальных 30 тыс. ч.)

5.6 Выводы по разделу

1 Проведен анализ технологии обработки деталей ролика, даны рекомендации по обработке, выбору заготовки и материалу деталей.

2 Проведен размерный анализ технологического процесса обработки детали стакан ролика, показавший, что разработанный технологический процесс обеспечивает заданную точность детали, выявлен запас точности по отдельным размерам ($[z_1^{10}]$, $V_B=0,44$; $[z_3^{10}]$, $V_B=0,21$; $[31 - 41]$, $V_H=0,4$, $V_B=0,4$), что предполагает возможность расширения допусков при обработке по этим размерам, и способствует уменьшению затрат.

3 Решена задача создания экономичной и качественной заготовки для детали стакан, путем разработки комбинированной сварной заготовки.

4 Анализ инструментального обеспечения показывает необходимость внедрения станков с ЧПУ и нового типа инструментов дающих возможность обработки при высокоскоростных режимах резания.

5 Разработан технологический процесс штамповки детали тонкостенная ступица, который показывает возможность ее изготовления высокопроизводительным методом с заданной точностью

6 Создана имитационная стохастическая модель формирования шероховатости при токарной обработке внутренних поверхностей, учитывающая различные параметры обработки, такие как геометрия инструмента, вибрации инструмента, параметры режимов резания;

7 Создана программа для расчета законов распределения параметров шероховатости при растачивании внутренней поверхности, получены теоретические данные по разбросу шероховатости и доказана ее сходимость с экспериментальными данными, что показывает адекватность программы для ЭВМ.

8 Проведен расчет экономической эффективности укрупненным способом. Были получены следующие данные, срок окупаемости составляет 3,6 лет; уровень эффективности вложений 28%; себестоимость ролика составляет 12063тенге с НДС за единицу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований и полученных результатах сделаны следующие выводы:

1 Из анализа эксплуатации ленточных конвейеров на горнорудных предприятиях установлено, что повышение надежности и долговечности опорных роликов конвейерных установок является актуальной задачей, поскольку будучи массовыми узлами ленточных конвейеров они оказывают сильное влияние на работоспособность и надежность всего конвейера в целом.

2 Разработан ряд новых конструкций которые позволяют увеличить срок службы роликов за счет осуществления совместного перекоса наружного кольца подшипника относительно внутреннего по действием радиальной нагрузки, комбинированного уплотнения подшипниковых узлов и совершенствования технологии обработки деталей роликов. На предложенную конструкцию опорного ролика подано заявление о выдаче патента РК, регистрационный номер №2016/0368.1.

3 Проведено исследование новой конструкции ролика методами инженерного прогнозирования, которое показало перспективность дальнейшей разработки и совершенствования конструкций роликов с самоустанавливающимися подшипниковыми узлами, проанализировано более 200 отечественных и зарубежных патентов за период в 43 года, с 1970 по 2013 годы.

4 Проведен анализ предложенной конструкции ролика методами размерного анализа на стадии проектирования, подтвердившего точностные характеристики взаимного расположения деталей ролика, рассчитать допуски и посадки и дать рекомендации по сборке узла.

5 Разработана методика расчета и программа для ЭВМ «Определение нагрузки на подшипники роликов ленточного конвейера», на данную программу было получено свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права №1599 от 2августва 2016г. Программа является универсальной и может использоваться для расчета нагрузок на ролики для различных типов транспортируемого груза.

6 Выполнен анализ напряженно-деформированного состояния ролика конвейера под действием переменных нагрузок методом компьютерного моделирования в среде Femap with NX Nastran, который показал наличие совместного перекоса колец подшипников под действием радиальной нагрузки (т.е. возможность самоустанавливаться), что увеличивает срок службы роликов новой конструкции.

7 Методами регрессионного анализа получены математические модели, установлены зависимости между нагрузкой на ролик и деформациями в точках 1 и 2 (рисунок 4.10) которые указывают, что именно изменение нагрузки оказывает наибольшее влияние на величину деформации, полученные уравнения позволяют прогнозировать дальнейшие значения деформации при изменении нагрузки.

8 Проведен размерный анализ технологического процесса детали стакан ролика, который выявил запас точности по отдельным размерам ($[z_1^{10}]$, $V_B=0,44$; $[z_3^{10}]$, $V_B=0,21$; $[31 - 41]$, $V_H=0,4$, $V_B=0,4$), что дает возможность расширения допусков по этим размерам, и способствует уменьшению затрат.

9 Разработана технология механической обработки деталей ролика новой конструкции, с использованием современного инструмента и заготовок, разработана рациональная технология штамповки для тонкостенной ступицы ролика (приложение В).

10 Создана имитационная стохастическая модель, позволяющая прогнозировать шероховатость поверхностей при растачивании, с учетом систематических и случайных составляющих параметров.

11 На основе предложенной имитационной стохастической модели создан алгоритм расчета и программа для ЭВМ «Расчет законов распределения параметров шероховатости при точении», на данную программу получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017610890, Российской Федерации (приложение Б).

12 Программа ЭВМ для расчета шероховатости позволяет достаточно точно рассчитывать шероховатость при различных параметрах резания; на стадии проектирования проработать различные варианты процесса механической обработки и выбрать оптимальный вариант режимов обработки и режущего инструмента; позволяет избегать неэффективных решений при разработке ТП механической обработки; минимизировать брак при обработке.

13 Полученные теоретические данные разброса шероховатости токарной обработки внутренней поверхности, были проверены с помощью проведенного эксперимента, показавшего, что полученные экспериментальные данные укладываются в диапазон теоретического разброса шероховатости.

14 Результаты диссертационной работы были внедрены в учебный процесс в государственном университете имени Шакарима города Семей, для студентов специальностей 5В071200 «Машиностроение»(приложение Г).

15 Был получен акт внедрения в производство ТОО «Жакен Калша» г.Алматы, который использовал:

- методику расчета нагрузки на опорный ролик – программа на ЭВМ;
- программу для ЭВМ для ЭВМ «Расчет законов распределения параметров шероховатости при точении»;
- Чертежи ролика новой конструкции.

16 Рассчитан ресурс ролика новой конструкции, показавший увеличение срока службы по сравнению с аналогами (на линейных участках до 35-40 тыс.ч. вместо имеющихся максимальных 25-30 тыс.ч.), проведен расчет экономической эффективности внедрения ролика, были получены данные:

- срок окупаемости производства составляет 3,6 лет;
- уровень эффективности вложений 28%;
- себестоимость ролика составляет 12063тг. с НДС за единицу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СТРАТЕГИЯ «Казахстан-2050» Послание Президента Республики Казахстан Н.Назарбаева народу Казахстана от 14 декабря 2012 г.
- 2 Манежанов Б.А., Шаяхметов Е.Я. Исследование комплексной механизации производства в Казахстане, дальнейшие пути его развития. Фонд первого президента РК. Совет молодых ученых. Инновационное развитие и востребованность науки в современном Казахстане // Сб. статей 3 международной научной конференции. – Алматы, 2009. – Ч. 3. – 388 с.
- 3 Стамов А.И. Конвейерные ролики улучшенной конструкции // Журнал «Горная промышленность». – 2001. - №3. - С. 47-49.
- 4 Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины: учебное пособие для машиностроительных вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.
- 5 Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: учеб. для машиностроит. вузов. – 6-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1985. – 520 с.
- 6 Волков Р.А., Гнутов А.Н., Дьячков В.К. и др. Конвейеры: справочник / под общ. ред. Ю.А. Пертена. - Л.: Машиностроение; Ленингр. отделение, 1984. 367 с.
- 7 Зенков Л., Ивашков И.И., Колобов Л.Н. Машины непрерывного транспорта: учебник для студентов вузов обучающихся по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.
- 8 Ромакин Н.Е. Машины непрерывного транспорта: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с.
- 9 Барышев А.И., Складов Н.А., Сулима А.А., Ткачук А.М. Расчет и проектирование транспортных средств непрерывного действия: научное пособие для вузов / под общ. ред. Будишевского В.А.– Донецк, 2005 – 689 с.
- 10 Шаяхметов Е.Я., Темиртасов О.Т., Мендебаев Т.М. Анализ работы и пути совершенствования ленточных конвейеров на элеваторах // Вестник КазАТК. – Алматы, 2014. - №5. – С. 44-48.
- 11 Шоджаатолхосейни С.А. Обоснование рациональных параметров роликоопор линейных секций мощных ленточных конвейеров горных предприятий: автореф. ... канд. техн. наук: 05.05.06. – М.: Московский государственный горный университет, 2009. – 24 с.
- 12 Колобов Л.Н., Зуев В.А. Расчет подшипников роликов ленточных конвейеров на долговечность от внешних и внутренних нагрузок // Труды МВТУ №315. «Теория, расчет и исследование подъемно транспортных машин». - М.: Издательство МВТУ, 1979. - С. 63-93.
- 13 Пертен Ю.А. Конвейерный транспорт XXI века // Журнал «Транспорт Российской федерации». – Санкт-Петербург: ООО «Т-ПРЕССА», 2005. - №1. – С. 42-43.

14 Джиенкулов С.А., Гудович М.И, Сурашов М.Т. Тенденция развития конструкций роликовых опор ленточных конвейеров // Вестник машиностроения. – 1986. - №1. - С. 36.

15 Джиенкулов С.А., Калижанова А.У. Разработка математической модели вращения роликоопор ленточного конвейера // Академик К.И. Сатпаев и его роль в развитии науки, образования и индустрии в Казахстане: Тр. Междунар. симпоз., посвящ. 100-летию со дня рождения К.И. Сатпаева. - Алматы, 1999. - Ч. 2. - С. 95-97.

16 Саргужин М.Х., Джиенкулов С.А., Битанов Д. и др. Исследования провеса ленточных конвейеров с переменным ступенчатым шагом роликоопор // Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ хабаршысы=Вестник КазНТУ имени К.И. Сатпаева. - 2011. - № 6(88). - С. 23-27.

17 Шаяхметов Е.Я., Манежанов Б.А., Мендебаев Т.М., Темиртасов О.Т. Влияние технологических факторов на работоспособность роликоопор ленточных конвейеров // Вестник КазНТУ. – Алматы, 2015. - №1(107). – С.189-193.

18 Спиваковский А.О и др. Транспортирующие машины. Атлас конструкций: учебное пособие для вузов. - изд. 2-е. перераб. и доп. - М.:Машиностроение, 1969. -116с.

19 Вайнсон А.А. Подъемно транспортные машины строительной промышленности. Атлас конструкций: учебное пособие для технических вузов. - изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1976. - 151с.

20 Александров М.П., Решетов Д.Н., Байков Б.А. и др. Подъемно – транспортные машины. Атлас конструкций: учебное пособие для студентов вузов / под общей редакцией Александрова М.П., Решетова Д.Н. – 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1987. – 122 с.

21 Демулин А.С. Оценка прочности и ресурса деталей машин из композиционных материалов на примере роликоопор ленточных конвейеров: автореф. ... канд. техн. наук: 01.02.06. - СПб.: Рос. акад. наук; Ин-т проблем машиностроения, 2003. - 19 с.

22 Каталог ЗАО Промышленные линии (Россия) // <http://www.promlines.ru/polymerroll.html>.

23 Каталог фирмы SUPERIOR INDUSTRIES LLC (США) // <http://superior-ind.com>

24 Каталог продукции ЗАО Полевский машиностроительный завод // <http://www.polmashz.ru/products>

25 Каталог продукции ООО Сибтензоприбор // http://www.sibtenzo.com/vesi/1264_detail.htm

26 Шаяхметов Е.Я., Темиртасов О.Т., Мендебаев Т.М., Альпеисов А.Т. Анализ конструкций уплотнений роликов конвейеров работающих в условиях запыленной среды // Вестник ГУ имени Шакарима – Семей, 2015. - №1(69). – С.65-69.

27 Гусев В.В., Молчанов А.Д., Вяльцев Н.В. Применение современных материалов в торцовых уплотнениях горношахтного оборудования // Донбас -

2020: наука і техніка - виробництву: матеріали ІІ наук.-практ. Конф. – Донецьк: Донец. нац. техн. ун-т та ін, 2004.- С. 84-88.

28 Джафаров Ч. Д., Упорников С.А. Описание полезной модели к патенту 253 Республика Казахстан, В65G 39/00, В65G 39/09. Ролик ленточного конвейера (варианты): опубл. 16.10.2006, Бюл. №10.

29 Малина П.В., Смаков А.Ж. Патент Россия 2373128, В65G 39/09. Ролик ленточного конвейера: опубл. 20.11.2008, Бюл. №32.

30 Пат. 2260553 В65G 39/09 РФ. Люленков В.И., Кузьмин А.Б., Качуров К.В., Тюменцев И.Г.; опубл. 20.09.2005, Бюл. №26.

31 Предварительный пат. 7610 РК. Ролик конвейера; опубл. 15.06.1999, Бюл. №6.

32 Предварительный пат. 13658 РК. Двухцепной конвейер-накопитель с роликовым настилом для транспортирования, накапливания и выдачи штучных грузов; опубл. 14.11.03, Бюл. №11.

33 Предварительный пат. 14793 РК. Конвейерная система для вертикального перемещения штучных грузов; 15.09.2004, Бюл. №9.

34 Предварительный пат. 20213 РК. Установка для перегрузки труб; опубл. 17.11.2008, Бюл. №11.

35 Предварительный пат. 1998 РК. Ленточный конвейер Темиртасова; опубл. 15.09.2008, Бюл. №9.

36 Инновационный пат. 21789 РК. Ленточный конвейер; опубл. 15.10.2009, Бюл. №10.

37 Предварительный пат. 17624 РК. Конвейер элеватор для вертикального перемещения штучных грузов (варианты); опубл. 15.08.2006, Бюл. №8.

38 Manezhanov B., Temirtasov O., Shayakhmetov Y., Shaikhanova A., Kuderinova N., Abilmazhinov Y., Mansurov S. Prospective design of conveyor rollers // Research Journal of Applied Sciences. - 2016. – Vol. 11, issue 5. - P. 197-201.

39 Радкевич Я.М., Тимирязев В.А., Островский М.С. Аналитический метод оценки качества изготовления деталей ленточных конвейеров // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2001. – №12. – С. 8-11.

40 Радкевич Я.М., Тимирязев В.А., Островский М.С. Повышение качества роликов ленточных конвейеров методом безударной сборки // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2002. – №8.

41 Радкевич Я.М. и др. Индукционные нагреватели для безударной сборки и разборки роликов ленточных конвейеров // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2002. – №8.

42 Коган Б.И. Формирование технологической системы изготовления изделий высокого уровня качества. - Кемерово: Кузбассвузиздат, 2012.

43 Коган Б.И. Технологическое обеспечение качества производства горных машин и инструментов: автореф. ... док. техн. наук: 05.05.06. – Кемерово, 1996. – 50 с.

44 Коган Б.И. Рациональные заготовки и технологические методы повышения ресурса деталей горной техники. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 1998.

45 Коган Б.И., Лукашенко Т. А. Модульная технология сборки роликов ленточных конвейеров // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2003. – №4.

46 Коган Б.И., Голубев А.А., Иванов А.С. О проблеме изготовления обечаек роликов ленточных конвейеров из листа // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2007. – №2.

47 Вишняков М.А., Вашуков Ю.А. Конструкторско-технологические методы обеспечения качества изделий машиностроения: учеб. пособие. – Самара: Самар, гос. аэрокосм. ун-т, 2005. - 96 с.

48 Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – 5-е изд., испр. – М.:Машиностроение, 1980 – 592 с.

49 Васильев А.С., Дальский А.М., Золотаревский Ю.М., Кондаков А.И. Направленное формирование свойств изделий машиностроения / под ред. д-ра техн. наук А.И. Кондакова. - М.: Машиностроение, 2005. – 352 с.

50 Тимирязев В.А., Кутин А.А., Схиртладзе А.Г. Основы технологии машиностроения: учебник. – М.: ГОУ ВПО МГТУ «Станкин», 2011.

51 Бурцев В.М., Васильев А.С., Дальский А.М. и др. Технология машиностроения // В 2 т. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / под ред. А.М.Дальского. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. Т.1. – 564 с.

52 Бурцев В.М., Васильев А.С., Деев О.М. и др. Технология машиностроения // В 2 т. Производство машин: учебник для вузов / под ред. Г.Н.Мельникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. - Т. 2. – 640 с.

53 Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Расчет допусков размеров. - 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. - 400 с.

54 Солонин И.С., Солонин С.И. Расчет сборочных и технологических размерных цепей. – М.: Машиностроение, 1980. – 110 с.

55 Белашов В.А., Белашов А.В., Белашов М.В. Размерный анализ технологий в редакторе технологических процессов РТП2000: учебно – методическое пособие. – Пенза: Пензенский гос. университет, 2008. – 49 с.

56 Шаяхметов Е.Я, Темиртасов О.Т., Шогелова Н. Применение размерного анализа при проектировании технологических процессов изготовления деталей. Материалы 4 международной научной конференции «Актуальные проблемы механики и машиностроения». – Алматы: КазНТУ имени К.Сатпаева, 2014. – С.469-472.

57 Щурова А.В. Имитационное моделирование обработки точением с базированием по обрабатываемой поверхности на две точечные опоры //

Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2013. – Т. 13, №1.

58 Леонов С.Л, Зиновьев А.Т. Основы создания имитационных технологий прецизионного формообразования. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006 – 198 с.

59 Юрченко В.М. Новый взгляд на причины пожаров на шахтных конвейерах // Журнал «Уголь». – 2003. - №2.

60 Федорович А.П. Ленточные конвейеры – самые опасные. Пожарная безопасность угольных шахт // <http://mirznanii.com/a/297774/lentochnye-konveyery-samye-opasnye-pozharnaya-bezopasnost-ugolnykh-shakht>

61 Азбель М.Д., Анненков Б.А., Горшков Б.Г. Волоконно-оптический термокабель для раннего обнаружения пожаров на ленточных конвейерах в угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2004. – №11.

62 Фролов А. В., Вяльцев А. В. Анализ аварийности в угольной промышленности РФ // Техносферная безопасность: материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Ростов-н/Д–Шепси, 2005. – С. 170-175.

63 Шаяхметов Е.Я., Мендебаев Т.М., Темиртасов О.Т. Анализ неисправностей роликов ленточных конвейеров в ходе эксплуатации на предприятиях восточного казахстана // Вестник СГУ. – Семипалатинск, 2015. - №4(72). – С. 58-63.

64 Lihua Zhao, Yin Lin. Typical failure analysis and processing of belt conveyor // Procedia Engineering. – 2011. - №26. – P. 942 – 946.

65 Долгов Э.П. О повышении долговечности роликов ленточных конвейеров (не традиционный подход к проблеме) // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – Т. 10, №12.

66 Sugumaran V., Ramachandran K.I. Effect of number of features on classification of roller bearing faults using SVM and PSVM // Expert Syst. Appl. – 2011. - №38. – P. 4088–4096.

67 Gupta A. Safetymeasures for reduction of failure safety measures forreduction of failure in belt conveyor for thermal power plant // Inter. J. Mech. Eng. Robot. Res. – 2013. - №2. – P. 214–220.

68 Чубаров Л.А., Попов В.В. Современное состояние и основные направления развития транспорта горнодобывающих предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2004. – №1.

69 Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. – 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение. – 1987. – 336 с.

70 Галкин В.И., Дмитриев В.Г., Дьяченко В.П. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий. – М.: Изд-во МГГУ, 2005. – 543 с.

71 Галкин В.И. Методы расчета и оценка показателей надежности ленточных конвейеров горных предприятий: дис. ... док. техн. наук. – М.: МГГУ, 2000.

72 Галкин В.И., Шуткин И.В. Анализ динамических нагрузок на линейных роликоопорах ленточного конвейера при транспортировании крупнокусковых

грузов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 1999. – №5.

73 Брауде В.И., Семенов Л.Н. Надежность подъемно транспортных машин: уч.пособ. для студ. вузов по спец. «Подъемно транспортные машины и оборудование». – Л.: Машиностроение; Ленигр. отд-ние, 1986. – 183 с.

74 Монастырский В.Ф., Кирия Р.В., Смирнов А.Н. Определение срока службы роликов ленточных конвейеров для различных типов роликкоопор // Геотехнічна механіка. – 2014. – №115. – С. 147-155.

75 Монастырский В.Ф., Кирия Р.В., Смирнов А.Н. Исследование движения крупных кусков груза по роликкоопорам ленточного конвейера // Геотехнічна механіка. – 2013. – №112. – С. 35-49.

76 Монастырский Ф.В., Кочнева О.В. Результаты экспериментальных исследований потока насыпного груза // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. МК Аммосова. – 2006. – Т. 3, №3.

77 Монастырский В. Ф., Максютенко В. Ю., Кирия Р. В. Эффективность работы ленточных конвейеров на горных предприятиях // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. — Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2010. — Вип. 88. — С. 185-191.

78 Шоджааталхосейни С. Определение нагрузок на подшипники роликкоопор линейных секций ленточных конвейеров горных предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – №1. – С.83-89

79 Александрова Т. В. Взаимодействие кусковой руды с лентой конвейера // ВЕЖПТ. - 2008. - №4 (35). - С.48-52.

80 Миссбах Г. Г. Распределение динамических нагрузок в элементах подвесных амортизированных роликкоопор загрузочной секции ленточного конвейера // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2001. – №4. – С.139-142

81 Grincova A., Andrejiova M., Marasova D. Measuring and comparative analysis of the interaction between the dynamic impact loading of the conveyor belt and the supporting system // Measurement. – 2015. – Vol. 59. – P. 184-191.

82 Reicks A.V. Conveyer Models as Quantitative Platforms for Belt Conveyor Energy Options // BulkSolids Europe. – 2012. – Vol.48. – P. 1-10.

83 Галкин В.И. Методы расчета и оценка показателей надежности ленточных конвейеров горных предприятий: дис. ... док. техн. наук: 05.05.06.- М., 2000.- 421 с.

84 Paul Dikson. Think tanks. - New York: Athen, 1971; - М.: Прогресс, 1976. - 450 с.

85 Янч Э. Прогнозирование научно – технического прогресса. – М.:Прогресс, 1970. – 586 с.

86 Гмошинский В.Г. Инженерное прогнозирование – М.: Энергоиздат, 1982 – 210 с.

87 Джиенкулов С.А., Кабашев Р.А., Сурашов Н.Т. Комплексное прогнозирование конструкций ленточных конвейеров с помощью удельных

параметров // Тезисы докладов и сообщений на XV научной конференции ППС КазПТИ. - Алма-Ата, 1980.- С. 243-245.

88 Жиенкулов С.А., Сурашов Н.Т.. Вероятностно-статистический анализ параметров ленточных конвейеров // Расчет и конструирование машин и механизмов: сб. науч. трудов. - Алма-Ата, 1981. - С. 56-52.

89 Жиенкулов С.А., Саргужин М.Х., Сазамбаева Б.Т. Методика прогнозных оценок параметров и конструкций машин непрерывного транспорта // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: матер. 8-ой Междунар. науч. школы молодых ученых и специалистов. - М.: ИПКОН, 2002. - С. 2.

90 Möller B., Reuter U. Uncertainty forecasting in engineering. – Berlin: Springer, 2007. – P. 101.

91 Rahman S., Hazim O. A generalized knowledge-based short-term load forecasting technique // Power Systems, IEEE Transactions on. – 1993. – Vol. 8, №2. – P. 508-514.

92 Темиртасов О.Т. Инженерное прогнозирование перспективы развития конвейерных установок // Аналитический обзор Восточно-Казахстанский филиал АО «НЦНТИ». - Усть – Каменогорск, 2009. - 50 с.

93 Жиенкулов С.А., Саргужин М.Х. Расчеты перспективных ленточных конвейеров: учебное пособие для преподавателей и студентов ВУЗов. - Алматы: РИК, 1994. - 352 с.

94 Бобровник Г.Н., Клебанов А.И. Прогнозирование в управлении техническим уровнем и качеством продукции: учеб. пособие. – М.: Издательство стандартов, 1984. - 232 с.

95 Гмошинский В.Г., Флиорент Г.И. Теоретические основы инженерного прогнозирования. – М.: Наука, 1973. – 304 с.

96 Темиртасов О.Т., Нукиев А.Р., Манежанов Б.А., Шаяхметов Е.Я. Стандарты ISO, FEM - основа для инженерного прогнозирования перспективы развития техники и технологии // Сб. трудов межд. научно-практ. конф. «Индустриально-инновационное развитие транспорта, транспортной техники и машиностроения». -Алматы:Каз НТУ, 2013. – С. 31-35.

97 Shayakhmetov Y., Mendebayev T., Manezhanov B., Temirtasov O., Ibragimova R. Prediction of development prospects of roller support designs for conveyor systems // International Journal of Applied Engineering Research. - 2015. – Vol. 10, №17. – P. 38110-38115 // <http://www.ripublication.com>© Research India Publications.

98 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя // В 3 т. / под ред. И.Н.Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 2001. - Т. 3. – 864 с.

99 Носов В.Б., Карпухин И.М., Федотов Н.Н. и др. Подшипниковые узлы современных машин: Энциклопедический справочник / под общ. ред. В.Б.Носова. - М.: Машиностроение, 1997.

100 Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.

101 Вешкурцев В.И., Мирошин Д.Г. Курсовое проектирование по дисциплине «Оборудование механосборочного производства и средства автоматизации»: учеб. пособие. — Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2013.—114 с.

102 Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки: справочник // В 2-х ч. - 6-е изд., перераб. и доп. — Л.: Машиностроение; Ленингр. отд-ние, 1983. - Ч.2. - 448 с.

103 Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки: справочник // В 2-х ч.-6-е изд., перераб. и доп. — Л.: Машиностроение; Ленингр. отд-ние, 1982. - Ч. 1. - 543 с.

104 Шаяхметов Е.Я., Манежанов Б.А., Темиртасов О.Т., Зимановский Г. Технология сборки корпуса специальной роlikоопоры // Вестник СГУ. - Семипалатинск, 2014. - №3 (67). - С.96-98.

105 Справочник технолога –машиностроителя // В 2 т. / под ред. А.М.Дальского, А.Г.Суслова, А.Г.Касиловой, Р.К.Мещерякова. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение — 1, 2001. - Т. 2. — 944 с.

106 Темиртасов О.Т., Шаяхметов Е.Я., Леонов С.Л., Мендебаев Т.М. Определение нагрузки на подшипники роликoв ленточного конвейера // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. — Алматы, 2016. - №4. — С. 123-130.

107 Анухин В.И. Допуски и посадки. Выбор и расчет, указание на чертежах: учеб. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. - 219 с.

108 Темиртасов О.Т., Ибрагимова Р.Р., Мендебаев Т.М., Манежанов Б.А., Шаяхметов Е.Я. Исследование статической жесткости корпуса опорных роликoв конвейера // Материалы 4 международной научной конференции «Актуальные проблемы механики и машиностроения». — Алматы: КазНТУ имени К.Сатпаева, 2014. — С.446-454.

109 Мендебаев Т.М., Темиртасов О.Т., Станислав Завислак, Шаяхметов Е.Я. Deformation analysis of the conveyor rollers bearing assembly // Сб. трудов 5 международной научной конференции студентов и докторантов «Инженер 21 века». - Бельско Бяла: Техническо гуманитарна академия г.Бельска Бяла, 2015. — Р. 333-338

110 Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов / пер. с англ. А.А.Шестакова, Б.Е.Победри. — М.: Изд-во «Мир», 1979. - 389 с.

111 Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. — М.: ДМК Пресс, 2013. — 784 с.

112 Лялин В.С., Зверева И.Г., Никифорова Н.Г. Статистика: теория и практика в Excel: учеб. пособие. — М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010. - 448 с.

113 Панов А.А., Аникин В.В., Бойм Н.Г. и др. Обработка металлов резанием: справочник технолога / под общ ред. А.А.Панова. - 2-е изд., перераб. и доп. — М.:Машиностроение, 2004. — 784 с.

114 Темиртасов О.Т., Шаяхметов Е.Я, Ибрагимова Р.Р., Манежанов Б.А. Технология изготовления обечаек роликов конвейерных систем из листа // Материалы 4 международной научной конференции «Актуальные проблемы механики и машиностроения». – Алматы: КазНТУ имени К.Сатпаева, 2014. – С.443-446.

115 Матвеев В.В., Тверской М.М., Бойков Ф.И. и др. Размерный анализ технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.

116 Руденко П.А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: учеб. пособие. – К.: Выща школа, 1991. – 247 с.

117 Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. – М.: Издательство стандартов, 1992. – 464 с.

118 Локтев А.Д., Гущин И.Ф., Батуев В.А. и др. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: справочник // В 2-х т. - Машиностроение, 1991. Т.1.– 640 с.

119 // <http://www.iscar.com/eCatalog/Path.aspx>

120 Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / под общ. Ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.

121 Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке.– 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение; Ленингр. Отд-ние, 1979. – 520 с.

122 Суслов А.Г., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.

123 Сулима А.М., Шулов В.А., Ягодкин В.П. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. - М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.

124 Инженерия поверхностей деталей / под ред. А.Г.Суслова. - М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.

125 Справочник технолога-машиностроителя. // В 2х т. / под ред. А.М.Дальского, А.Г.Касиловой, Р.К.Мещерякова, А.Г.Суслова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. - Т.1- 912 с.

126 Ящерицын П.И., Фельдман Е.Э., Корниевич М.А. Теория резания: учеб. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск: Новое знание, 2006. – 512 с.

127 Ямников А.С., Нгуен Ван Кыонг, Ямникова О.А. Влияние подачи и геометрии режущей кромки на расчетную шероховатость обработанной поверхности // Известия ТулГУ. Технические науки. -2014. -№11(1). – С. 67-73.

128 Леонов С.Л., Шаяхметов Е.Я. Влияние деформаций, износа инструментов и вибраций на шероховатость при растачивании. Технические науки – от теории к практике // Сб. ст. по материалам LXI междунар. науч.-практ. конф. - Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2016. - №8 (56). - 144 с.

129 Мазур Н.П., Внуков Ю.Н., Грабченко А.И. и др. Основы теории резания материалов: учебник (для высш. учебн. заведений) / под общ. ред. Н.П. Мазура и А.И. Грабченко. – 2-е изд., перераб. и дополн. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. – 534 с.

130 Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезв.ийным инструментом. - Л.: Машиностроение; Ленингр. отд-ние, 1986. - 184 с.

131 Темиртасов О.Т., Гусейнова Л.Р., Манежанов Б.А., Шаяхметов Е.Я. Имитационное моделирование механических и технологических систем // Сб. трудов международной научно-практической конференции «Перспективы развития машиностроения и транспорта в 21 веке». - Семей: ГУ имени Шакарима г.Семей, 2014. - С. 96-101.

132 Шаяхметов Е.Я., Зимановский Г.А., Темиртасов О.Т. Исследование свободного колебания резца методом А.Н.Крылова // Сб. трудов международной научно-практической конференции «Перспективы развития машиностроения и транспорта в 21 веке». - Семей: ГУ имени Шакарима г.Семей, 2014. - С. 228-231.

133 Леонов С.Л., Шаяхметов Е.Я., Мендебаев Т.М. Стохастическое моделирование как способ прогнозирования качества поверхности на примере деталей ролика конвейера // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. - 2016. - №7 (28) // <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3453>

134 Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М.: Наука; Главная редакция физико-математической литературы, 1981. - 488 с.

135 Суслов А.Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. – М.: Машиностроение, 1987. - 208 с.

136 Кулагин С.П., Леонов С.Л., Новоселов Ю.К., Татаркин Е.Ю. Технологическое обеспечение качества изготовления деталей с износостойкими покрытиями. - Новосибирск: Изд-во новосиб. ун-та, 1993. – 209 с.

137 Беляев Н.М. Соппротивление материалов. - Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1976. - 608 с.

138 Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Вероятностные методы расчета транспортирующих машин. – М.: Машиностроение, 1983. – 256 с.

139 Электронный ресурс «Каталог подшипников SKF» // d/115304/d/obshchiykatalog.chast1skf.pdf.

140 Роберт Хевиленд. Инженерная надежность и расчет на долговечность / пер. с англ. Б.А.Чумаченко; под ред. Б.Н. Баласанова. – М., 1966. – 231 с.

141 Капур К., Ламберсон Н. Надежность и проектирование систем / пер. с англ. Е.Г. Коваленко; под ред. И.А.Ушакова. – М.: Изд. «Мир», 1980. – 598 с.

142 Бизнес-планирование: учебник для вузов / под ред. В.М Попова, С.И. Ляпунова, С.Г. Млодика. – М.: Финансы и статистика, 2012. – 816 с.

143 Сборник бизнес-планов: практическое пособие / ред. Ю. Н. Лапыгин. - М.: Омега-Л, 2012. - 310 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права №1599 «Определение нагрузки на подшипники роликов ленточного конвейера»

Авторлық құқық объектісіне құқықтарды
мемлекеттік тіркеу туралы

ҚУӘЛІК

№ 1599 2 тамыз 2016 ж.

Қазақстан Республикасы Әділет министрлігінде авторлардың өтініші бойынша авторлары **Ержан Ярниарович Шаяхметов, Айгуль Кайрулаевна Шайханова** болып табылатын авторлық құқықпен қорғалатын объектіге айрықша мүлктік құқықтар «Определение нагрузки на подшипники роликов ленточного конвейера» (ғылыми туынды) атауымен тіркелгені куәландырылады.

Авторлардың өтініші бойынша авторлық құқықпен қорғалатын объектіге айрықша мүлктік құқықтар және 2016 жылғы 20 мамырда жасалған объекті **Е.Я. Шаяхметовқа, А.К. Шайхановаға** тиесілі және авторлар жоғарыда көрсетілген объектіні жасаған кезде басқа адамдардың зияткерлік меншік құқығы бұзылмағандығына кепілдік береді.

Тізілімде 2016 жылғы 2 тамызда жасалған № 1599 жазба бар.

Министрдің орынбасары Ж. Едмағамбетов



ҚУӘЛІК

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации прав
на объект авторского права

№ 1699

2 августа 2016 г.

Настоящим удостоверяется, что в Министерстве юстиции Республики Казахстан зарегистрированы исключительные имущественные права на объект авторского права под названием «**Определение нагрузки на подшипники роликов ленточного конвейера**» (произведение науки), авторами которого по заявлению авторов являются **Шаяхметов Ержан Ярниарович, Шайханова Айгуль Кайрулаевна**.

По заявлению авторов исключительные имущественные права на объект авторского права, созданный 20 мая 2016 года, принадлежат **Шаяхметову Е.Я., Шайхановой А.К.** и авторы гарантируют, что при создании вышеуказанного объекта не были нарушены права интеллектуальной собственности других лиц.

Запись в реестре за № 1699 от 2 августа 2016 года имеется.

Заместитель министра  **Ж. Ешмағамбетов**

СВИДЕТЕЛЬСТВО

ИС 005384

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, Российская Федерация «Расчет законов распределения параметров шероховатости при точении»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2017610890

**Расчет законов распределения параметров шероховатости
при точении**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Алтайский
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»
(АлтГТУ) (RU)*

Авторы: *Леонов Сергей Леонидович (RU),
Шаяхметов Ержан Ярнарлович (KZ)*



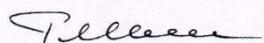
Заявка № **2016663008**

Дата поступления **22 ноября 2016 г.**

Дата государственной регистрации

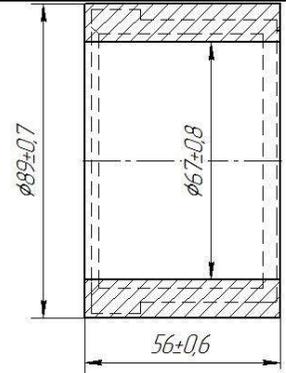
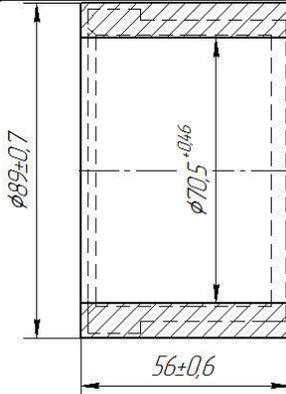
в Реестре программ для ЭВМ **18 января 2017 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

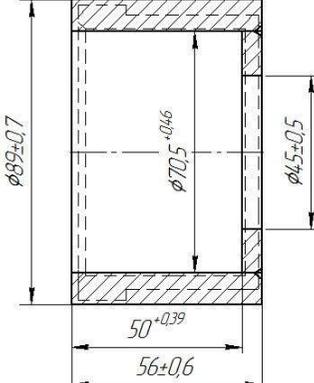
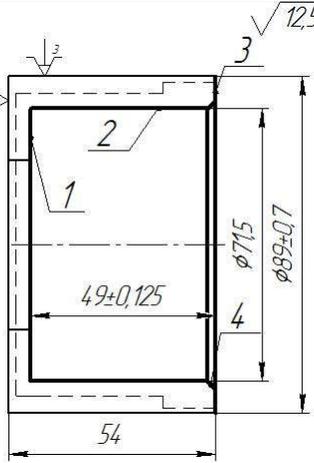
 **Г.П. Илев**

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В1 - Технологический процесс обработки детали «стакан»

№ операции	Наименование операции и содержание	Оборудование Оснастка, приспособлен ие	Режущий и мерительный инструмент	Эскиз	Режимы резания по переходам
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная Заготовка комбинированна я сварная	Исходная труба	Штангенциркуль ШЦ -1-0,1 0-125 ГОСТ 166-89 Штангенглубиномер 0-250 -0,05 ГОСТ 166-80		
001		Обработка внутренней поверхности черновая, обработка торцов и кромки под сварку,	1 Резец расточной упорный с механическим креплением пластин из твердого сплава: Державка E16RSCLCR/L-09 Пластина CCMT09T304		Переход А (черновая1, чистовая 2) $S_1=0,15$ мм/об; $t_1=1,75$ мм; $V_1=210$ м/мин; $T_0=0,43$ мин $T_{шт}=1,22$

Продолжение таблицы В1

1	2	3	4	5	6
002		Сварка полуавтоматическая с зачисткой сварного шва и прилегающей поверхности. Полуавтомат сварочный.			
005	Термообработка				Нормализация
010	Токарная А Точить поверхность 1 (внутренний торец $\phi 70,5$) Б Расточить пов. 2 ($\phi 70,5/\phi 71,5$) чистовое растачивание В Точить торец пов.3 в размер $49 \pm 0,125$ (точить торец $\phi 89$) Г Точить фаску пов.4 (2,2x45)	Т Токарно винторезный станок АС16М20Ф3, Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80	1 Резец расточной упорный с механическим креплением пластин из твердого сплава: Державка E16RSCLC R/L-09 Пластина ССМТ09Т304 Штангенциркуль ШЦ -1-0,1 0-125 ГОСТ 166-89 Штангенглубиномер 0-250 -0,05 ГОСТ 166-80		<p>Переход А Подача $S=0.15$мм/об Глубина рез. $t=1$мм Скорость рез. $V=210$ м/мин; $T_0=0,18$мин</p> <p>Переход Б (чистовая 2) $S_2=0.1$мм/об; $t_2=0,5$мм $V_2=141$ м/мин; $T_0=0,45$мин</p> <p>Переход В $S_1=0.15$мм/об; $S_2=0.1$мм/об $t_1=1,5$мм; $t_2=0,5$мм $V_1=220$ м/мин; $V_2=280$ м/мин $T_{01}=0,12$мин, $T_{02}=0,14$мин</p> <p>Переход Г $S=0.1$мм/об; $t=2,25$мм; $V=280$ м/мин; $T_0=0,1$мин $T_{шт}=2,3$мин</p>

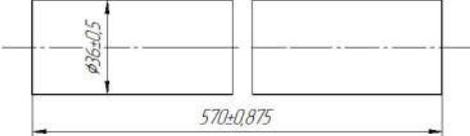
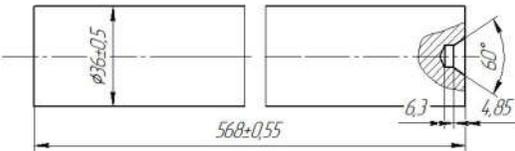
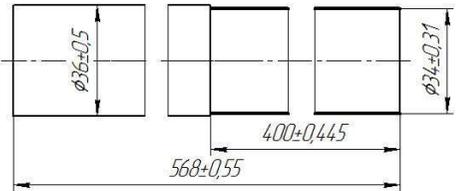
Продолжение таблицы В1

1	2	3	4	5	6
015	Токарная А Однократное точение пов.7 в размер $53_{-0,3}$ (торец $\varnothing 80$) Б Точить однократно $\varnothing 89/\varnothing 86$ пов.5 В получистовое и чистовое точение пов.6 в размер $39_{-0,25}$ ($\varnothing 86/\varnothing 80$)	Токарно винторезный станок АС16М20Ф3, Патрон трехкулачков ый ГОСТ 2675-80	1 Резец проходной упорный с механическим креплением пластин из твердого сплава: Державка SCLCR/L 1616Н-09, Пластина CCMT 09Т304-SM. Штангенциркуль ШЦ -1-0,1 0- 125 ГОСТ 166-89 Калибр скоба $\varnothing 80_{-0,12}$ Штангенрейсмасс ШР 40-400 ГОСТ 164-80		Переход А (однократное точение) $S=0.15\text{мм/об}$; $t=1\text{мм}$; $V=280\text{ м/мин}$; $T_0=0,18\text{мин}$ Переход Б $S=0.2\text{мм/об}$; $t=1,5\text{мм}$ $V=216\text{ м/мин}$; $T_0=0,36\text{мин}$ Переход В(получистовая1, чистовая 2 обработка) $S_1=0.15\text{мм/об}$; $S_2=0.1\text{мм/об}$ $t_1=2,5\text{мм}$; $t_2=0,5\text{мм}$ $V_1=200\text{ м/мин}$; $V_2=280$ м/мин $T_0=0,38\text{мин}$ $T_0=0,44\text{мин}$ $T_{\text{шт}}=2,55\text{мин}$
020	Шлифовальная А предварительное шлифование пов.8 ($\varnothing 71.5/\varnothing 71.9$) Б Окончательное шлифование пов.8 до диаметра $\varnothing 72_{-0,009}^{-0,039}$	Станок внутришлифо вальный ЗК227А	Круг шлифовальный Калибр пробка $\varnothing 72_{-0,039}^{-0,009}$ Индикатор часового типа ИЧ кл1 ГОСТ 577-68 Стойка ГОСТ 10197-70		$S_1=0.12\text{мм/об}$; $S_2=0.08\text{мм/об}$ $t_1=0,2\text{мм}$; $t_2=0,05\text{мм}$ $n_1=850\text{ м/мин}$; $n_2=1200$ м/мин $T_0=0,064\text{мин}$, $T_0=0,065\text{мин}$ $T_{\text{шт}}=1,7$

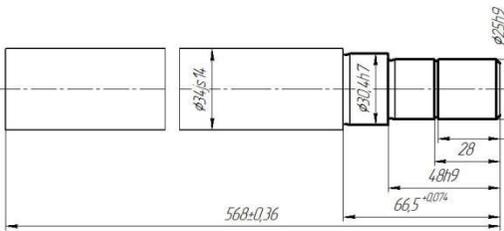
Продолжение таблицы В1

1	2	3	4	5	6
025	Слесарная - Зачистить заусенцы, острые кромки притупить	Верстак, Тиски П-140 ГОСТ 4045- 75; Напильник 2820-3019 ГОСТ 1465-80			$T_{шт}=4.7\text{мин}$
030	Моечная - Деталь промыть, просушить	Моечная машина Н367			
035	Контроль	Стол контрольный			$T_{шт}=2,5\text{мин}$

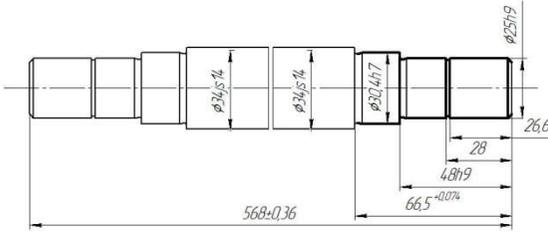
Таблица В 2 - Технологический процесс обработки детали «Ось»

№ операции	Наименование операции и содержание	Оборудование Оснастка, приспособлен ие	Режущий и мерительный инструмент	Эскиз	Режимы резания по переходам
1	2	3	4	5	6
000	Заготовительная Заготовка пруток Ø36ммx570		Штангенциркуль ШЦ -1- 0,1 0-125 ГОСТ 166-89		
005	Термообработка				(нормализация)
010	Фрезерно центровальная А Фрезеровать торцы в размер 568мм Б центровать с двух сторон	Станок фрезерно центровальны й 2Г942,08	А Фреза торцовая 2101- 0607 Т15К6 ГОСТ 5808- 77 Б Сверло центровочное Ø5мм ОСТ 2420 – 5 – 80 Штангенциркуль ШЦ -1- 0,1 0-125 ГОСТ 166-89		Переход А Подача S=0.1мм/об Глубина рез.t=1мм Скорость рез. V=439.6 м/мин T ₀ =0,04мин Переход Б S=0.2мм/об; t=2,5мм V=25,1 м/мин; T ₀ =0,09мин; T _{шт} =1,48
015	Токарная А Точить поверхность 1 (Ø36/34), однократное точение на длину 400м, Обработка с использованием подвижного люнета	Токарно винторезный станок АС16М20Ф3, Патрон трехкулачков ый ГОСТ 2675-80 Центр задний вращающийся	1 Резец проходной упорный с механическим креплением пластин из твердого сплава: Державка SCLCR/R 1616Н-09; Пластина ССМТ 09Т304-SM. Штангенциркуль ШЦ -1- 0,1 0-125 ГОСТ 166-89		Переход А Подача S=0.15мм/об Глубина рез.t=1мм Скорость рез. V=210 м/мин; T ₀ =1,3мин; T _{шт} =2,5мин

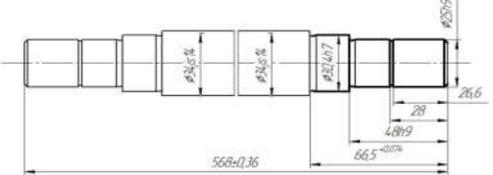
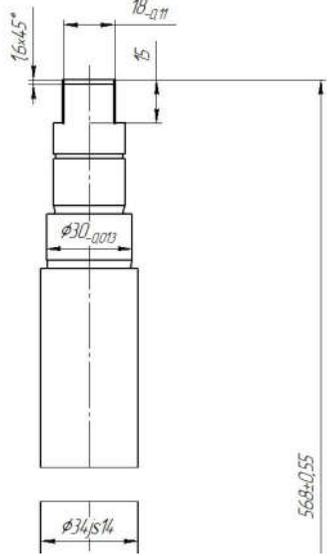
Продолжение таблицы В2

1	2	3	4	5	6
020	<p>Токарная А Точить поверхность 1 (Ø36/Ø 34), однократное точение на длину 268мм Б Полуцистовое точение на длине 66.5 до диаметра (Ø34/ Ø 31.4), В Чистовое точение на длину 66.5 до диаметра (Ø31.4/ Ø 30.4) Г Черновое (Ø30,4/ Ø 26) и чистовое (Ø26/ Ø 25) точение на длину 48мм Снять фаски 2x45 Д Точить канавку в=1,4мм до диаметра 23,5 Переустановить</p>	<p>Токарно винторезный станок АС16М20Ф3, Патрон трехлапчатый ГОСТ 2675-80 Центр задний вращающийся, Люнет подвижный</p>	<p>1 Резец проходной упорный с механическим креплением пластин из твердого сплава: Державка SCLCR/R 1616Н-09, Пластина ССМТ 09Т304-SM. 2 Резец для прорезания канавок с механическим креплением пластин из твердого сплава: Державка SCHL/R 6В-150NP005, Пластина SCIL/R 16-6В (16[16? L=125) Штангенциркуль ШЦ -1-0,1 0-125 ГОСТ 166-89 Калибр скоба Ø30,4 Калибр скоба Ø25</p>		<p>Переход А Подача S=0.15мм/об Глубина рез. t=1мм Скорость рез. V=220 м/мин T_о=1,2мин Переход Б S=0.2мм/об; t=1,3мм V=216 м/мин T_о=0,22мин Переход В(чистовая обработка) S₁=0.1мм/об; t=1мм; V₁=280 м/мин; T_о=0,44мин Переход Г (черновая и чистовая2 обр.) S₁=0,15мм/об; S₂=0.1мм/об t₁=2,2мм; t₂=0,5мм V₁=200 м/мин; V₂=280м/мин T_о=0,22мин; T_о=0,32мин Переход Д S₁=0.15мм/об; t=0,75мм; V₁=130м/мин; T_о=0.01мин T_{шт}=4,42мин</p>

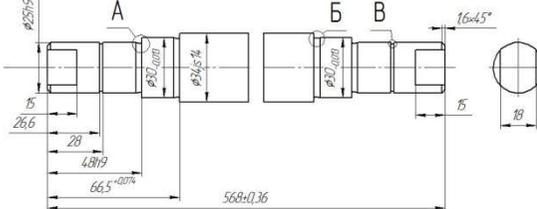
Продолжение таблицы В2

1	2	3	4	5	6
025	<p>Токарная А Получистовое точение на длине 66.5 до диаметра (Ø34/ Ø 31.4), Б Чистовое точение на длину 66.5 до диаметра (Ø31.4/ Ø 30.4) В Черновое (Ø30,4/ Ø 26) и чистовое (Ø26/ Ø 25) точение на длину 48мм Снять фаски 2x45 Г Точить канавку в=1,4мм до диаметра 23,5</p>	<p>Токарно винторезный станок АС16М20Ф3, Патрон трехкулачковый ГОСТ 2675-80 Центр задний вращающийся</p>			<p>Переход Б S=0.2мм/об t=1,3мм V=216 м/мин T_о=0,22мин</p> <p>Переход В(чистовая обработка) S₁=0.1мм/об; t=1мм; V₁=280 м/мин; T_о=0,44мин</p> <p>Переход Г (черновая1 и чистовая2 обработка) S₁=0,15мм/об; S₂=0.1мм/об t₁=2,2мм; t₂=0,5мм V₁=200 м/мин; V₂=280м/мин T_о=0,22мин T_о=0,32мин</p> <p>Переход Д S₁=0.15мм/об; t=0,75мм; V₁=130 м/мин; T_о=0.01мин</p> <p>T_{шт}=3,03мин</p>

Продолжение таблицы В2

1	2	3	4	5	6
030	Промежуточный контроль	Стол контрольный			
035	Слесарная - Зачистить заусенцы, острые кромки притупить	Верстак, Тиски II-140 ГОСТ 4045-75; Напильник 2820-3019 ГОСТ 1465-80			
040	Фрезерная Фрезеровать 2 параллельные лыски Переустановить Фрезеровать 2 параллельные лыски с другой стороны	Станок вертикально – фрезерный 6Р13Ф3	Фреза концевая		<p>Переход А $S=0.18\text{мм/зуб}$ Глубина фрезерования t и ширина фрезерования V: $t=15\text{мм}$; $V=0,75\text{мм}$ $n=1460\text{об/мин}$ $V=183,37\text{ м/мин}$; $i=2$ переустановить</p> <p>Переход Б $S=0.18\text{мм/зуб}$ Глубина фрезерования t и ширина фрезерования V: $t=15\text{мм}$; $V=0,75\text{мм}$ $n=1460\text{об/мин}$ $V=183,37\text{ м/мин}$ $i=2$; $T_0=0,2$ $T_{шт}=6,25\text{мин}$</p>

Продолжение таблицы В2

1	2	3	4	5	6
045	Шлифовальная Чистовое шлифование до диаметра $30_{-0,013}$ Переустановить Чистовое шлифование до диаметра $30_{-0,013}$ с другого конца	Станок круглошлифовальный 3М132	Круг шлифовальный		<p>Переход А Скорость круга $V_{кр}=32\text{м/с}$ Скорость заготовки $V_3=30\text{м/мин}$ Радиальная подача $S_p=0,005$ переустановить Переход Б Скорость круга $V_{кр}=32\text{м/с}$ Скорость заготовки $V_3=30\text{м/мин}$ Радиальная подача $S_p=0,005$ $T_o=0,4\text{мин}$ $T_{шт}=3,53\text{мин}$</p>
050	Моечная - Деталь промыть, просушить	Моечная машина Н367			
055	Контроль	Стол контрольный			

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Акт внедрения в учебный процесс

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Государственный университет имени Шакарима города Семей

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе

Г.К. Искакова

« 18 » ноября 2016 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Мы, нижеподписавшиеся члены комиссии:

Тулугалиева С.С., к.б.н., начальник отдела планирования и сопровождения учебного процесса,

Евлампиева Е.П., к.б.н., руководитель отдела науки,

Касенов А.Л., д.т.н., декан инженерно-технологического факультета

составили настоящий акт о том, что результаты научно-исследовательской работы Шаяхметова Е.Я, полученные им в результате выполнения диссертации на соискание степени доктора PhD, тема «Конструктивное и технологическое обеспечение качества роликкоопор ленточных конвейеров работающих в тяжелых условиях», внедрены в учебный процесс Государственного университета имени Шакарима города Семей на инженерно-технологическом факультете для студентов специальности 5В071200 «Машиностроение». Указанные результаты используются при чтении лекций, проведении лабораторно-практических занятий, написании курсовых работ по дисциплине «Основы технологии машиностроения», «Подъемно-транспортные механизмы».

Настоящий акт составлен в 3-х экземплярах и передан на хранение: первый экземпляр – на кафедру Технология машиностроения и механика, второй экземпляр – в деканат инженерно-технологического факультета, третий экземпляр – в отдел науки.

Члены комиссии:

Тулугалиева С.С.

Евлампиева Е.П.

Касенов А.Л.



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Акт внедрения в производство

Утверждаю:
Директор
ТОО «Жакен Калша»



Азимбеков М.К
31.10.2016г.

**Акт
внедрения результатов НИР Шаяхметова Е.Я. по теме докторской
диссертационной работы (PhD) «Конструктивное и технологическое
обеспечение качества роlikоопор ленточных конвейеров работающих в
тяжелых условиях»**

Мы представители Казахского Национального Исследовательского Технического университета имени К.Сатпаева, профессор кафедры «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения» Мендебаев Т.М., докторант Шаяхметова Е.Я., с одной стороны и представители ТОО «Жакен Калша» гл.инженер Азимбеков Е.М, главный конструктор Енсепов Д.Е рассмотрели материалы диссертационной работы Шаяхметова Е.Я. выполненной на тему «Конструктивное и технологическое обеспечение качества роlikоопор ленточных конвейеров работающих в тяжелых условиях». Шаяхметов Е.Я. предоставил информацию о разработанной конструкции опорного ролика, проведенных исследованиях данной конструкции методами размерного анализа конструкции, размерного анализа технологического процесса обработки детали ролика, компьютерного моделирования нагружения в среде Femap with NX Nastran.

Результаты НИР могут быть использованы при проектировании и изготовлении опорных роликoв конвейера.

Передано:

- методика расчета нагрузки на опорный ролик – программа на ЭВМ (Авторское свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права №1599 от 2августва 2016г.);
- программа для ЭВМ «Моделирование формирования шероховатости поверхности на этапе проектирования при растачивании»;
- Чертежи ролика новой конструкции.

от КазНИТУ имени К.Сатпаева

Мендебаев Т.М.

Шаяхметов Е.Я.

от ТОО «Жакен Калша»

Азимбеков Е.М

Енсепов Д.Е

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Сертификат о докладе на научном семинаре филиала польского общества прикладной и теоретической механики г.Бельска –Бяла (Техническо-гуманитарная академия г.Бельска-Бяла, Польша) на тему «Вопросы проектирования ленточных конвейеров работающих в сложных условиях»



University
of Bielsko-Biala

Faculty of Mechanical Engineering
and Computer Science
2 Willowa Street
43-309 Bielsko-Biala, POLAND

23rd APRIL, 2015

POLISH SOCIETY OF APPLIED AND THEORETICAL MECHANICS

CERTIFICATION

Mr. Shayakhmetov Yerzhan, M.Sc.- Ph.D-candidate from Kazakh National Technical University took part in the scientific seminar and gave a lecture within the framework of Polish Society of Applied and Theoretical Mechanics on the topic:

Design issues of conveyor belts working in difficult conditions

on April 16, 2015 at the Faculty of Mechanical Engineering and Computer Sciences, University of Bielsko-Biala (Poland).

Chair of the Bielsko-Biala Branch of PTMTS
Professor Andrzej Harlecki, Ph.D., D.Sc.

Vice-Chair of the Bielsko-Biala Branch of PTMTS
Member of IFToMM Permanent Commission
for Communications, Publications and Archiving
Professor Stanislaw Zawislak, Ph.D., D.Sc.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Генеральная определительная таблица (ГОТ) для учета конструктивных особенностей роlikоопор, предложенная Темиртасовым О.Т.

Позиция	Характеристика патентного решения- $\varphi(i)$	Оценка	
		Базисная	Предлагаемая
1. Техническое совершенство конструкции $\varphi(1)=1$			
R_1	Не обеспечивает корпус ролика совместный перекоc, встроенных наружного кольца и элементов уплотнения относительно внутреннего кольца подшипников и элементов уплотнения, размещенных на деформируемой оси или на деформируемых полуосях.	1	1
R_2	Обеспечивается частичный совместный перекоc колец подшипников и элементов уплотнения за счет податливости ступицы или наружной резинометаллической обоймы подшипников.	2	2
R_3	Обеспечивается частичный совместный перекоc колец подшипников и элементов уплотнения за счет податливости ступиц и обечайки.	3	3
R_4	Обеспечивается совместный поворот колец подшипников и элементов уплотнения за счет самоустанавливающихся подшипниковых узлов на параллельных плоскостях.	4	4
R_5	Обеспечивается совместный поворот колец подшипников и элементов уплотнения за счет самоустанавливающихся подшипниковых узлов по заданной траектории по общей совмещенной плоскости.	5	5
2. Степень новизны $\varphi(2)=1$			
R_1	Усовершенствование деталей существующих конструкций.	1	1
R_2	Усовершенствование уплотнительных устройств подшипниковых узлов существующих конструкций.	2	2
R_3	Усовершенствование всего подшипникового узла существующего на новом техническом уровне	3	3
R_4	Новое техническое решение, дополняющее имеющиеся патентные решения.	4	4
R_5	Принципиально новое решение, имеющие смысл открытия в данной области	5	5

3. Надежность роlikоопоры $\varphi(3) = 0,75$			
R_1	Не удовлетворяет требованиям безотказности, долговечности, сохраняемости и ремонтпригодности.	1	0,75
R_2	Удовлетворяет одному из четырех перечисленных требований.	2	1,5
R_3	Удовлетворяет двум из четырех вышеприведенных требований.	3	2,25
R_4	Удовлетворяет трем из четырех требований.	4	3,0
R_5	Удовлетворяет всем четырем требованиям.	5	3,75
4. Экономичность конструкции $\varphi(4)=0,5$			
R_1	Не удовлетворяет требованиям технологичности, стандартизации, удобства обслуживания и ремонта.	1	0,5
R_2	Удовлетворяет одному из четырех требований.	2	1,0
R_3	Удовлетворяет двум из четырех требований.	3	1,5
R_4	Удовлетворяет трем из четырех требований.	4	2,0
R_5	Удовлетворяет всем из четырех требований.	5	2,5
5. Экологичность конструкции $\varphi(5)=0,31$			
R_1	Не удовлетворяет требованиям бесшумности, защищенности подшипниковых узлов от засорения, невытекания смазки, безопленочности тел качения.	1	0,31
R_2	Удовлетворяет одному из четырех требований.	2	0,62
R_3	Удовлетворяет двум из четырех требований.	3	0,93
R_4	Удовлетворяет трем из четырех требований.	4	1,24
R_5	Удовлетворяет всем из четырех требований.	5	1,55

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Жесткие ролики с толстостенной обечайкой для тяжелых и сверхтяжелых грузов (P_1)

№	Исходные данные Страна, номер патента, а.с., класс, подкласс, дата опубликования	Кол. конст- ркции в патенте	Базисная оценка					q_{max}	q	Коэффициент полноты r	Категория прогноза
			i_1	i_2	i_3	i_4	i_5				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Ролики УНИПТИМАШ, 1970г.	1	1	2	2	2	2	17,8	6,12	0,34	4
2	Ролики ГИПРОТОРГа, 1970 г.	1	1	2	2	2	2	17,8	6,12	0,34	4
3	Патент Англии № 1205102, МКИ В65G 39/00, 16.09.1970	1	2	3	3	4	3	17,8	10,1 8	0,57	3в
4	АС СССР № 543584, В65G 39/00, 1970	1	1	2	2	2	3	17,8	6,43	0,36	4
5	АС СССР № 353886А, В65G 39/09, 18.10.1972	1	1	2	2	2	3	17,8	6,43	0,36	4
6	Патент Англии №1305303, В6 G 39/02, 31.01.1973	1	2	3	3	4	3	17,8	10,1 8	0,57	3в
7	АС СССР № 437675А, В65G 39/09, 08.01.1975	1	2	2	2	3	3	17,8	7,93	0,44	3н
8	АС СССР №541741 А, В65G 39/09, 21.03.1977	1	2	2	2	3	3	17,8	7,93	0,44	3н
9	АС СССР № 543584А, В65G 39/09, 25.03.1977	1	1	2	2	2	3	17,8	6,43	0,36	4
10	АС СССР № 618323А, В65G 39/09, 19.07.1978	1	2	2	2	3	3	17,8	7,93	0,44	3н
11	АС СССР № 624837А, В65G 39/02, 16.08.78	1	1	2	2	2	2	17,8	6,12	0,34	4
12	Патент ФРГ № 2805343, В65G 13/11, 23.08.1979	1	1	2	2	2	3	17,8	6,43	0,36	4
13	АС СССР № 688392, В65G 39/00, № 2605937, 10.12.1979	3	2	3	5	5	4	17,8	12,4 9	0,70	2с
14	Патент ПНР № 102685, В65G 39/09, №195220, 30.06.1979	1	2	3	3	4	3	17,8	10,1 8	0,57	3в
15	Патент Швеции №412363, В65G 39/09, 13/00 №7611577- 3, 3.03.1980	1	1	2	2	2	3	17,8	6,43	0,36	4
16	Патент Англии №2038472, кл. F2A. (F16C 35/06) №7928971, 23.07.1980	1	1	2	2	2	3	17,8	6,43	0,36	4
17	АС СССР №783145, В65G 39/00, №2605937, 30.11.1980	1	1	2	2	2	3	17,8	6,43	0,36	4
18	АС СССР № 1020323, В65G 39/02, №2605937, БИ № 20, 1983г.	1	1	2	2	2	3	17,8	6,43	0,36	4

19	АС СССР № 1620323А, В65G 39/02, 30.05.83	1	1	2	2	2	2	17,8	6,12	0,34	4
20	АС СССР № 1008110 А, В65G 39/02, В65G 39/12 30.03.1983	1	2	3	2	2	2	17,8	8,12	0,46	3с
21	ЕР №0112026 А1, В65G 39/02, 27.06.1984	1	1	1	2	3	2	17,8	5,62	0,315	4
22	АС ЧССР № 227838, В65G 39/02, № 2605937, 15.04.1986	1	2	3	5	5	4	17,8	12,4 9	0,70	2с
23	АС СССР №1245514А1, В65G 39/02, 23.07.1986	1	1	2	2	3	2	17,8	6,62	0,37	4
24	АС СССР № 1247329А1, В65G 39/02, 30.07.1986	1	1	1	2	3	2	17,8	5,62	0,315	4
25	АС СССР № 1258787А1, В6 G 39/02, 23.09.1986	1	1	1	2	3	2	17,8	5,62	0,315	4
26	АС РФ № 1798274А1, В65G 39/00, 28.02.1993	1	2	3	5	5	4	17,8	12,4 9	0,70	2с
27	АС РФ № 1810241А1, 5 В65G 39/00, 23.04.1993	1	2	3	3	4	3	17,8	10,1 8	0,57	3В
28	Предварительный патент РК №1383, В65G 39/00, 1994	1	1	4	2	4	2	17,8	9,12	0,51	3с
29	Патент РФ №2097296, В65G 39/00, 21.11.1997	1	2	3	2	4	4	17,8	9,74	0,55	3В
30	АС РФ № 2114039 С1, В65G 39/09, 1997	1	2	3	3	2	4	17,8	9,49	0,53	3В
31	АС РФ № 2118935 С1, В65G 39/04, 1998г	2	2	4	3	3	2	17,8	10,3 7	0,58	3В
32	АС РФ № 2127217С1, 7 В65G 39/02, 10.03.1999	1	2	3	3	4	3	17,8	10,1 8	0,57	3В
33	АС РФ № 2136569С1, В65G 39/02, В65G 39/12 11.02.1999	2	3	2	2	3	2	17,8	8,62	0,49	3с
34	Патент РФ №2127217, В65G 39/00, 10.03.1999	1	2	3	3	4	3	17,8	10,1 8	0,57	3В
35	АС РФ № 2149310С1, 7 В65G 39/09, 20.05.2000	1	2	3	3	4	3	17,8	10,1 8	0,57	3В
36	Патент РФ №2170205, В65G 39/00, 10.07.2001	1	1	2	3	4	2	17,8	7,12	0,4	3Н
37	Патент РФ №2172714, В65G 39/00, 27.08.2001	1	1	2	3	3	2	17,8	7,37	0,41	3Н
38	АС РФ № 2172714 С1, В65G 39/02, 2001	1	2	2	2	3	3	17,8	7,93	0,45	3Н
39	Патент РФ №2260553, В65G 39/09, 20.09.2005	1	1	3	2	3	3	17,8	7,93	0,45	3Н
40	Патент РФ №2314987, В65G 39/09, 20.01.2008	1	1	3	2	3	3	17,8	7,93	0,45	3Н
41	Патент РФ №2410318 С1, В65G 39/02, 27.02.2011	1	1	4	3	2	3	17,8	9,18	0,52	3с

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Ролики с обечайками или ступицами резинометаллическими, либо из комбинированных материалов для всех типов грузов(Р₂)

№	Исходные данные Страна, номер патента, а.с., класс, подкласс, дата опубликования	Кол. конструк- ции в патенте	Базисная оценка					q_{max}	q	Коэффициент полноты r	Категория прогноза
			i_1	i_2	i_3	i_4	i_5				
1	Патент Франции № 1590899, B65G 39/00, 29.05.1970	1	2	4	3	3	2	17,8	10,3 7	0,58	3в
2	АС СССР № 415209 А, В65G 39/09, 08.07.1974	1	2	3	3	4	3	17,8	10,1 8	0,57	3в
3	АС СССР № 459389 А, В65G 39/04, 26.03.75	1	2	3	3	3	3	17,8	9,68	0,54	3в
4	АС СССР № 461028 А, В65G 39/04, 11.04.1975	1	2	3	3	3	3	17,8	9,68	0,54	3в
5	АС СССР № 498228 А, В65G 39/09, 08.04.1976	1	2	2	3	3	3	17,8	8,68	0,49	3с
6	АС СССР № 543584 А, В65G 39/09, 25.03.77	1	2	2	3	3	3	17,8	8,68	0,49	3с
7	АС СССР № 541741 А, В65G 39/09, 21.03.77	1	2	3	3	3	3	17,8	9,68	0,54	3в
8	Заявка ФРГ №2734554, B65G 13/02, 08.02.1979	1	4	4	5	5	5	17,8	15,8	0,90	1с
9	АС СССР № 673558, №2490707, 15.07.1979	1	2	4	3	3	2	17,8	10,3 7	0,58	3в
10	Заявка ФРГ № 2825361, кл. F16C 13/00, В60R 33/00, 13.12.1979	1	3	3	5	5	4	17,8	13,4 9	0,76	2в
11	Патент DE №2800562А, В65G 39/09, 12.07.1979	1	2	4	4	3	3	17,8	11,4 3	0,64	2н
12	Патент Англия №1572711, кл. F2A (F16C 33/76), № 27341/76 30.07.1980	1	2	4	3	3	2	17,8	10,1 8	0,56	3в
13	Заявка ФРГ №2901273, В65G 39/06, 24.07.1980	1	3	4	4	3	3	17,8	12,4 3	0,70	2с
14	АС СССР В65G 39/06 №781141, № 2676236, 23.11.1980	1	2	4	3	3	2	17,8	10,1 8	0,56	3в
15	Патент Англия №1572711, F16C 35/67, №1578349, заяв. 10.09.1976, № 37572/76 опубл. 05.11.1980	1	2	4	3	3	2	17,8	10,1 8	0,56	3в
16	АС ЧССР В65G 39/06 №183008, заяв. 01.10.1974, №6744-74, опуб. 15.05.1980	1	2	2	3	4	3	17,8	9,18	0,51	3с

17	Патент Румынии № 91776, В65G 39 / 02, В65G 39 / 04 30.05.1980	1	2	2	3	4	3	17,8	9,18	0,51	3с
18	Заявка Англии № 2050531, F2A (F16C 35/071) заяв. 09.03.1979 № 7908393, опубл. 07.01.1981	1	2	4	3	3	2	17,8	10,3 7	0,58	3в
19	АС СССР № 839913А, В65G 39/09, 30.06.81	1	2	3	3	3	3	17,8	9,68	0,54	3в
20	АС СССР №960103, В65G 39/00, БИ №35, 1982	1	3	4	3	3	2	17,8	11,3 7	0,64	2н
21	Заявка ФРГ №3205061, МКИ В65G 39/02, 18.08.1983	1	3	4	4	3	3	17,8	12,4 3	0,70	2с
22	Спиваковский «Транспортирующие машины – М.:Машиностроение, 1983г., с.107,108»	1	3	4	3	3	2	17,8	11,3 7	0,64	2н
23	АС СССР №1194790А, В65G 39/09, 30.11.1985	1	2	3	3	3	3	17,8	9,68	0,54	3в
24	АС СССР №1348267А1, В65G 39/09, 30.10.1987	1	2	2	3	3	3	17,8	8,68	0,48	3с
25	ЗенковР.Л. и др. Машины непрерывного транспорта -М.: Машиностроение, 1987г., с. 121	1	3	4	3	3	2	17,8	11,3 7	0,63	2н
26	Заявка ФРГ №3540405, В65G 39/09, 21.05.1987	1	3	4	4	3	3	17,8	12,4 3	0,70	2с
27	АС СССР №1532465 А1, В65G 39/04, 30.12.1989	1	3	3	2	3	2	17,8	9,62	0,54	3с
28	АС РФ № 1548129А1, 5 В65G 39/06, 07.03.1990	1	4	4	2	4	3	17,8	12,4 3	0,70	2с
29	АС РФ №1666411А1, 5 В65G 39/06, 30.07.1991	1	4	4	2	4	3	17,8	12,4 3	0,70	2с
30	АС СССР №1712274А1, В65G 39/04, 15.02.1992	1	4	2	3	3	2	17,8	10,3 7	0,58	3в
31	АС РФ № 1740280А1, 5 В65G 39/06, 15.06.1992	1	4	4	2	4	3	17,8	12,4 3	0,70	2с
32	АС РФ № 1798274А1, 5 В65G 39/00, 28.02.1993	1	2	3	5	5	4	17,8	12,4 9	0,7	2с
33	АС РФ № 2017678С1, В65G 39/04, 15.08.1994	1	3	4	3	3	3	17,8	11,6 8	0,65	2н
34	Патент РФ №2017678, В65G 39/00, 15 .08 .1994	1	3	4	3	3	3	17,8	11,6 8	0,65	2н
35	АС Украина № 5383549А, В65G 39/09, 24.01.1995	1	2	3	3	3	3	17,8	9,68	0,54	3в
36	АС РФ №2097296С1, 5 В65G 39/09, 21.11.1997	1	4	4	2	4	3	17,8	12,4 3	0,70	2с
37	АС РФ № 2093445С1, В65G 39/09, 20.10.1997	1	2	3	3	4	3	17,8	10,1 8	0,57	3в
38	АС РФ №2121957С1, 6В65 G	1	3	4	2	4	3	17,8	11,4	0,64	2н

	39/09, 20.11.1998								3		
39	Патент РФ №2114039, B65G 39/00, 27.06.1998	3	2	4	2	2	4	17,8	9,74	0,55	3B
40	АС РФ №2136569C1, B65G 39/04, 1999-2000г	2	3	2	2	3	2	17,8	8,62	0,49	3c
41	АС РФ №2165883C1, B65G 39/09, . 2001г	1	3	3	3	4	3	17,8	11,1 8	0,62	2H
42	Предварительный патент РК №9815, 5 В 65 G17/24, 15.01.2001	2	5	5	4	4	3	17,8	15,9 3	0,90	1c
43	Патент JP 4268474B2, 8 B65H 5/06, 09 .07 .2003	1	2	4	3	3	1	17,8	10,0 6	0,56	3B
44	Патент РФ №2238901 , B65G 39/00, F16N17/00, C10M101/00, 27. 10. 2004	1	3	4	4	2	4	17,8	12,2 4	0,69	2c
45	Патент РФ №2244670C1, B65G 39/09, 20.01.2005	1	3	4	3	3	4	17,8	11,9 9	0,67	2c
46	DE 102006040883B4, B65G 39/00, 31.08.2006	1	2	3	3	4	3	17,8	10,1 8	0,57	3B
47	Патент РФ №2278069C1, B65G 39/09, 20.06.2006	1	3	3	4	4	4	17,8	12,2 4	0,69	2c
48	WO 2007112553A1, 8 B65G 39/00, 11.10.2007	1	2	4	3	3	4	17,8	10,9 9	0,62	2H
49	JP 512149, F16C13/00, 16.02.2013	1	2	4	4	3	4	17,8	11,7 4	0,66	2c

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Ролики с деформируемыми тонкостенными ступицами сложной формы и обечайкой для легких и средних грузов(Р₃)

№	Исходные данные Страна, номер патента, а.с., класс, подкласс, дата опубликования	Кол. конст- рукции в патенте	Базисная оценка					q_{max}	q	Коэффициент плотности r	Категория прогноза
			i_1	i_2	i_3	i_4	i_5				
1	Заявка ФРГ №2724243, В65G 39/07, 1978	1	2	3	5	5	4	17,8	12,49	0,70	2с
2	АС СССР № 668853, В65G 39/06 заяв. 07.02.1978, № 2577509, опубл. 25.06.1979	1	2	3	4	4	4	17,8	11,24	0,63	2н
3	Патент ФРГ №2512843 В65G 39/07, 1979г.	1	1	2	3	4	3	17,8	8,18	0,45	3н
4	Патент Англии №1566124, В65G 39/02, 30.04.1980	1	2	3	3	4	3	17,8	10,18	0,57	3в
5	Заявка Франции №2437545, F16J 15/447, 25.04.1980	1	1	4	4	4	4	17,8	11,24	0,63	2н
6	Заявка Англии № 2047845, В65G 39/09, 03.12.1980	1	2	3	4	4	4	17,8	11,24	0,63	2н
7	Патент USA № 4311242, В07 1/14, 19.01.1982	1	1	2	3	4	3	17,8	8,18	0,45	3н
8	Заявка Японии №57-126311, В65G 39/08, 06.08.1982	1	2	3	4	4	4	17,8	11,24	0,63	2н
9	Патент USA №4448296, В65G 13/00, 15.05.1984	1	2	3	4	4	4	17,8	11,24	0,63	2н
10	Заявка Англия №2180035, В65G 39/00, 18.03.1987	1	1	4	4	4	4	17,8	11,24	0,63	2н
11	АС РФ №1542872А1, 5 В65G 39/00, 15.02.1990	1	2	3	3	4	3	17,8	10,18	0,57	3в
12	АС РФ №1806078А3, 5 В65G 39/00, 30.03.1993	1	2	3	3	4	3	17,8	10,18	0,57	3в
13	Патент РФ №2121957, В65G 39/00, 20.11.1998	1	2	3	4	2	3	17,8	10,24	0,57	3в
14	Предварительный патент РК №7610, В65G 39/00, БИ № 6, 15.06.1999	2	4	5	5	4	4	17,8	15,99	0,90	1с
15	Предварительный патент РК №7756, В65G 39/00, БИ № 7, 15.07.1999	2	4	5	5	4	4	17,8	15,99	0,90	1с
16	Патент РФ №2136569, В65G 39/00, 10.09.1999	5	4	4	3	3	2	17,8	12,37	0,7	2с
17	Патент РФ №2165883, В65G 39/00, 27.04.2001	1	2	3	3	3	4	17,8	9,99	0,56	3в
18	Патент РФ №2224705, В65G	1	3	4	4	4	4	17,8	13,	0,74	2в

	39/00, 27.02.2004								24		
19	Патент РФ №2224704, B65G 39/00, 27.02.2004	1	3	4	4	4	4	17,8	13, 24	0,74	2В
20	Полезная модель к патенту РК №253, B65G 39/00, B65G 39/09, 16.10.2006	1	2	3	5	4	4	17,8	11, 99	0,67	2с
21	Патент РФ №2324635C1, B65G 39/09, B65G 43/06, 20.05.2008	1	2	3	2	2	4	17,8	8,7 4	0,49	3с
22	Патент РФ №2373128C1, B65G 39/09, 23.06.2008	1	2	4	3	3	4	17,8	10, 99	0,62	2Н
23	US 8397906B12, 19.03.2013	1	3	3	4	4	4	17,8	12, 24	0,69	2с

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Ролики с самоустанавливающимися подшипниковыми узлами для всех типов грузов(Р₄)

№	Исходные данные	Кол. конструкций в патенте	Базисная оценка					q_{max}	q	Коэффициент полноты r	Категория прогноза
	Страна, номер патента, а.с., класс, подкласс, дата опубликования		i_1	i_2	i_3	i_4	i_5				
1	АС СССР № 688392, В65G 39/00, 10.12.1979 г.	3	2	3	5	5	4	17,8	12,49	0,7	2с
2	АС РФ №1798274А1, 5 В65G 39/00, 28.02.1993	1	1	4	4	4	4	17,8	11,24	0,63	2н
3	АС РФ №1810241А1, 5 В65G 39/00, 23.04.1993	1	1	4	4	4	4	17,8	11,24	0,63	2н
4	Патент РК №7610, В65G 39/00, 15.06.1999	1	4	5	5	5	4	17,8	16,49	0,926	1с
5	Патент РК №13658, В65G 17/24, 14.11.2003	2	4	5	5	5	4	17,8	16,49	0,926	1с
6	Предпатент РК №14793, В65G 17/24, 15.09.2004	2	4	4	5	4	5	17,8	15,3	0,85	1н
7	Патент РК №17624 В65G 17/00, 13.06.2006	2	4	5	5	5	4	17,8	16,49	0,926	1с
8	Патент РК №1998 В65G 15/00, 15.09.2008	2	4	5	5	5	4	17,8	16,49	0,926	1с
9	Патент РК №20213 В65G 47/52, 25.06.2008	3	4	5	5	5	4	17,8	16,49	0,926	1с
10	Инновационный патент РК №21789 В65G 15/00 15.10.2009	2	4	4	3	4	5	17,8	13,8	0,77	2в
11	Патент РФ №2438955С2, 5 В65G 39/12, 10.01.2012	1	4	4	4	5	5	17,8	15,05	0,85	1н
12	Патент РФ №2520990С2, 5 В65G 39/00, F16C 35/063, F16C 19/18, 10.03.2013	1	4	4	4	5	5	17,8	15,05	0,85	1н

ПРИЛОЖЕНИЕ Н



1235364

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ӘДІЛІЕТ МИНИСТРЛІГІНІҢ
"ҰЛТТЫҚ ЗИЯТКЕРЛІК МЕНШІК
ИНСТИТУТЫ"
ШАРУАШЫЛЫҚ ЖҮРГІЗУ
ҚҰҚЫҒЫНДАҒЫ РЕСПУБЛИКАЛЫҚ
МЕМЛЕКЕТТІК КӘСІПОРНЫ



РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ НА ПРАВЕ
ХОЗЯЙСТВЕННОГО ВЕДЕНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ»
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Орынбор к-сі, 8-үй, Министрліктер үйі, № 1 – кіреберіс,
Есілдің сол жағалауы, Астана қ. Қазақстан Республикасы, 010000
тел.: (7172)74-95-80, факс (7172) 74-96-21
<http://www.kazpatent.kz>, e-mail: kazpatent@kazpatent.kz

ул. Орынбор, д. 8, Дом министерства, подъезд № 1,
Левобережье, г. Астана, Республика Казахстан, 010000
тел.: (7172)74-95-80, факс (7172) 74-96-21
<http://www.kazpatent.kz>, e-mail: kazpatent@kazpatent.kz

Дата поступления заявки: 10.03.2015

Адрес переписки:

РГП на ПХВ "Государственный университет имени Шакарима города Семей" Министерства образования и науки Республики Казахстан
ул. Глинки, д. 20 А, г. Семей, Восточно-Казахстанская область, 071412

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о выдаче инновационного патента на изобретение

(21) Заявка № 2015/0336.1
(22) Дата подачи заявки 10.03.2015

ПРИОРИТЕТ УСТАНОВЛЕН:

- (22) по дате подачи заявки
 (23) по дате поступления
 дополнительных материалов от _____ к более ранней заявке № _____
 (66) по дате подачи ранее поданной заявки № _____ от _____
 (62) по дате подачи первоначальной заявки № _____ от _____
 по дате подачи первой заявки в государстве-участнике Парижской конвенции

(31) № приоритетной заявки (32) Дата подачи приоритетной заявки (33) Код страны приоритетной заявки

(85) Дата перевода международной заявки на национальную фазу.

(86) Регистрационные данные заявки РСТ

(71) Заявитель(и) Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Государственный университет имени Шакарима города Семей" Министерства образования и науки Республики Казахстан

(72) Автор (ы) Темиртасов Омар Темиртасович; Манежанов Болат Аскарбекович; Шаяхметов Ержан Ярнарлович; Гусейнова Лаура Руслановна

(73) Патентообладатель (и) Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Государственный университет имени Шакарима города Семей" Министерства образования и науки Республики Казахстан

(51) МПК **B65G 15/00** (2006.01)

B65G 15/28 (2006.01)

(54) Название изобретения Ленточный конвейер



(21) №2015/0336.1

На основании пункта 2 статьи 5 Патентного закона Республики Казахстан инновационный патент выдается на риск и под ответственность заявителя в отношении мировой новизны и изобретательского уровня.

В результате экспертизы заявки на выдачу инновационного патента на изобретение установлено соответствие заявленного изобретения требованиям пункта 5 статьи 22-1 Патентного закона Республики Казахстан и вынесено заключение о выдаче инновационного патента на изобретение с нижеприведенной формулой:

(57)

Ленточный конвейер, включающий наклонную и горизонтальную части с промежуточным переходным участком выпуклостью вверх между ними, содержит бесконечную гибкую ленту, образующую между приводным и натяжным барабанами грузовую и холостую ветви; загрузочный бункер; желобчатые роликоопоры, установленные на грузовой ветви ленты; прямые ролики, установленные на холостой ветви, и роликовую батарею, установленную на грузовой ветви переходных участков выпуклостью вверх; установленные на горизонтальной и наклонной частях конвейера центрирующие роликоопоры; при этом прямые ролики и ролики желобчатых роликоопор выполнены в виде цилиндрических обечаек, закрепленных на подшипниковых узлах, расположенных на концах роликов, отличающийся тем, что каждый подшипниковый узел имеет литую ступицу установленную в специально расточенное под нее посадочное место в цилиндрической обечайке и зафиксированное с помощью сварки, при этом в ступице имеются сквозные пазы и внутренний бурт, для фиксации специального однорядного радиально-упорного конического роликового подшипника с защитной шайбой, у которого конические ролики имеют стрелу выпуклости с радиусом закругления

$d < R_3 < D_n$, где d - посадочный диаметр подшипника, а D_n - наружный диаметр подшипника, а внутреннее кольцо имеет разгрузочную зону в виде сегментного сферического паза углом $\theta = \frac{4 * \pi}{z} * 57,29^\circ$ и радиусом $R_4 = 1.21 * d$, где z - число роликов подшипника; во внутренней полости ступицы размещены круглая гайка с винтовыми канавками закрепленная с помощью резьбового соединения на концевую часть оси ролика и зафиксированная многолапчатой стопорной шайбой, распорная втулка, насаженная на ось ролика между круглой гайкой и внутренним кольцом подшипника, Г-образная втулка с наружным буртом касающимся наружного кольца подшипника и вертикальной стенкой к которой приклеено антифрикционное тонкостенное кольцо, надетое на распорную втулку; подвижный диск, на цилиндрической кромке которого выполнены углубления, размещенный внутри ступицы напротив его пазов и поджатый к неподвижному диску пружинами, опирающимися на бурт Г-образной втулки, при этом в подвижном диске выполнены желобчатые углубления под конус, имеющие угол наклона α_1 ($\alpha_1 = 10 \div 15^\circ$) в

которых размещены четыре симметрично распределенных по окружности шарика, также в подвижный диск через пазы в стакане подшипникового узла устанавливаются штифты для обеспечения совместного вращения подвижного диска вместе с ступицей; наряду с этим наружная полость ступицы закрыты совместно с подшипниковым узлом общей крышкой с крыльчаткой.

(56) Александров М.П., Подъемно-транспортные машины: учебник для машиностроительных специальных вузов, 6-е издание, 1985, 387 с, рис.217.

Директор



С. Бекенов

Заместитель директора



К. Батаева

Начальник управления



Г. Ильясова

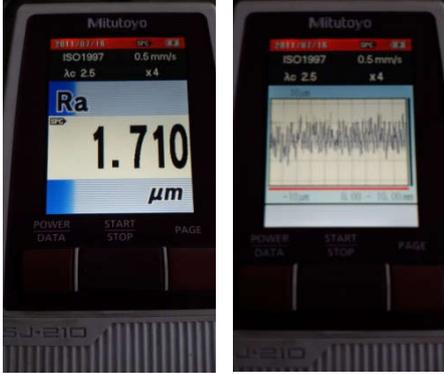
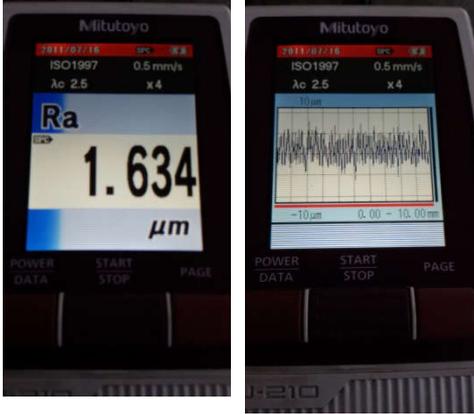
Эксперт



М. Сериков

ПРИЛОЖЕНИЕ П

Данные измерений шероховатости профилемером Surftest SJ-210

№ образца	Результаты измерения (фото)	№ образца	Результаты измерения (фото)
1		7	
2		8	
3		9	

4		10	
5		11	
6		12	