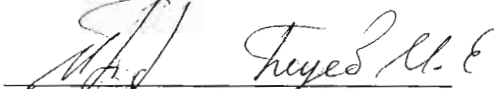


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Факультет заочный инженерно-экономический  
Кафедра «Машины и технологии обработки материалов давлением»

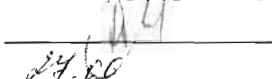
ВКР ПРОВЕРЕНА

Рецензент

  
20.06.2016г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,  
д.т.н., профессор

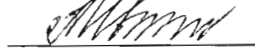
  
В.Г. Шеркунов  
2016г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ РАЗГРУЗОЧНОГО УЗЛА ПРИВОДА  
ТРУБНО-ЦЕПНОГО КОНВЕЙЕРА

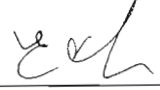
ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
151000.62.2016.750.00 ПЗ ВКР

Консультанты:

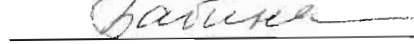
Экономический раздел

  
А.Б. Иванова, к.п.н.  
«20» июня 2016 г.


Руководитель ВКР

  
Е.А. Храмцов  
«20» июня 2016 г.

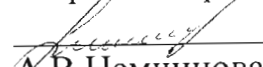
Безопасность жизнедеятельности

  
И.А. Бабина, к.ф-м.н.  
«20» июня 2016 г.

Автор работы  
студент группы ТмЗ – 478

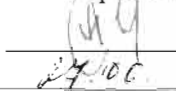
  
И.Е. Шадский  
«20» июня 2016 г.

Нормоконтролер

  
А.В. Немчинова, ст. преп.  
«20» июня 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)

Факультет Заочный инженерно-экономический  
Направление подготовки 151000.62 Технологические машины и оборудование  
Кафедра Машины и технологии обработки материалов давлением

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой  
доктор тех. наук, профессор  
В.Г. Шеркунов  
2016г.

## ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

гр. ТмЗ – 478 Шадский Иван Евгеньевич

**1. Тема работы** «Модернизация разгрузочного узла привода трубно-цепного конвейера»

утверждена приказом от «24» 04 2016г. № 838

**2. Срок сдачи студентом законченной работы** 1 июля 2016г.

**3. Исходные данные к работе**

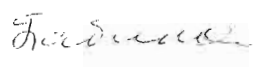
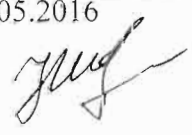
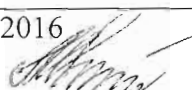
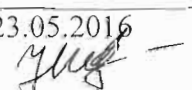
- 1 Чертеж трубного цепного конвейера
- 2 Чертеж конвейера трубного цепного конвейера горизонтального
- 3 Чертеж конвейера трубного цепного вертикального
- 4 Научно-техническая литература

**5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

- |  |        |
|--|--------|
| 1 Конвейер трубный цепной горизонтальный                   | 1 лист |
| 2 Модернизированный конвейер трубный цепной горизонтальный | 1 лист |
| 3 Лоток направляющий                                       | 1 лист |
| 4 Конвейер трубный цепной вертикальный                     | 1 лист |
| 5 Направляющая воронка                                     | 1 лист |
| 6 Редуктор   | 1 лист |

Всего 6 листов

**6. Консультанты по ВКР, с указанием относящихся к ним разделов работы**


Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание принял
Охрана труда и промышленная безопасность	Бабина И.А.	23.05.2016 	23.05.2016 
Экономический	Иванова А.Б.	23.05.2016 	23.05.2016 


Дата выдачи задания 23.05.2016 г.

Руководитель Храмцов Евгений Александрович

Задание принял к исполнению 23.05.2016 г.

Студент Шадский Иван Евгеньевич.

  
(подпись)

  
(подпись)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении
Общий раздел	02.06.2016	<i>Выполнено ЕА</i>
Специальный раздел	11.06.2016	<i>Выполнено ЕА</i>
Экономический раздел	11.06.2016	<i>МММ</i>
Организационный раздел	18.06.2016	<i>Выполнено ЕА</i>
Охрана труда и промышленная безопасность	23.06.2016	<i>Таблице</i>

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /В.Г. Шеркунов /

Руководитель работы \_\_\_\_\_ /Е.А. Храмцов /

Студент \_\_\_\_\_ /И.Е. Шадский /

(подпись)

(подпись)

(подпись)

## АННОТАЦИЯ





Шадский И.Е. Модернизация разгрузочного узла привода трубно-цепного конвейера – г.Челябинск: ЮУрГУ, МиТОМД, 2016, 87 с., 7ил., 14 табл. Библиографический список – 19 наименования.

В выпускной квалификационной работе рассмотрен трубно-цепной конвейер, его общий вид, устройство и назначение, а также представлена последовательность и особенности процесса модернизации разгрузочного узла привода трубно-цепного конвейера. В специальной части приведены расчеты.

В процессе выполнения проекта проведён обзор характеристики цеха по производству магниевых изделий №1 департамента по производству изделий АО «Комбинат «Магнезит». Рассмотрены принципы оформления рационализаторских предложений, проблемы их внедрения и принцип формирования рационализаторских предложений.

В экономической части представлен расчет затрат по материальным ресурсам, на проектирования проектно сметной документации, а также представлен расчет трудовых затрат и накладных расходов.

Разработаны мероприятия по охране труда и промышленной безопасности при работе на трубно-цепном конвейере.

<b>151000.62.2016.750.00 ПЗ</b>								
<i>Изм</i>	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Модернизация разгрузочного узла привода трубно-цепного конвейера</i>	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Шадский И.Е.		20.06.16		ВКР	5	87
<i>Проверил</i>		Храмцов Е.А.		20.06.16		ЮУрГУ г. Челябинск Кафедра МиТОМД		
<i>Н.контр.</i>		Немчинова А.В.		26.06.16				
<i>Утв.</i>		Шеркунов В.Г.		24.06.16				

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ.....	10
1.1 Характеристика АО «Комбинат «Магнезит» и организация производства	10
1.2 Функции основных производственных участков.....	19
1.3 Технологическая схема, основное технологическое оборудование и его техническая характеристика.....	22
1.4 Характеристики цепного конвейера.....	24
1.5 Цепной конвейер - эксплуатация и применение.....	29
1.6 Принцип транспортировки и преимущества эксплуатации.....	30
2 СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	33
2.1 Привод цепного конвейера.....	33
2.2 Выбор электродвигателя. Кинематический и силовой расчет привода.....	34
2.3 Расчет закрытой зубчатой цилиндрической передачи.....	36
2.4 Расчет открытой зубчатой цилиндрической передачи.....	41
2.5 Проектный расчет валов.....	45
2.6 Эскизная компоновка редуктора.....	47
2.7 Определение внутренних силовых факторов в сечениях вала.....	50
2.8 Проверка подшипников на долговечность.....	54
2.9 Проверочный расчет тихоходного вала.....	55
2.10 Выбор шпонок и проверка их на прочность.....	59
2.11 Модернизация разгрузочного узла привода трубно-цепного конвейера	61
3 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	62
3.1 Расчет затрат на материальные ресурсы.....	62
3.2 Расчет затрат на проектирование и разработку проектной документации для направляющей воронки трубно цепного конвейера.....	64
3.3 Расчет трудовых затрат.....	64
3.4 Расчет накладных расходов.....	66
4 ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ.....	69
4.1 Внедрение изобретений и рационализаторских предложений.....	69

4.2 Проблемы активации рационализаторской деятельности.....	69
4.3 Формирование системы подачи предложений.....	73
5 ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	78
5.1 Охрана труда при работе на трубно-цепном конвейере.....	78
5.2 Опасные и вредные производственные факторы.....	80
5.3. Требования пожарной безопасности.....	81
5.4 Техника безопасности.....	82
5.5 Требования охраны труда в аварийных ситуациях .....	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	85
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	86
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	88

## **ВВЕДЕНИЕ**

Во всех отраслях промышленности, где процесс производства происходит при высоких температурах: выплавка, прокат, ковка или термическая обработка черных и цветных металлов, горения топлива в топках и другое, необходимы огнеупорные материалы, оказывающие длительно сопротивление воздействию высоких температур.

Огнеупоры являются основными конструкционными и теплоизоляционными материалами высокотемпературных агрегатов вышеуказанных отраслей техники. Кроме того, разнообразные огнеупорные изделия (трубки, стаканы, шары, плиты, чехлы, сифоны, сопла и т.д.) применяются в качестве важнейших функциональных элементов современных технологических схем и устройств, работающих при высоких температурах - в агрегатах для разлива стали, теплообменниках, контактных пирометрах и многих других. Эти изделия во многих случаях определяют производительность, надежность и даже работоспособность агрегатов.

Трубные цепные транспортеры представляют собой модульную систему, которая предлагает огромное множество вариантов транспортировки насыпных материалов. Конвейеры выполнены из углеродистой стали с соответствующей внешней обработкой.

Перспективный вид непрерывного транспорта для сыпучих грузов, незаменим на производстве с требованиями: по пыленепроницаемости, газоплотности, бесшумности в работе, транспортировании токсических или горячих (до 200°C) сыпучих материалов. В зависимости от потребности, трубный цепной конвейер может изготавливаться в вертикальном (40-50 м. длиной), а также в горизонтальном (60-80 м. длиной), исполнении. Захватывающие диски, которые двигаются в нутри трубы, диаметром 160...200мм, в зависимости от вида груза могут быть металлическими или бандажованными полиамидом, вулканом и тому подобными.



Максимальная производительность трубно-цепного конвейера составляет 60 м<sup>3</sup> в час.

Задачи работы:

- изучить последовательность и особенности модернизации разгрузочного узла трубно-цепного конвейера;
- представить технологические параметры трубно-цепного конвейера;
- разработать мероприятия по охране труда.

Объект работы: трубный цепной конвейер.

## 1 ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

### 1.1 Характеристика АО «Комбинат «Магнезит» и организация производства

АО «Комбинат «Магнезит» - крупнейшее предприятие Группы Магнезит, обладающее более чем вековой историей деятельности. Комбинат расположен в городе Сатка Челябинской области и входит в состав Саткинской производственной площадки Группы Магнезит.

Выпуск магнезиальной огнеупорной продукции Комбинат начал в 1901 году. Сегодня он обеспечивает полный цикл производства огнеупоров — от добычи сырья до отгрузки продукции конечным потребителям. Наличие собственной минерально-сырьевой базы создает основу для широкого продуктового портфеля формованных и неформованных огнеупорных продуктов. Клиентам предлагаются широкий спектр продукции для всех отраслей промышленности.

Предприятие обладает мощной производственной, технологической, научно-исследовательской базой, уникальной школой отраслевых специалистов и прочными дружественными отношениями с партнерами, основанными на успешной и продолжительной истории сотрудничества.

На Комбинате утвердилась четкая политика в области качества: пожелания партнеров выполняются полностью в обусловленные договорами сроки. В практику внедрена система управления качеством, сертифицированная в соответствии с международными стандартами ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001.

Минимизация негативного воздействия на окружающую среду, рациональное использование природных ресурсов и неуклонное стремление к максимальному уровню безопасности производства для здоровья и жизни людей – это ключевые направления экологической политики компании. На предприятии разработана и внедрена система экологического менеджмента, подтвержденная сертификатом соответствия требованиям международного стандарта ISO 14001. Сертификационный аудит системы менеджмента в

области охраны труда и промышленной безопасности подтвердил соответствие представленной системы международным требованиям OHSAS 18001.

Комбинат является градообразующим предприятием для города Сатки, что налагает дополнительную ответственность на руководство компании по реализации проектов социального партнерства. Стратегической целью компании в области социальной политики является создание в регионе условий, способствующих росту благосостояния, числа и условий для духовного развития населения. Программы социальной поддержки сотрудников и членов их семей, ветеранов и подрастающего поколения являются неотъемлемой частью социальной политики компании.

В 1900 г. на двух участках месторождения предприниматели приступили к добыче магнезита и начали строить завод. Построена 14-ти камерная печь с древесным генератором для обжига сырого магнезита и кирпича, установлена шаровая мельница с паровым двигателем в 10 л.с. и двух коробочный пресс. В сентябре 1901 г. завод выдал первую продукцию из нового огнеупорного материала — магнезита, за год добыто 3161 тонн сырого магнезита, произведено 610 тонн магнезитового порошка и 240 тонн кирпича.

В 90-е годы основная деятельность Комбината Магнезит была направлена не на увеличение объемов производства, а на улучшение качества огнеупорной стойкости производимой продукции. Внедрена автоматизированная система управления процессом обжига (МАИС) во вращающихся печах, освоена технология плавки алюмомагниевого шпинели, построены и введены в эксплуатацию две печи термообработки периклазо углеродистых изделий, освоены технологии производства периклазошпинелидных, периклазоуглеродистых изделий. В 1996 г. закончено строительство шахты «Магнезитовая», объемы руды, добытой подземным способом, ежегодно увеличиваются и за 10-15 лет будет осуществлен постепенный, планомерный переход от открытой

добычи магнезита к подземной. В июле 2000 года закончено строительство и введено в эксплуатацию отделение помола, прессования и формовки уловленной из дымовых газов пыли, что позволит утилизированную пыль пустить в производство, экономить сырье, улучшить экологию.

За вековую историю развития маленький огнеупорный заводик вырос в крупнейшее предприятие огнеупорной промышленности России. Имея собственную сырьевую базу, саткинская производственная площадка обеспечивает предприятия России и СНГ формованными и неформованными огнеупорами для строительства и ремонта тепловых агрегатов в черной и цветной металлургии, химической, цементной, целлюлозно-бумажной,

На сегодняшний день полное название организации - акционерное общество по производству огнеупоров «Комбинат «Магнезит».

Величина уставного капитала составляет 4922,9 млн. рублей, сформированный за счет средств акционеров.

Форма собственности АО «Комбинат «Магнезит» - смешанная, правовой статус предприятия – открытое акционерное общество. Органами управления АО являются:

- общее собрание акционеров;
- генеральный директор.

Уставный капитал предприятия сформирован за счет средств акционеров. В настоящее время на АО общее руководство предприятием осуществляет генеральный директор. В организационную структуру входят основные подразделения завода: горно-обоганительное производство, технологические цехи, управление.

В промышленности магнезит применяется в основном после предварительного обжига. При обжиге до 750–1000 °С магнезит теряет 92–94 % CO<sub>2</sub> и превращается в оксид магния, представляющий собой белую аморфную порошковатую массу (каустический магнезит). При более высокой температуре обжига (до 1500–1700 °С) удаляется практически весь диоксид углерода, оксид магния претерпевает перестройку молекулярной структуры и образуется плотный спекшийся инертный продукт, называемый «намертво» обожженным магнезитом или огнеупорной магнезией.

Обжиг магнезита для получения «намертво» обожженного магнезита (спеченных порошков) производится в шахтных и вращающихся печах. Отходы от обжига представлены каустическим магнезитом, образующимся из осаждающихся в пылевых камерах и мультициклонах пылеватых частиц, выносимых газовым потоком из зоны каустикации печей (750–1000 °С). Каустический магнезит кроме аморфного оксида магния, в качестве примесей содержит как необожженный, так и обожженный при температуре выше 1000 °С магнезит, а также золу топлива.

При температуре до 2800 °С в электродуговых печах оксид магния плавится и образуется плавеный периклаз, обладающий кристаллическим строением, высокой твердостью и огнеупорностью, используемый для производства особо ответственных огнеупорных изделий.

Применение магнезита обусловлено сочетанием благоприятных физико-химических свойств получаемой на его основе продукции: высокой огнеупорности, шлако-устойчивости, вяжущих свойств, теплоемкости, способности сохранять постоянство объема при длительном воздействии высоких температур, прочности, износоустойчивости. Применяются, в основном, следующие продукты, получаемые при разной технологии производства: каустический магнезит, намертво обожженный (спеченные порошки) и электро-плавеный периклаз. Из этих продуктов производится широкий ряд материалов и изделий для разных отраслей промышленности. Основным потребителем магнезита (свыше 80 %) – огнеупорная

промышленность. Получаемые из магнезита после обжига или плавления спеченные металлургические порошки или плавный периклаз используются для изготовления магнезитовых, хромо-магнезитовых, магнезито-хромитовых огнеупорных изделий, которые применяются для кладки мартеновских, электроплавильных и других высокотемпературных печей и для футеровки вращающихся цементных печей. Металлургический магнезитовый порошок используется также для наварки подин сталеплавильных печей и для их ремонта.

Второй по значению потребитель магнезита – производство вяжущих материалов, где используется каустический магнезит. Каустический магнезит с концентрированным раствором хлористого или серноокислого магния образует магнезиальный цемент («цемент Сореля»), обладающий высокими вяжущими свойствами. Этот цемент применяется для производства различных строительных (фибrolит, ксилолит и др.), термоизоляционных, звукоизоляционных материалов, искусственных жерновов и абразивных кругов. Из каустического магнезита получают металлический магний, фосфаты магния, производят жженую магнезию для получения резиновых изделий, а также серноокислый магний для получения химических и фармацевтических препаратов. В электротехнической промышленности магнезит (в виде периклаза) используется при получении керамики, применяющейся для изготовления радиодеталей, в качестве наполнителя в трубчатых электронагревателях, для получения запрессованной массы в бытовых электронагревательных приборах и для других электротехнических целей.

Магнезит применяется также в качестве флюсующей добавки в производстве некоторых видов фарфора и фаянса, санитарной керамики.

В целлюлозно-бумажной промышленности магнезит применяется как слабощелочной реагент при варке целлюлозы, для обработки бумаги под прессами и как наполнитель пленочных покрытий бумаги.

В пищевой промышленности используется гидрат оксида магния

Mg(OH)<sub>2</sub> при рафинировании сахара.

Кроме того, магнезит нашел применение в производстве пластмасс, абсорбентов, красок, стеклоизделий, удобрений и в других отраслях.

С целью обеспечения устойчивого качества продукции и удовлетворенности требований и запросов клиентов на предприятии внедрена система менеджмента качества. В декабре 2000 года получены сертификаты соответствия требованиям международного стандарта ИСО 9001-94 и ГОСТР ИСО 9001-96 по системе качества TUV CERT и ГОСТ Р.

В 2003 году проведена ресертификация по версии ИСО 9001:2000, позволяющая обеспечивать качество от проектирования, разработки до производства, монтажа и обслуживания.

С 2002 года проводится добровольная сертификация продукции. На сегодняшний день требованиям системы менеджмента качества отвечает 15 видов продукции.

В 2004 году начата подготовка к внедрению системы менеджмента промышленной безопасностью и охраной труда.

## 1.2 Характеристика цеха магниальных изделий и организация работы Департамента по производству изделий АО «Комбинат «Магнезит»

Цех магниальных изделий является структурным подразделением АО «Комбинат "Магнезит " Департамента по производству огнеупоров и находится в подчинении директора по производству.

Основной задачей цеха является выпуск формованных и неформованных огнеупоров магниального состава.

В своей деятельности цех руководствуется действующим законодательством, постановлениями, приказами и инструкциями вышестоящих органов, едиными тарифно-квалификационными справочниками должностей руководителей, специалистов и других служащих, другими нормативными документами, а также настоящим положением.

Цех возглавляется начальником цеха, который назначается и освобождается от занимаемой должности приказом генерального директора на основании контракта, заключенного с ним. Начальник цеха является полноправным руководителем, которому подчинены все работники цеха и который организует всю производственную, техническую, хозяйственную деятельность цеха.

Главной задачей цеха является выполнение задания по количественным и качественным показателям в соответствии с утвержденными графиками, действующими стандартами и техническими условиями.

Структурная схема и штатное расписание утверждается начальником управления персонала, а в случае реорганизации – генеральным директором.

В состав ЦМИ входят: участок помола, участок прессования и формовки огнеупорных изделий № 1,2,3, участок обжига огнеупорных изделий, участок сортировки и погрузки огнеупорных изделий, мастерская механическая. Организационная структура департамента по производству



изделий АО «Комбинат «Магнезит» представлена на рисунке 1.

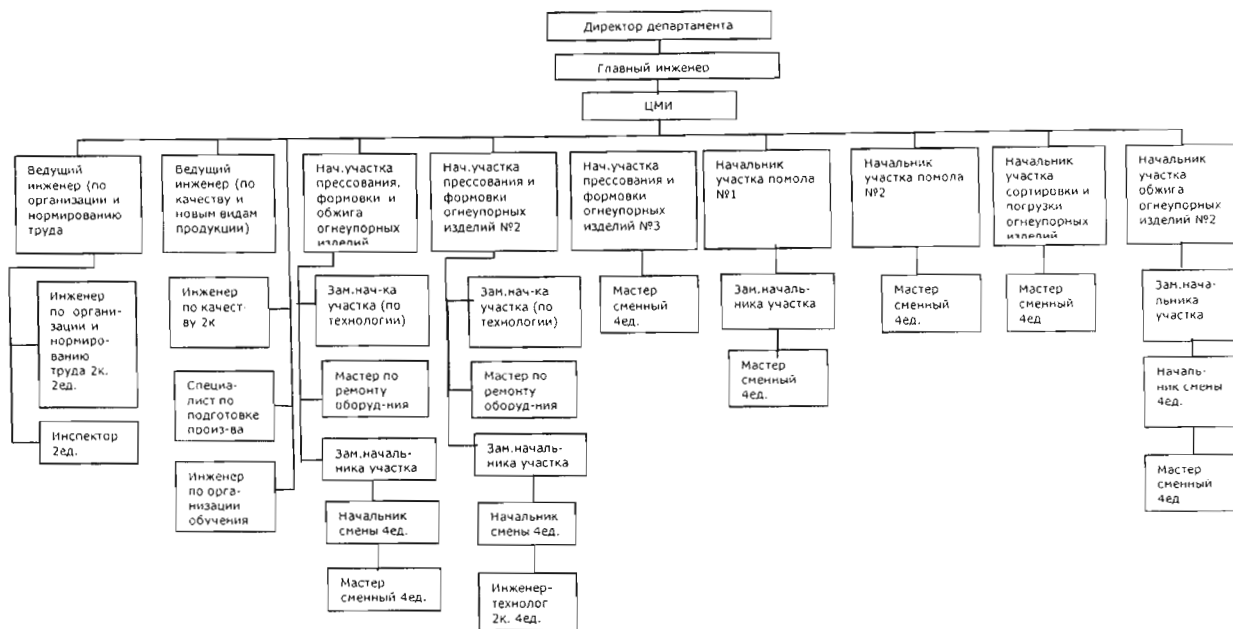


Рисунок 1 – Организационная структура департамента по производству изделий

Для осуществления возложенных задач ЦМИ:

- обеспечивает ритмичный выпуск продукции высокого качества в соответствии с утвержденным заданием и заказами потребителей, эффективное использование основных и оборотных фондов, снижение издержек производства и рост производительности труда;

- организует планирование, учет и составление отчетности о производственной деятельности работу по развитию и укреплению хозяйственного расчета, улучшению нормирования труда, правильному применению форм и систем оплаты труда и материального стимулирования;

- устанавливает каждому участку, смене плановые задания и требует безусловного их выполнения, организуя своевременное обеспечение их необходимыми материалами, сырьем, полуфабрикатами, инструментами и рабочей силой;

- проводит работу по внедрению научной организации труда,

совершенствованию организации производства, его технологии, механизации и автоматизации производственных процессов, предупреждению брака и повышению качества продукции, использованию резервов повышения производительности труда и рентабельности производства, снижению трудоемкости и себестоимости продукции, осуществляет своевременный пересмотр заниженных и устаревших норм выработки, подкрепляя их техническими и организационными мероприятиями;

- осуществляет контроль за эксплуатацией оборудования и выполнением графиков их ремонта;

- внедряет и совершенствует формы внутрихозяйственного расчета, соблюдает установленные нормативы незавершенного производства;

- систематически проводит работу по созданию безопасных условий труда, соблюдению правил и норм техники безопасности, промышленной санитарии и правил пожарной безопасности, для чего: осуществляет контроль за безопасным состоянием производственных и вспомогательных помещений, оборудования, ограждений, предохранительных устройств и санитарно-технических установок, организует своевременное расследование и учет несчастных случаев и разрабатывает меры по предупреждению их, периодически проверяет знание работающими правил техники безопасности и санитарии, своевременно обеспечивает работающих спецодеждой спец обувью, мылом и защитными приспособлениями по действующим нормам;

- осуществляет подбор кадров, их расстановку и целесообразное использование. Систематически изучает деловые и моральные качества инженерно-технических работников, с целью подбора кадров на замещение должностей и создание резерва на выдвижение;

- координирует работу начальников участков, служб, мастеров, мастеров сменных, начальников смен;
- премирует в установленном порядке передовиков производства, налагает взыскания, а также представляет генеральному директору предложения о поощрении отличившихся работников, наложения дисциплинарных взысканий на нарушителей производственной и трудовой дисциплины;
- разрабатывает матрицу ответственности второго уровня, в которой распределяет обязанности среди своих подчиненных, обеспечивает внедрение документов системы качества;
- обеспечивает выполнение закона о промышленной безопасности.

## 1.2 Функции основных производственных участков

Участок помола производит прием периклазовых порошков, хромруды, половья их размол, подогрев, увлажнение и вылеживание в соответствии с технологическими инструкциями, приготовление хромитопериклазовых составляющих для производства хромбетонов, торкретмасс и транспортировку подготовленной массы для производства изделий в участок прессования и формовки огнеупорных изделий № 1. Осуществляет отгрузку хромбетонов и торкретмасс потребителям, сушку и подачу хроммелочи в ЦМИ.

Участок прессования и формовки огнеупорных изделий № 1 осуществляет дозировку составляющих шихту компонентов с помощью автоматических весовых дозаторов, готовит качественную массу в смесительных бегунах, подает ее на пресса, производит формовку хромитопериклазовых и периклазохромитовых изделий на гидравлических прессах в соответствии с режимом, предусмотренным в технологической карте, на основе утвержденного задания с учетом заказов потребителей и недельно-суточными графиками и передает сформованные изделия, вручную или механизировано уложенные на поддоны элементами садки, в участок обжига

огнеупорных изделий для обжига в туннельных печах.

Участок прессования и формовки огнеупорных изделий № 2 осуществляет приемку исходных составляющих по количеству и качеству соответствующих ГОСТу, подготовку качественной массы в смесительных бегунах, формовку периклазо-углеродистых изделий из плавленных и спеченных порошков, при необходимости периклазо-хромитовых изделий, в заданном ассортименте по маркам в соответствии с утвержденным заданием с учетом заказов потребителей и недельно-суточными графиками и передает сформованные изделия, вручную или механизировано уложенных на поддоны элементами садки, с соблюдением выдержки в течении 2-х часов , в термопечи на сушку. После термообработки изделия сортируют в соответствии с требованиями ТУ и предъявляют для паспортизации на сдачу годной продукции ОТК.

Участок обжига огнеупорных изделий, осуществляет садку изделий, поступивших от участка прессования и формовки огнеупорных изделий № 1 , на печные вагоны в соответствии с утвержденными схемами садов, произведенных вручную или механизировано с помощью садочных манипуляторов, подачу изделий на обжиг в туннельные печи и подачу их электро-лафетами на участок сортировки и погрузки огнеупорных изделий для рассортировки.

Участок сортировки и погрузки огнеупорных изделий, осуществляет рассортировку изделий с печных вагонов, обвязку, упаковку, складирование, формирование партий, паспортизацию и отгрузку годной (принятой УТК) продукции в железнодорожные вагоны и автотранспорт в заданном ассортименте по маркам в соответствии с утвержденным заданием и заказами потребителей. Обеспечивает сохранность готовой продукции, материалов для оборудования вагонов, контейнеров, ленты упаковочной, картона, гофра картона, полиэтиленовой пленки, пиломатериалов.

В мастерской механической производится термическая и механическая обработка деталей и заготовок, изготовление пресс оснастки, деталей и запчастей

для оборудования, хранение ее и учет.

Спрессованные изделия, отвечающие требованиям технических условий, укладываются на поддоны элементами садки.

Сушка изделий производится в туннельных сушилах отходящими газами на первых позициях туннельных печей. Решение о сушке изделий в туннельных сушилах принимается главным технологом цеха. Сушка изделий в туннельных сушилах производится в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Изделия не прошедшие сушку в туннельных сушилах перед садкой на туннельные выгоны выдерживаются на поддонах в естественных условиях не менее 4 часов.

Под садку изделий подаются печные вагоны, отвечающие требованиям технических условий. Садка сырца на печные вагоны производится в соответствии с утвержденными схемами садок. Садка производится механизированным способом с помощью механических захватов. Механические захваты должны работать плавно, ритмично и без повреждения сырца.

Обжиг производится в соответствии с инструкцией по обслуживанию туннельных печей.

Минимальное количество прогонок для нормальной работы туннельных печей составляет 12 прогонок в сутки. Вагоны с обожженными изделиями выдерживаются в камерах охлаждения.

Сортировка обожженных изделий производится в соответствии с требованиями действующей документацию на готовую продукцию.

Оборудование отделения прессования. Основные размеры прессового цеха определяются в первую очередь числом установленных прессов и их мощностью, а также размерами приемных столов гидравлических прессов. Здание одноэтажное, может быть одно- или многопролетным, построено следующим образом. Основой служит каркас, составленный из железобетонных колонн, закрепленных по верху металлическими фермами, которые расположены поперек пролета. На металлические фермы уложено перекрытие из железобетонных плит. Большую часть стенового ограждения между колоннами

занимает оконный переплет — остекленная рама из металлических профилей. Площадь остекления относительно большая, поэтому внутри помещения при естественном дневном освещении обычно светло. Этому способствует также остекление части перекрытия, которое называется фонарем. Высота производственного цеха определяется наибольшей высотой оборудования, установленного в цехе, а также возможностью его обслуживания и проведения ремонтов с помощью мостовых кранов. Полы в цехе выложены чугунными литыми плитами.

В цехе поддерживается определенный температурный режим, наивысшая и наименьшая температуры определены санитарными нормами. Для отопления цеха применяются калориферы. При этом учитывается так называемое «технологическое тепло» — выделяемое различными нагревательными устройствами. Избыток тепла в отдельных местах цеха удаляется с помощью вентиляции — принудительного движения воздуха вентиляторами и аэрации — естественного движения воздуха.

Обычно посередине цеха расположены транспортные проходы и проезды. По ним передвигается обслуживающий персонал и напольный транспорт (электрокары или автомашины). Напольный транспорт производит небольшую часть всех многочисленных транспортных операций, связанных с перемещением грузов. Так, если изготовление профилей организовано по принципу поточного производства, то заготовка с одной операции обработки на другую передается с помощью различных стационарных транспортных устройств — чаще всего рольгангов. Много грузов перемещается также и мостовыми кранами.

### 1.3 Технологическая схема, основное технологическое оборудование и его техническая характеристика

ЦМИ-1 состоит из нескольких участков, в которых имеется свое технологическое оборудование. К основному оборудованию, находящемуся в ЦМИ-1 АО «Комбинат Магнезит» относятся: трубомельницы, сушильные барабаны, пресса, весовые дозаторы, смесительные бегуны, мостовые краны,

термопечь, туннельные печи, электро-лафеты, шлифовальные станки, сверлильные станки, токарные станки, фрезерные и долбежные станки.

Согласно технологической схеме участка обжига огнеупорных изделий ЦМИ -1 наблюдается следующая схема обжига готовых изделий.

Технологическая схема цеха обжига огнеупорных изделий ЦМИ-1 представлена в виде схемы на рисунке 2.

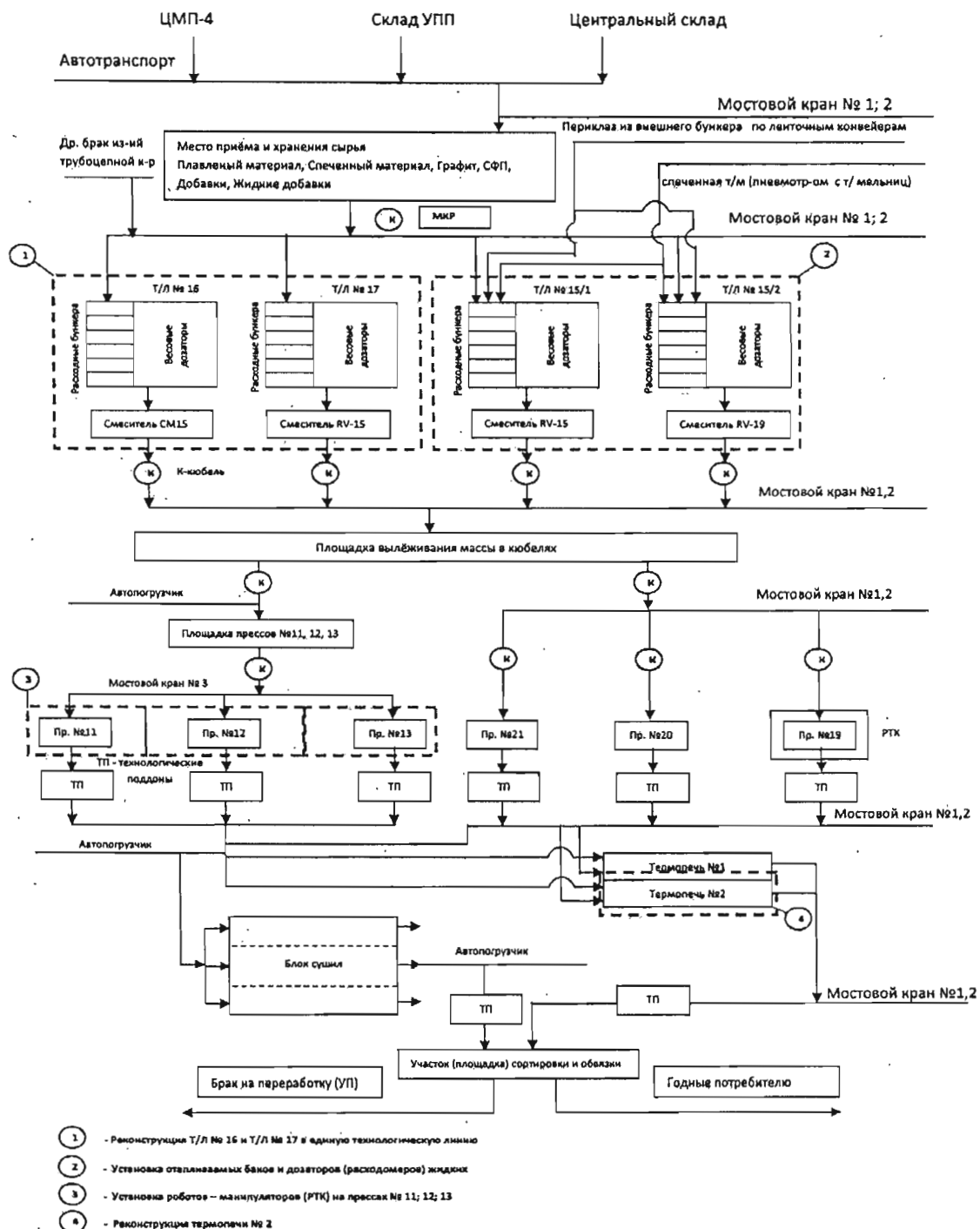


Рисунок 2 – Технологическая цепочка производства изделий ЦМИ-1

#### 1.4 Характеристики цепного конвейера

Основным в работе данного конвейера является то, что усилие здесь создается посредством цепи, их может быть две или одна. Конвейер сконструирован таким образом, что позволяет выполнять загрузку, перемещение, сразу по двум веткам и последующую отгрузку перемещаемого материала. Цепной конвейер имеет вид такого короба, внутри которого размещена перегородка. Сконструирован цепной конвейер из узлов типового вида. В конструкции конвейера имеются три секции, проводная, секция для натяжения и секция промежуточная. Рабочим органом конвейера является цепь, которая оснащается специальным скребком. Цепи, в зависимости от модификации конвейера могут быть кованными, либо состоять из круглых звеньев.

Работа цепного конвейера вида осуществляется за счет электрического двигателя и редуктора. Данное оборудование расположено на раме, и связываются посредством передачи ременного типа с входным валом редуктора, который имеет вид цилиндра. Таким образом сконструирован привод цепного конвейера.

Цепные конвейеры имеют множество подразделений на типы. Это зависит от их конструктивных особенностей. Конвейер может быть тележечного вида, то есть имеет зонирование по перевозке грузов. Желобчатый конвейер применим там, где необходима подача сыпучих материалов, такие конвейеры еще имеют название скребковые, следующим типом конвейеров цепного вида является уборочный конвейер.

Усовершенствование систем пылеулавливания в огнеупорном производстве тесно связано с технически рациональным, экономически оправданным и экологически надежным удалением уловленной пыли. Новое перспективное решение проблемы пылеудаления, получившее заслуженное признание практически во всех технически развитых странах мира, разработано фирмой "Шраге" (Германия), выпускающей трубные



цепные конвейеры (Schrage, Rohrkettensystem GmbH, RaifTeisenstraße 1, D-26446 Friedeburg, Germany), которые используются исключительно для транспортировки сыпучих материалов и относятся к механическим непрерывно действующим агрегатам.

Принцип устройства конвейеров представлен на рисунке 3.

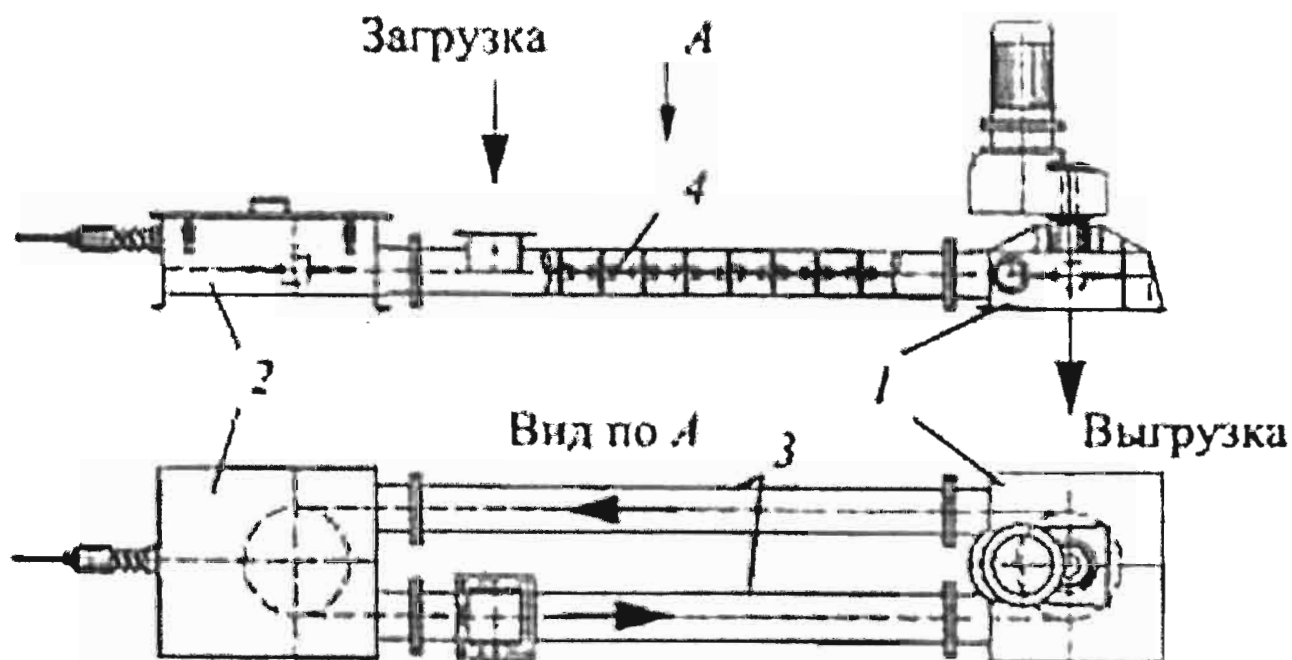


Рисунок 3 – Принцип устройства цепного трубного конвейера

Основные конструктивные узлы трубного цепного конвейера: приводная 1 и натяжная 2 станции, трубчатый корпус 3 для транспортировки материала и обратного движения, непрерывно движущаяся транспортирующая цепь с шайбами, захватывающими сыпучий материал. Обычно вблизи натяжной станции в корпусе конвейера предусмотрено загрузочное отверстие для приема материала. Отверстие для выгрузки транспортируемого материала находится ниже приводной станции.

Первоначально этот вид конвейеров использовали только в сельском хозяйстве самым примитивным образом, но уже к середине двадцатого века немецким ученым полностью была пересмотрена концепция трубчатых цепных конвейеров. Их отдельные элементы — цепь, труба, транспортирующие диски

(шайбы) заново спроектированы на основе точного подбора взаимодействующих материалов и новых размеров конструктивных элементов; появились новые электронные узлы устройство для плавного начала движения, уровнемер и т.д. Таким образом возник “заново изобретенный” трубный цепной конвейер, который в настоящее время широко применяется во всех отраслях промышленности. и в первую очередь для высокоэффективного пылеудаления из бункеров пылеулавливающих аппаратов.

Для оптимального выбора непрерывно действующего конвейера наряду с производительностью и свойствами перемещаемых материалов необходимы сведения о температуре, насыпной массе, влажности, дисперсном составе этих материалов, а также их физико-химические параметры — абразивность, слипаемость, пористость, электрическое сопротивление.

Особое значение имеют направление и протяженность линии расположения конвейера.

Число устройств для загрузки и выгрузки любое. Устройства поставляются комплектно вместе с дополнительными агрегатами, например шиберами, распределительными барабанами тройниками и г.д. Трубный цепной конвейер применяется также в качестве теплообменника для охлаждения или нагревания пыли, так как его корпус может быть легко оборудован рубашкой для подачи охлаждающей среды или теплоизоляцией.

Варианты расположения, направления и компоновки трубных цепных конвейеров представлены на рисунке 4.

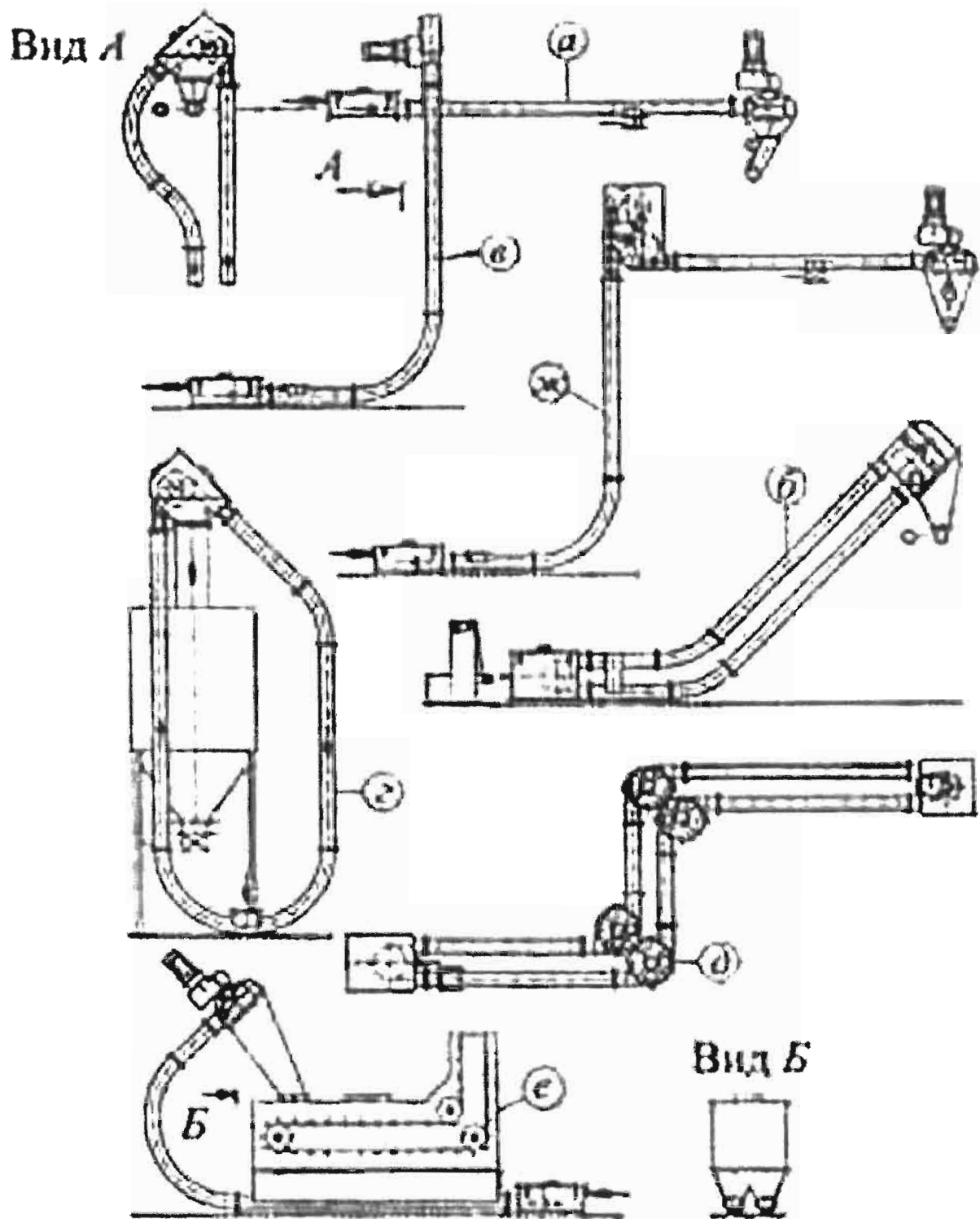


Рисунок 4 – Варианты направления и компоновки трубных цепных конвейеров  
 а– плоское (трубы рядом); б – наклонные ( трубы одна на другой); в –комбинированное (горизонтально установленная натяжная станция и вертикально установленная –приводная); г – вертикальное («груша»); д – с поворотными горизонтальными станциями; е – с наклонно расположенной приводной станцией; ж – с вертикальными поворотными станциями

Из предложенных вариантов следует отметить вертикальный конвейер, называемый “грушей” (см рис.4. г). При таком конструктивном решении требуется только одна приводная станция и нет никакой необходимости и натяжном устройстве, так как транспортирующая цепь сама натягивается за счет собственной массы, причем сход цепи с приводной звездочки исключается. Растяжение цепи, возникающее, например. за счет абразивного износа, компенсируется в нижнем закруглении корпуса (трубы) за счет вхождения звеньев цепи друг в друга. Если транспортируемый материал абразивен, вместо закруглений труб при прокладке конвейеров используют поворотные станции (см. рис. 4,д). которые существенно снижают износ.

Трубные цепные конвейеры обеспечивают перемещение сыпучего материала (уловленной пыли) в горизонтальном направлении на 50 м, в вертикальном на 30 м. Ограничение расстояния при транспортировании связано с ограниченной прочностью цепей, причем возникающие усилия зависят от направления прокладки корпуса конвейера, коэффициента трения между перемещающими дисками (шайбами) и трубой конвейера, между сыпучим транспортируемым материалом и стенкой трубы, от насыпной плотности сыпучего материала не в последнюю очередь от степени заполнения труб. Конструктивное решение трубчатого цепного конвейера позволяет относительно просто обеспечить герметизацию корпуса, полностью исключив пылегазовые выбросы в техно сферу или подсос газа из окружающей среды. Эти преимущества (по сравнению с другими непрерывно действующими конвейерами) весьма существенны, причем их числовое обозначение определяется соответствующим внутренним диаметром трубы.

Сыпучие материалы с максимальным размером гранул 40 мм (для модели 160) и 60 мм (для модели 200) при насыпной плотности до  $4500 \text{ кг/м}^3$  можно успешно транспортировать без возникновения каких-либо проблем. Эти модели выпускаются серийно.

## 1.5 Цепной конвейер - эксплуатация и применение

К преимуществам работы цепного конвейера можно отнести во-первых то, что на данных конвейерах возможна настройка размеренного движения перевозимого груза, предотвращающего его падение или съезжание с ленты конвейера. Следующим немаловажным положительным аспектом является то, что данные виды конвейеров оснащаются специальными устройствами, как- то: анти-скользящие накладки, бортики и специальные ограничители.

Отрадно еще и то, что устройство данных агрегатов позволяет проводить настройку, которая задает маршрут и количество перевозимого груза. К тому же данный вид конвейеров является достаточно эргономичным, что позволяет содержать его в довольно стесненных условиях или помещениях небольшой площадью. Изготовлен конвейер из эко логичных материалов, таких как алюминий и нержавеющая сталь, таким образом люди, обслуживающие данную технику, не получают никакого вредоносного воздействия. Следует отметить так же, что конструкция цепного конвейера позволяет перемещать грузы, габариты которого превосходят сам транспортер.

Существует несколько типов цепных конвейеров:

- желобчатый или скребковый конвейер предназначен для транспортировки сыпучих материалов, обладает возможностью само загружаться, захватывая груз скребками из штабеля;

- тележечный тип – разделенный на секции или зоны для транспортировки отдельных партий или разных видов грузов;

- уборочный конвейер - применяют для транспортировки легкосыпучих, зернистых и мелкокусковых грузов;

- пластинчатый тип - для горизонтальной и наклонной транспортировки насыпных и штучных грузов по прямой или сложной трассе;

- подвесные;
- люлочные;
- ковшовые конвейеры и др.

Таким образом, становится ясно, что для достижения наиболее качественных результатов, которые при этом не будут достигаться посредством тяжелого труда, применение и использование в производстве цепных конвейеров, является необходимым и рациональным решением

### 1.6 Принцип транспортировки и преимущества эксплуатации

Трубный конвейер является одно цепным конвейером. Через замкнутую трубную систему непрерывно поступает и транспортируется материал. Транспортируемый материал протягивается через трубную систему при помощи поводковых шайб на циркулирующей цепи. При этом материал транспортируется в виде пробок. На круговых сегментах 90° и 180° цепь изменяет направление по направляющим роликам. Транспортируемый материал можно в любом месте трубного круга выпускать или подавать.

В принципе транспортировать можно почти любой тонко-порошковый и зернистый материал, величиной зерна до 20-ти мм. Если величина зёрен больше, то решающим критерием является распределение, форма и твёрдость зёрен. Транспортировка вязко-текучих средств возможна при использовании уплотняющих поводков. Таким путём можно транспортировать такие материалы, как например, шлам и осадки из водяных бань. Однако в основном транспортируются продовольственные материалы, корма, химические продукты, песок, известь, летучая зола, мука свежего помола, окатыши, гранулы, мелкий уголь, шлам, мусор, биомасса и многое другое.

Трубные конвейера компании SMT используются как загрузочные, дозировочные и разгрузочные элементы в химической, пищевой и кормовой промышленности, при сжигании отходов, компостировании, в

промышленности строительных материалов, для загрузки угля и удаления золы, для опорожнения воронок и вентиляции хранилища и как обратный конвейер для смыва от ленты.

Преимущества и выгода для эксплуатационника

- высокая производительность при переменном расстоянии между поводками;
- транспортировка вязко текучих материалов путём использования уплотняющих поводков;
- обезвоживание транспортируемых материалов путём установки водоотделителей в копре;
- изменение крутизны от 0° до 90° ;
- универсальная возможность установки в уже существующих транспортных установках;
- только краевое прикосновение транспортируемого материала, из-за этого малая приводная мощность.

Особенности трубных конвейеров:

- трубный конвейер является одно цепным конвейером;
- трубная система образует копёр и ветвь холостого хода;
- циркулирующая цепь, изготовленная из круглой стали, снабжена износостойкими поводковыми дисками;
- привод осуществляется через коническую передачу.

Определим некоторые преимущества работы цепного конвейера. К ним можно отнести, во-первых, то что на данных конвейерах возможна настройка размеренного движения перевозимого груза, предотвращающего его падение или съезжание с ленты конвейера. Следующим немаловажным положительным аспектом является то, что данные виды конвейеров оснащаются специальными устройствами, как-то: анти скользящие накладки, бортики и специальные ограничители.

Отрадно еще и то, что устройство данных агрегатов позволяет проводить настройку, которая задает маршрут и количество перевозимого

груза. К тому же данный вид конвейеров является достаточно эргономичным, что позволяет содержать его в довольно стесненных условиях или помещениях небольшой площадью. Изготовлен конвейер из экологичных материалов, таких как алюминий и нержавеющая сталь, таким образом люди, обслуживающие данную технику, не получают никакого вредоносного воздействия. Следует отметить так же, что конструкция цепного конвейера позволяет перемещать грузы, габариты которого превосходят сам транспортер.

Таким образом, становится ясно, что для достижения наиболее качественных результатов, которые при этом не будут достигаться посредством тяжелого труда, применение и использование в производстве цепных конвейеров, является необходимым и рациональным решением.



## 2 СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Привод цепного конвейера

Привод цепного конвейера состоит из электродвигателя, муфты, коническо-цилиндрического редуктора, цепной передачи, одной пары подшипников качения, приводного вала, кожухов, сварной рамы. Привод приводится в действие при помощи электродвигателя. Схема привода цепного конвейера представлен на рисунке 5.

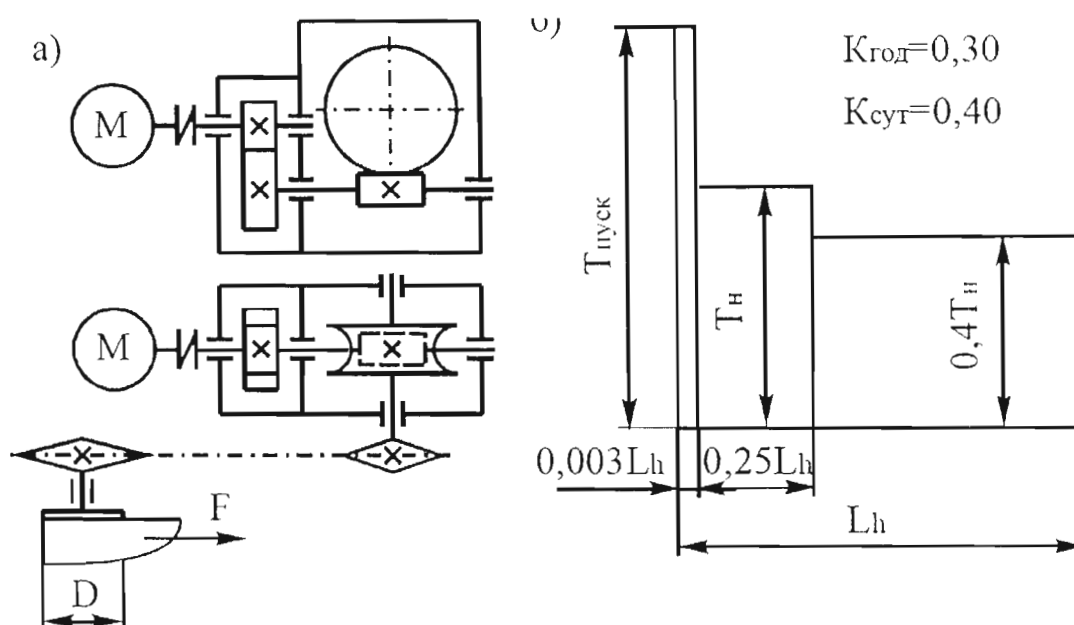


Рисунок 5 - Схема привода цепного конвейера

Технические характеристики привода

Номинальная мощность электродвигателя  $P_{ном}$ , кВт

$P_{ном}=15$  кВт

Номинальная частота вращения электродвигателя  $N_{ном}$ , об/мин

$N_{ном}=1465$  об/мин

Общее передаточное число привода  $U_{общ}$

$U_{общ}=14,95$

Общий коэффициент полезного действия привода  $\eta_{общ}$

$$\varepsilon_{\text{общ}}=0,933$$

Номинальный вращающий момент на выходном валу привода,  $T_3$ , Н·м

$$T_3=464,8\text{Н}\cdot\text{м}$$

## 2.2 Выбор электродвигателя. Кинематический и силовой расчет привода

Определим общий КПД рассматриваемого механического привода

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{зп}}^2 \cdot \eta_{\text{пп}}^3, \quad (1)$$

где  $\eta_{\text{м}}$  – КПД муфты, принимаем  $\eta_{\text{м}} = 1$ ;

$\eta_{\text{зп}}$  – КПД зубчатой цилиндрической передачи,  $\eta_{\text{зп}} = 0,97$ ;

$\eta_{\text{пп}}$  – КПД пары подшипников,  $\eta_{\text{пп}} = 0,99$ ,

$$\eta_{\text{общ}} = 1 \cdot 0,97^2 \cdot 0,99^3 = 0,933$$

Требуемая мощность электродвигателя определяется по формуле

$$P_{\text{дв.тр.}} = \frac{P_{\text{вых}}}{\varepsilon_{\text{общ}}}, \quad (2)$$

где  $P_{\text{вых}}$  – мощность на выходном валу,  $P_{\text{вых}} = P_4 = 14$  кВт,

$$P_{\text{дв. тр.}} = 14 / 0,933 = 15 \text{ кВт.}$$

Выбор электродвигателя

Выбираем электродвигатели, имеющие ближайшую большую номинальную мощность  $P_{\text{ном}} = 15$  кВт по отношению к требуемой мощности  $P_{\text{дв.тр.}} = 15,3$  кВт, рассчитанной по формуле. Общее передаточное число привода определяется по формуле

$$U_{\text{общ}} = u_{\text{зп}} \cdot U_{\text{зп}} \quad (3)$$

где  $u_{\text{зп}}$  – передаточное число зубчатой передачи;

Рекомендуемый интервал передаточных чисел механических передач, входящих в рассматриваемую кинематическую схему привода, и рассчитываем рекомендуемый интервал  $U_{\text{общ}}$

$$U_{\text{общ}} = (2,0 \dots 6,3) \cdot (2,0 \dots 6,3) = 4,0 \dots 39,7.$$

Из таблицы А.4 видим, что для всех двигателей общее передаточное число привода попадает в рекомендуемый интервал. Поэтому можно взять любой из этих двигателей для дальнейших расчетов. Однако четвертый двигатель

(низкоскоростной) имеет повышенные массу и габариты. Остановимся на втором двигателе 4A160S4Y3 с номинальной мощностью  $P_{\text{ном}} = 15$  кВт, частотой вращения вала двигателя  $n_{\text{ном}} = 1465 \text{ мин}^{-1}$ . В этом случае  $U_{\text{общ}} = 14,95$ .

Определение кинематических и силовых параметров валов привода

Произведем разбивку  $U_{\text{общ}} = 14,95$ , между ступенями привода: зубчатой закрытой и зубчатой открытой передачами. Зададимся стандартным значением  $u_{\text{ред}} = 5,0$  из рекомендуемого интервала. Тогда передаточное число зубчатой открытой передачи будет равно по формуле

$$u_{\text{озп}} = \frac{U_{\text{общ}}}{u_{\text{зн}}} \quad (4)$$

$$u_{\text{откр}} = \frac{14,95}{5} = 2,99$$

Полученное значение  $u_{\text{озп}}$  попадает в рекомендуемый интервал. Окончательно имеем:  $u_{\text{ред}} = 5,0$ ;  $u_{\text{озп}} = 2,99$ .

Рассчитаем номинальные частоты вращения валов привода

– вал электродвигателя

$$n_1 = n_{\text{ном}}, \quad (5)$$

$$n_1 = n_{\text{ном}} = 1465 \text{ об/мин}$$

– входной вал редуктора (ведущий вал зубчатой передачи)

$$n_2 = n_1, \quad (6)$$

$$n_2 = 1465 \text{ об/мин}$$

– выходной вал редуктора (ведомый вал зубчатой передачи)

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{\text{ред}}}, \quad (7)$$

$$n_3 = 1465 / 5,0 = 293 \text{ мин}^{-1}$$

– приводной вал рабочей машины

$$n_4 = \frac{n_3}{u_{\text{озп}}}, \quad (8)$$

$$n_4 = 293 / 2,99 = 98 \text{ мин}^{-1}$$

Рассчитаем номинальные вращающие моменты на валах привода

– вал электродвигателя

$$T_1 = \frac{30 \cdot P_{\text{дв.тр.}} \cdot 10^3}{\pi \cdot n_1} = \frac{30 \cdot 15 \cdot 10^3}{3,1416 \cdot 1465} = 97,8 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (9)$$

– входной вал редуктора

$$T_2 = T_1 \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_{\text{пп}}, \quad (10)$$

$$T_2 = 97,8 \cdot 1 \cdot 0,99 = 96,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

– выходной вал редуктора

$$T_3 = T_2 \cdot u_{\text{ред}} \cdot \varepsilon_{\text{ред}} \cdot \varepsilon_{\text{пп}}, \quad (11)$$

$$T_3 = 96,8 \cdot 5,0 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 464,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

– ведущий вал транспортёра

$$T_4 = T_3 \cdot u_{\text{озп}} \cdot \varepsilon_{\text{озп}} \cdot \varepsilon_{\text{пп}}, \quad (12)$$

$$T_4 = 464,8 \cdot 2,99 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 1334,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

### 2.3 Расчет закрытой зубчатой цилиндрической передачи

Главный геометрический параметр цилиндрической зубчатой передачи – межосевое расстояние  $a$ . Предварительное его значение рассчитывается из условия контактной выносливости рабочих поверхностей зубьев [3, с.61] по формуле

$$a'_1 \geq 49,5 \cdot (u_{\text{ред}} + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{1}{[\sigma_{\text{H2}}] \cdot u}\right)^2 \cdot \frac{K_{\text{НВ}} \cdot T_3}{\Psi_a}}, \quad (13)$$

где  $T_3$  – вращающий момент на валу колеса (3-й вал привода), Н·мм;

$K_{\text{НВ}}$  – коэффициент концентрации нагрузки. Для прирабатывающихся колес  $K_{\text{НВ}} = 1$  [3, с.61];

$\Psi_a$  – коэффициент ширины колеса. Для одноступенчатого цилиндрического редуктора при симметричном расположении колес относительно опор  $\Psi_a = 0,4$ ;

$u$  – передаточное число зубчатой передачи,  $u = u_{\text{ред}}$ ;

$[\sigma_{\text{H2}}]$  – допускаемое контактное напряжение для материала колеса, так как колесо имеет более низкую прочность по сравнению с шестерней.

Рассчитаем предварительное значение межосевого расстояния

$$a' \geq 49,5 \cdot (5+1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{1}{515 \cdot 5}\right)^2 \cdot \frac{1 \cdot 464800}{0,4}} = 166,2 \text{ мм}$$

Значение  $a'$  округляют до ближайшего большего значения по единому ряду главных параметров редуктора: 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400. При небольшом превышении  $a'$  над стандартным значением (до 3...5%) допускается выбирать меньшее стандартное значение межосевого расстояния. Поэтому принимаем  $a = 160$  мм.

Предварительная ширина колеса и шестерни равна

$$b'_2 = \text{Ш}_a \cdot a = 0,4 \cdot 160 = 64 \text{ мм}, \quad (14)$$

$$b'_1 = 1,12 \cdot b'_2 = 71,68 \text{ мм} \quad (15)$$

Значения  $b'_1$  и  $b'_2$  округляют до ближайших стандартных значений из ряда главных параметров (см. выше):  $b_1 = 71$  мм;  $b_2 = 63$  мм.

Модуль зубчатых колес выбирают в следующем интервале:

$$m' = (0,01 \dots 0,02) \cdot a = (0,01 \dots 0,02) \cdot 160 = 1,6 \dots 3,2 \text{ мм.} \quad (16)$$

Для силовых передач значение модуля должно быть больше или равно 1,0 мм и соответствовать по ГОСТ 9565-80 ряду (мм): 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,25; 2,5; 2,75; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0. Жирным шрифтом выделены предпочтительные модули.

Выбираем модуль  $m = 2$  мм.

Определим числа зубьев колес. Предварительное суммарное число зубьев колес вычисляют из соотношения

$$z'_\Sigma = \frac{2 \cdot a}{m} = \frac{2 \cdot 160}{2,0} = 160 \quad (17)$$

Предварительное значение числа зубьев шестерни находят из соотношения

$$z'_1 = \frac{z'_\Sigma}{u+1} = \frac{160}{5+1} = 26,7 \quad (18)$$

Полученные значения  $z'_\Sigma$  и  $z'_1$  округляют до ближайшего целого значения  $z_\Sigma = 160$  и  $z_1 = 27$ . Причем для обеспечения неподрезания ножки зуба прямозубой

шестерни необходимо, чтобы значение  $z_1$  было больше или равно 17. После этого вычисляют число зубьев колеса

$$z_2 = z_{\Sigma} - z_1 = 160 - 27 = 133 \quad (19)$$

Таким образом,  $Z_2 = 133$  и  $Z_1 = 27$ .

Уточним фактическое передаточное число передачи

$$U_{\phi} = z_2 / z_1 = 133 / 27 = 4,93 \quad (20)$$

Отклонение фактического передаточного числа составляет

$$\Delta u = \frac{u - u_{\phi}}{u} \cdot 100\% = \frac{5,0 - 4,93}{5,0} \cdot 100\% = 1,4\%$$

Для передач общемашиностроительного применения допускается отклонение фактического передаточного числа от номинального значения в пределах 4%.

Проверка прочности зубьев колес по контактным напряжениям проводится по следующему условию прочности

$$u_{H2} = 315 \cdot \frac{u+1}{a \cdot u} \cdot \sqrt{\frac{u+1}{b_2} \cdot T_3 \cdot K_{HV2}} \leq [u_{H2}], \quad (21)$$

где  $K_{HV2}$  – коэффициент динамичности нагрузки зубьев колеса при контактных напряжениях. Он зависит от окружной скорости вращения колес  $V_1 = V_2$ , рассчитываемой по зависимости

$$V_2 = \frac{\pi \cdot m \cdot z_2 \cdot n_2}{60000} = \frac{3,14 \cdot 2,0 \cdot 133 \cdot 293}{60000} = 4,1 \text{ м/с} \quad (22)$$

Окружная скорость вращения колес определяет их степень точности по ГОСТ 1643–81. Так при окружной скорости  $V_2$  до 2 м/с назначается 9-я степень точности, до  $V_2 = 6$  м/с – 8-я степень точности, до  $V_2 = 10$  м/с – 7-я степень точности.

По данным расчёта  $V_2 = 4,1$  м/с. Этой скорости соответствует 8-я степень точности. Определим значение коэффициента  $K_{HV2}$  по таблице А.5 с помощью линейной интерполяции. Видим, что коэффициент  $K_{HV2} = 1,164$ .

Действительное контактное напряжение по условию (21) равно

$$\sigma_{H2} = 315 \cdot \frac{5+1}{160 \cdot 5} \cdot \sqrt{\frac{5+1}{63}} \cdot 464800 \cdot 1,164 = 536,27 \text{ МПа}$$

Допускаемая недогрузка передачи ( $\sigma_{H2} < [\sigma_{H2}]$ ) возможна до 15%, а допускаемая перегрузка ( $\sigma_{H2} > [\sigma_{H2}]$ ) – до 5%. Фактическая недогрузка для рассматриваемого примера составит

$$\Delta\sigma_H = \frac{\sigma_{H2} - [\sigma_{H2}]}{[\sigma_{H2}]} \cdot 100\% = \frac{536,27 - 515}{515} \cdot 100\% = 4,13\% \quad (23)$$

что меньше 5 %, а значит допустимо.

Расчетное максимальное напряжение при кратковременных перегрузках не должно превышать допускаемого значения

$$y_{Hmax2} = y_{H2} \cdot \sqrt{K_n} \leq [y_{Hmax2}], \quad (24)$$

$$\sigma_{Hmax2} = 536,27 \cdot \sqrt{1,7} = 699,2 \text{ МПа} \leq [\sigma_{Hmax2}] = 1512 \text{ МПа}$$

Определим другие геометрические размеры колес, показанные на рисунке

2. Делительные диаметры равны

$$d_1 = m \cdot z_1 = 2 \cdot 27 = 54 \text{ мм}$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 2 \cdot 133 = 266 \text{ мм} \quad (25)$$

Диаметры вершин зубьев равны

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 54 + 2 \cdot 2 = 58 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m = 266 + 2 \cdot 2 = 270 \text{ мм} \quad (26)$$

Диаметры впадин зубьев равны

$$d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m = 54 - 2,5 \cdot 2 = 49 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m = 266 - 2,5 \cdot 2 = 261 \text{ мм} \quad (27)$$

Проверим межосевое расстояние зубчатых колес

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{54 + 266}{2} = 160 \text{ мм} \quad (28)$$

Окружные силы определяют по зависимости

$$F_{t2} = F_{t1} = \frac{T_2 \cdot (u+1)}{a \cdot u} = \frac{464800 \cdot (5+1)}{160 \cdot 5,0} = 3486 \text{ Н} \quad (29)$$

Радиальные силы определяют по зависимости

$$F_{r2} = F_{r1} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 3486 \cdot \operatorname{tg} 20^{\circ} = 1268,8 \text{ Н}, \quad (30)$$

где  $\alpha = 20^{\circ}$  – угол зацепления.

Нормальная сила является равнодействующей окружной и радиальной сил в зацеплении и определяется по формуле

$$F_{n2} = F_{n1} = \frac{F_{t2}}{\cos \alpha} = \frac{3486}{\cos 20^{\circ}} = 3709,7 \text{ Н} \quad (31)$$

Конструктивные размеры зубчатого колеса и приведены в таблице 1. В качестве исходного размера используется диаметр посадочной поверхности вала  $d_K$  под колесо

Таблица 1 – Размеры зубчатого колеса, мм

Параметр	Формула	Расчет
Диаметр ступицы	$d_{ст} = 1,6 \cdot d_K$	$d_{ст} = 1,6 \cdot 60 = 96 \text{ мм}$
Длина ступицы	$L_{ст} = b_2 \dots 1,5 \cdot d_K$	$L_{ст} = 63 \dots 1,5 \cdot 60 = 63 \dots 90$ . Примем $L_{ст} = 80 \text{ мм}$
Толщина обода	$\delta_o = (2,5 \dots 4,0) \cdot m$	$\delta_o = (2,5 \dots 4,0) \cdot 2,5 = 5 \dots 8$ Примем $\delta_o = 6 \text{ мм}$
Диаметр обода	$D_o = d_{a2} - 2 \cdot \delta_o - 4,5 \cdot m$	$D_o = 270 - 2 \cdot 6 - 4,5 \cdot 2 = 249$ Примем $D_o = 250 \text{ мм}$
Толщина диска	$c = (0,2 \dots 0,3) \cdot b_2$	$c = (0,2 \dots 0,3) \cdot 63 = 12,6 \dots 19,9$ Примем $c = 16 \text{ мм}$
Диаметр центров отверстий дисков	$D_{отв} = 0,5 \cdot (D_o + d_{ст})$	$D_{отв} = 0,5 \cdot (250 + 96) = 173 \text{ мм}$
Диаметр отверстий	$d_{отв} = (D_o - d_{ст}) / 4$	$d_{отв} = (250 - 96) / 4 = 38,5$ Примем $d_{отв} = 40 \text{ мм}$
Фаски	$n = 0,5 \cdot m$	$n = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ мм}$



## 2.4 Расчет открытой зубчатой цилиндрической передачи

Предварительное его значение рассчитывается из условия контактной выносливости рабочих поверхностей зубьев [3, с. 61] по формуле

$$a'_2 \geq 49,5 \cdot (u_{\text{озп}} + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{1}{[\sigma_{\text{H}2}] \cdot u}\right)^2 \cdot \frac{K_{\text{H}\beta 1} \cdot T_4}{\Psi_{a1}}}, \quad (32)$$

где  $T_4$  – вращающий момент на ведущем валу транспортера, Н·мм;

$K_{\text{H}\beta 1}$  – коэффициент концентрации нагрузки. Для открытой зубчатой передачи, с консольным расположением колёс  $K_{\text{H}\beta} = 1,2$ ;

$\Psi_{a1}$  – коэффициент ширины колеса. Для консольного расположении колёс относительно опор  $\Psi_a = 0,2$  [4];

$u$  – передаточное число зубчатой передачи,  $u = u_{\text{озп}} = 2,99$ ;

$[\sigma_{\text{H}2}]$  – допускаемое контактное напряжение для материала колеса, так как колесо имеет более низкую прочность по сравнению с шестерней.

$$a'_2 \geq 49,5 \cdot (2,99 + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{1}{515 \cdot 2,99}\right)^2 \cdot \frac{1 \cdot 1334,6 \cdot 10^3}{0,2}} = 294 \text{ мм}$$

Значение  $a'_2$  округляют до ближайшего большего значения по единому ряду главных параметров редуктора: 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400.

При небольшом превышении  $a'$  над стандартным значением (до 3...5%) допускается выбрать меньшее стандартное значение межосевого расстояния.

Принимаем  $a_2 = 280$  мм.

Предварительная ширина колеса и шестерни равна

$$b'_4 = \Psi_{a1} \cdot a_2 = 0,2 \cdot 280 = 56 \text{ мм}, \quad (33)$$

$$b'_3 = 1,12 \cdot b'_4 = 1,12 \cdot 56 = 62,3 \text{ мм}, \quad (34)$$

Значения  $b'_3$  и  $b'_4$  округляют до ближайших стандартных значений из ряда главных параметров (см. выше):  $b_3 = 63$  мм;  $b_4 = 56$  мм.

Модуль зубчатых колёс выбирают в следующем интервале:

$$m'_2 = (0,01 \dots 0,02) \cdot a = (0,01 \dots 0,02) \cdot 280 = 2,8 \dots 5,6 \text{ мм}, \quad (35)$$

ГОСТ 1643–81. Так при окружной скорости  $V$  до 2 м/с назначается 9-я степень точности, до  $V = 6$  м/с – 8-я степень точности, до  $V = 10$  м/с – 7-я степень точности.

По данным расчёта  $V_4 = 2,15$  м/с. Этой скорости соответствует 8-я степень точности. Определим значение коэффициента  $K_{H\beta 2}$  с помощью линейной интерполяции. Видим, что коэффициент  $K_{H\beta 2} = 1,09$ .

Действительное контактное напряжение по условию (40) равно

$$\sigma_{H2} = 315 \cdot \frac{2,99 + 1}{280 \cdot 2,99} \cdot \sqrt{\frac{2,99 + 1}{56} \cdot 1334600 \cdot 1,09} = 483,5 \text{ МПа}$$

Допускаемая недогрузка передачи ( $\sigma_{H4} < [\sigma_{H4}]$ ) возможна до 15%, а допускаемая перегрузка ( $\sigma_{H4} > [\sigma_{H4}]$ ) – до 5%. Фактическая недогрузка для рассматриваемого примера составит

$$\Delta\sigma_H = \frac{\sigma_{H2} - [\sigma_{H2}]}{[\sigma_{H2}]} \cdot 100\% = \frac{483,5 - 515}{515} \cdot 100\% = -6\%, \quad (42)$$

что меньше 15 %, а значит допустимо, при сложных условиях работы - повышенный износ и консольное расположение.

Расчетное максимальное напряжение при кратковременных перегрузках не должно превышать допускаемого значения

$$y_{Hmax4} = y_{H4} \cdot \sqrt{K_p} \leq [y_{Hmax4}], \quad (43)$$

Для рассматриваемых условий расчета передачи

$$\sigma_{Hmax2} = 483,5 \cdot \sqrt{1,7} = 630 \text{ МПа} \leq [\sigma_{Hmax2}] = 1512 \text{ МПа}$$

Определим другие геометрические размеры колес, показанные на рисунке.

Делительные диаметры равны

$$d_3 = m_2 \cdot z_3 = 4 \cdot 35 = 140 \text{ мм}$$

$$d_4 = m_2 \cdot z_4 = 4 \cdot 105 = 420 \text{ мм} \quad (44)$$

Диаметры вершин зубьев равны

$$d_{a3} = d_3 + 2 \cdot m_2 = 140 + 2 \cdot 4 = 148 \text{ мм} \quad (45)$$

$$d_{a4} = d_4 + 2 \cdot m_2 = 420 + 2 \cdot 4 = 428 \text{ мм}$$

Диаметры впадин зубьев равны

Выбираем модуль  $m_2 = 4,0$  мм.

Определим числа зубьев колес. Предварительное суммарное число зубьев колес вычисляются из соотношения

$$z'_\Sigma = \frac{2 \cdot a_2}{m_2} = \frac{2 \cdot 280}{4} = 140 \quad (36)$$

Предварительное значение числа зубьев шестерни находят из соотношения

$$z'_2 = \frac{z'_\Sigma}{u_{\text{озн}} + 1} = \frac{140}{2,99 + 1} = 35 \quad (37)$$

Полученные значения  $z'_\Sigma$  и  $z'_3$  округляют до ближайшего целого значения  $z_\Sigma = 140$  и  $z_3 = 35$ . После этого вычисляем число зубьев колеса

$$z_4 = z_\Sigma - z_2 = 140 - 35 = 105 \quad (38)$$

Таким образом,  $Z_4 = 105$  и  $Z_3 = 35$ .

Уточним фактическое передаточное число передачи

$$U_\phi = z_4 / z_3 = 105/35 = 3 \quad (39)$$

Отклонение фактического передаточного числа составляет

$$\Delta u = \frac{u - u_\phi}{u} \cdot 100\% = \frac{2,99 - 3}{2,99} \cdot 100\% = 1,6\%$$

Для передач общемашиностроительного применения допускается отклонение фактического передаточного числа от номинального значения в пределах 4%.

Проверка прочности зубьев колес по контактным напряжениям проводится по следующему условию прочности

$$\sigma_{H2} = 315 \cdot \frac{u + 1}{a \cdot u} \cdot \sqrt{\frac{u + 1}{b_2} \cdot T_2 \cdot K_{HV2}} \leq [\sigma_{H2}] \quad (40)$$

где  $K_{HV4}$  – коэффициент динамичности нагрузки зубьев колеса при контактных напряжениях. Он зависит от окружной скорости вращения колес  $V_3 = V_4$ , рассчитываемой по зависимости

$$V_2 = \frac{\pi \cdot m \cdot z_2 \cdot n_2}{60000} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 105 \cdot 98}{60000} = 2,15 \text{ м/с} \quad (41)$$

Окружная скорость вращения колес определяет их степень точности по

$$d_{f3} = d_3 - 2,5 \cdot m_2 = 140 - 2,5 \cdot 4 = 130 \text{ мм}$$

$$d_{f4} = d_4 - 2,5 \cdot m_2 = 420 - 2,5 \cdot 2 = 410 \text{ мм} \quad (46)$$

Проверим межосевое расстояние зубчатых колес

$$a = \frac{d_3 + d_4}{2} = \frac{140 + 420}{2} = 280 \text{ мм} \quad (47)$$

Окружные силы определяют по зависимости

$$F_{t4} = F_{t3} = \frac{T_2 \cdot (u_{озн} + 1)}{a \cdot u_{озн}} = \frac{1334600 \cdot (2,99 + 1)}{280 \cdot 2,99} = 6355,2 \text{ Н} \quad (48)$$

Радиальные силы определяют по зависимости

$$F_{r4} = F_{r3} = F_{t4} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 6355,2 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 2313,1 \text{ Н}, \quad (49)$$

где  $\alpha = 20^\circ$  – угол зацепления.

Нормальная сила является равнодействующей окружной и радиальной сил в зацеплении и определяется по формуле

$$F_{n4} = F_{n3} = \frac{F_{t4}}{\cos \alpha} = \frac{6355,2}{\cos 20^\circ} = 6763 \text{ Н} \quad (50)$$

Конструктивные размеры зубчатого колеса приведены в таблице 2.

В качестве исходного размера используется диаметр выходного конца вала  $d_{в3}$  под колесо

Таблица 2 – Размеры зубчатого колеса, мм

Параметры	Формула	Расчет
Диаметр ступицы	$d_{ст2} = 1,6 \cdot d_{в3}$	$d_{ст2} = 1,6 \cdot 70 = 112 \text{ мм}$
Длина ступицы	$L_{ст2} = b_4 \dots 1,5 \cdot d_{в3}$	$L_{ст} = 56 \dots 1,5 \cdot 70 = 56 \dots 105$ Примем $L_{ст} = 90 \text{ мм}$
Толщина обода	$\delta_{о2} = (2,5 \dots 4,0) \cdot m_2$	$\delta_{о2} = (2,5 \dots 4,0) \cdot 4 = 10 \dots 16$ Примем $\delta_{о2} = 14 \text{ мм}$
Диаметр обода	$D_{о2} = d_{а4} - 2 \cdot \delta_{о2} - 4,5 \cdot m_2$	$D_{о2} = 428 - 2 \cdot 14 - 4,5 \cdot 4 = 382 \text{ мм}$
Толщина диска	$c_2 = (0,2 \dots 0,3) \cdot b_4$	$c_2 = (0,2 \dots 0,3) \cdot 56 = 11,2 \dots 16,8$ Примем $c = 14 \text{ мм}$
Диаметр центров Отверстий в диске	$D_{отв2} = 0,5 \cdot (D_{о2} + d_{ст2})$	$D_{отв2} = 0,5 \cdot (382 + 112) = 247 \text{ мм}$
Диаметр отверстий	$d_{отв2} = (D_{о2} - d_{ст2}) / 4$	$d_{отв2} = (382 - 112) / 4 = 67,5 \text{ мм}$
Фаски	$r_2 = 0,5 \cdot m_2$	$r_2 = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ мм}$

## 2.5 Проектный расчет валов

Вал при работе испытывает сложнагружение: деформации кручения и изгиба. Однако проектный расчет валов проводится из условия прочности на чистое кручение, а изгиб вала и концентрация напряжений учитываются пониженными допускаемыми напряжениями на кручение, которые выбираются в интервале  $[\tau] = 15...20$  МПа. Меньшее значение  $[\tau]$  принимается для расчета быстроходных валов, большее – для расчета тихоходных валов.

Наименьший диаметр выходного участка быстроходного вала редуктора  $d'_{B1}$ , мм, равен:

$$d'_{B1} \geq \sqrt[3]{\frac{T_2}{0,2 \cdot [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{96800}{0,2 \cdot 15}} = 31,8 \text{ мм} \quad (51)$$

Наименьший диаметр выходного участка тихоходного вала редуктора  $d'_{B2}$ , мм, равен

$$d'_{B2} \geq \sqrt[3]{\frac{T_3}{0,2 \cdot [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{464800}{0,2 \cdot 20}} = 48,8 \text{ мм} \quad (52)$$

Наименьший диаметр выходного участка ведущего вала транспортёра  $d'_{B3}$ , мм, равен

$$d'_{B3} \geq \sqrt[3]{\frac{T_4}{0,2 \cdot [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{1334600}{0,2 \cdot 20}} = 69,4 \text{ мм} \quad (53)$$

где  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  – номинальные вращающие моменты соответственно на входном (быстроходном) и выходном (тихоходном) валах редуктора и выходном участке ведущего вала транспортёра (пункт 2.1.4.).

Полученные расчетные значения диаметров выходных участков валов  $d'_{B1}$ - $d'_{B3}$  округляются до ближайшего большего стандартного значения из ряда, мм: 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 34, 35, 36, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 52, 55, 60, 63, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 120, 125.

В случае, если быстроходный вал редуктора соединяется с валом электродвигателя муфтой (кинематическая схема рассматриваемого примера), полученный расчетом диаметр  $d'_{B1}$  необходимо согласовывать с

диаметром вала электродвигателя  $d_1$

$$d'_{B1} = (0,8 \dots 1,2) \cdot d_1 = (0,8 \dots 1,2) \cdot 48 = 38,4 \dots 57,6 \text{ мм} \quad (54)$$

Окончательно выбираем  $d_{B1} = 40$  мм,  $d_{B2} = 48$  мм,  $d_{B3} = 70$  мм.

Остальные размеры участков назначаются из выше приведенного ряда стандартных диаметров в сторону увеличения, исходя из конструктивных и технологических соображений.

Для быстроходного вала

$$d_{y1} = d_{\Pi 1} = 45 \text{ мм} \text{ – диаметр вала под уплотнение и подшипник.}$$

Необходимо учитывать, что значение посадочного диаметра подшипника для данного диапазона кратно пяти. Также величина высоты  $t$ , мм, перехода диаметра вала по отношению к предыдущему диаметру должна быть больше или равна размеру фаски  $f$ , мм, ;

$d_{\delta 1} = 50$  мм – диаметр буртика для упора подшипника. Необходимо обеспечить, чтобы величина диаметра  $d_{\delta 1}$  была больше или равна величине, рассчитанной по формуле  $d_{\Pi 1} + 2 \cdot t = 45 + 2 \cdot 2,5 = 50$  мм. Значения высоты буртика  $t$ , мм. В этом случае величина высоты буртика  $t$  должна быть больше или равна величине радиуса закругления подшипника  $r$ , мм, что обеспечивает надежное осевое размещение подшипника на валу;

$d_{f1}$ ,  $d_1$ ,  $d_{a1}$ ,  $b_1$  – размеры шестерни

Для тихоходного вала:

$$d_{y2} = d_{\Pi 2} = 50 \text{ мм} \text{ – диаметр вала под уплотнение и подшипник.}$$

Необходимо учитывать, что значение посадочного диаметра подшипника для данного диапазона кратно пяти. Также значение высоты  $t$ , мм, перехода диаметра вала по отношению к предыдущему диаметру должно быть больше или равно величине размера фаски  $f$ , мм.;

$d_K = 60$  мм – диаметр под зубчатое колесо. Необходимо обеспечить, чтобы величина диаметра  $d_K$  была больше или равна величине размера, рассчитанного по формуле  $d_{\Pi 2} + 2 \cdot t = 50 + 2 \cdot 3,5 = 57$  мм. Высота перехода диаметра  $t$ , мм. В этом случае высота перехода  $t$  должна быть больше или равна величине радиуса закругления подшипника  $r$ , мм, что обеспечивает

надежное осевое размещение подшипника на валу;

$d_{62} = 65$  мм – диаметр буртика для упора колеса. С другой стороны колеса для его надежного осевого крепления на валу при сборке устанавливается распорная втулка. Необходимо, чтобы высота перехода диаметра  $t$  была больше или равна размеру фаски  $f$ .

Для ведущего вала транспортёра:

$d_{y3} = d_{пз} = 75$  мм – диаметр вала под уплотнение и подшипник. Необходимо учитывать, что значение посадочного диаметра подшипника для данного диапазона кратно пяти. Также значение высоты  $t$ , мм, перехода диаметра вала по отношению к предыдущему диаметру должно быть больше или равно величине размера фаски  $f$ , мм

## 2.6 Эскизная компоновка редуктора

### Конструирование валов

Шестерня может быть выполнена с валом как одна деталь (вал – шестерня), если выполняется следующее условие

$$d_{f1} \leq 1,6 \cdot d_{61}, \quad (55)$$

где  $d_{f1}$  – диаметр окружности впадин шестерни.

$d_{f2}$  – диаметр буртика (рисунок 10).

$$1,6 \cdot d_{61} = 1,6 \cdot 50 = 80 \text{ мм}$$

А  $d_{f1} = 49$  мм. Условие (55) выполняется, следовательно, быстроходный вал изготавливается, как вал – шестерня. В противном случае шестерня делается насадной на вал.

Переход между двумя смежными ступенями вала разных диаметров в одноступенчатых редукторах чаще всего выполняется в виде, размеры которой в зависимости от диаметра вала.

Длины выходных участков валов выбираются на 1,0...1,2 мм короче длины ступицы насаживаемой детали.

### Предварительный выбор подшипников

Выбор подшипников для валов редуктора удобно свести в таблицу. Для

рассматриваемого примера в механических передачах возникают только радиальные силы, и нет осевых сил (зубчатая цилиндрическая передача – прямозубая). Поэтому применяем радиальные шарикоподшипники

#### Выбор способа смазки передачи и подшипников

Зубчатая цилиндрическая передача в горизонтальном редукторе смазывается жидким маслом методом окунания колеса в масляную ванну, роль которой играет корпус редуктора. Подшипники смазываются масляным туманом (случай 1) от разбрызгивания этого же масла, если величина окружной скорости в зацеплении зубчатых колес  $V$  больше или равна 2,5 м/с. В противном случае подшипники смазываются пластичной смазкой (случай 2), а подшипниковые узлы изнутри закрываются мазеудерживающими кольцами для предотвращения вымывания пластичного смазочного материала жидким, применяемым для смазывания зацепления. Мазеудерживающее кольцо вращается вместе с валом и имеет две – четыре круговые или винтовые канавки треугольного сечения; зазор между кольцом и корпусом 0,1...0,3 мм (на чертежах не показывается); выход за торец корпуса  $C = 1...2$  мм. Ширина мазеудерживающего кольца  $b$  и ширина его буртиков выбираются конструктивно в зависимости от размеров редуктора.

#### Выбор крышек подшипников узлов и уплотнений

Для герметизации подшипниковых узлов редуктора и осевой фиксации подшипников применяются крышки. и врезные. Те и другие изготавливаются в двух исполнениях – глухие и с отверстием для выходного конца вала. Размеры крышек определяют в зависимости от диаметра наружного кольца подшипника  $D$ .

Для предотвращения вытекания смазочного материала из подшипниковых узлов, а также защиты их от попадания пыли, грязи и влаги, в крышках с отверстием для выходного конца вала размещается уплотнение. Наиболее широко применяются резиновые армированные манжеты, размеры которых выбираются по диаметру вала под уплотнение  $d = d_{y1}$  или  $d_{y2}$ . Манжета может иметь пыльник.

Во время работы привода происходит нагрев деталей и масла, что приводит к линейному удлинению валов редуктора. Для компенсации этого расширения



предусматривают осевой зазор в подшипниковых узлах  $a = 0,2 \dots 0,5$  мм, который на чертежах общего вида не показывается. При применении торцовых крышек регулировка осевого зазора производится с помощью набора металлических прокладок (рисунок 15, а, в), который устанавливается под фланец крышки. При применении врезных крышек регулировка осевого зазора производится с помощью компенсирующих колец, которые устанавливаются между торцами наружных колец подшипников и крышек.

Торцовые крышки подшипниковых узлов крепятся к корпусу редуктора с помощью потайных винтов, а для того, чтобы не было их самоотвинчивания при вибрации, под головки винтов могут подкладываться пружинные шайбы.

Графическая часть эскизной компоновки редуктора

Выполнение эскизной компоновки проводится несколькими этапами.

На первом этапе откладывается межосевое расстояние  $a$  и вычерчивается зубчатая цилиндрическая передача.

На втором этапе прочерчивается граница внутренней стенки редуктора на расстоянии  $X = 8 \dots 12$  мм от элементов зубчатой цилиндрической передачи. Со стороны шестерни предварительное значение размера  $f$ , мм, определяется по формуле

$$f = D/2 + X, \quad (56)$$

где  $D$  – диаметр наружного кольца подшипника быстроходного вала, мм. На третьем этапе вычерчиваются ступени валов на соответствующих осях по диаметральным размерам, полученным в проектном расчете валов (пункт 2.4.). Длины участков валов  $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8$ , мм, получаются из следующих рассуждений:

$L_1$  – длина участка вала под полумуфту, которая равна

$$\begin{aligned} L_1 &= 1,5 \cdot d_{B1}, \\ L_1 &= 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ мм} \end{aligned} \quad (57)$$

где  $d_{B1}$  – диаметр выходного участка вала, мм;

$L_2, L_6$  – длины участков валов под крышку с уплотнением и подшипник,

которые рассчитываются по зависимости

$$\begin{aligned}L_{2(6)} &= B + H + 5 \text{ мм}, \\L_2 &= 46 \text{ мм}, L_6 = 40 \text{ мм}\end{aligned}\quad (58)$$

где  $B$  – ширина соответствующего подшипника, мм.;

$H$  – ширина соответствующей крышки, мм. ;

$L_3, L_7$  – длины участков валов, находящихся внутри корпуса редуктора.

Они определяются по зависимости

$$\begin{aligned}L_3 &= L_7 = b_1 + 2 \cdot X, \\L_3 &= L_7 = 91 \text{ мм}\end{aligned}\quad (59)$$

где  $b_1$  – ширина шестерни, мм.;

$L_4, L_8$  – длины участков валов под подшипник, которые определяются по формуле

$$\begin{aligned}L_{4(8)} &= B, \\L_4 &= 25 \text{ мм}, L_8 = 31 \text{ мм}\end{aligned}\quad (60)$$

где  $B$  – ширина соответствующего подшипника, мм.

## 2.7 Определение внутренних силовых факторов в сечениях вала

Размеры участков тихоходного вала  $a = 66 \text{ мм}, b = 74 \text{ мм}$  получены после эскизной компоновки редуктора.

Рассмотрим вертикальную плоскость  $YAX$  (рисунок

Определим реакции в опорах  $R_A^B, R_B^B$

$$\sum M_A = F_{r2} \cdot b_2 + R_B^B \cdot 2 \cdot b_2 - F_{t3} \cdot (2 \cdot b_2 + a_2) = 0$$

Решая последнее уравнение относительно реакции  $R_B^B$ , получим

$$R_B^B = \frac{-F_{r2} \cdot b_2 + F_{t3} \cdot (2 \cdot b_2 + a_2)}{2 \cdot b_2} =$$

$$= \frac{1340,5 \cdot 74 + 6355,2 \cdot (2 \cdot 74 + 66)}{2 \cdot 74} = 9823,7 \text{ Н}$$

$$\sum F_i^B = R_A^B + R_B^B - F_{r2} + F_{t3} = 0.$$

Решая последнее уравнение относительно реакции  $R_A^B$ , получим

$$R_A^B = -R_B^B - F_{r2} + F_{t3} = -9823,7 + 6355,2 - 1340,5 = -4737,3 \text{ Н}$$

Знак минус означает, что реакция  $R_A^B$  направлена в противоположную сторону от принятого направления.

Определим изгибающие моменты в сечениях вала.

В точке  $B$  изгибающий момент равен

$$M_{II(B)}^B = F_{t3} \cdot a_2 = 6355,2 \cdot 66 = 419443,2 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

В точке  $K$  изгибающий момент равен

$$M_{II(K)}^B = R_A^B \cdot b_2 = 4737,3 \cdot 74 = 350560 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

По рассчитанным значениям строим эпюру изгибающих моментов в горизонтальной плоскости

Максимальное значение изгибающего момента в вертикальной плоскости  $M_{II \max}^B$ , Н · мм, равно:

$$M_{II \max}^B = M_{II(B)}^B = 419443,2 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Рассмотрим горизонтальную плоскость  $ZAX$ .

Определим реакции в опорах  $R_A^\Gamma, R_B^\Gamma$ .

$$\sum M_A = F_{t2} \cdot b_2 + R_B^\Gamma \cdot 2 \cdot b_2 + F_{r3} \cdot (2 \cdot b_2 + a_2) = 0.$$

Решая последнее уравнение относительно реакции  $R_B^\Gamma$ , получим

$$R_B^\Gamma = \frac{-F_{t2} \cdot b_2 + F_{r3} \cdot (2 \cdot b_2 + a_2)}{2 \cdot b_2} =$$

$$= \frac{3486 \cdot 74 + 2313,1 \cdot (2 \cdot 74 + 66)}{2 \cdot 74} = -5088 \text{ Н}$$

Знак минус означает, что реакция  $R_B^\Gamma$  направлена в противоположную

сторону от принятого направления.

$$\sum Z = R_A^{\Gamma} + F_{t2} + R_B^{\Gamma} + F_{r3} = 0;$$

$$R_A^{\Gamma} = -F_{t2} - F_{r3} - R_B^{\Gamma} = -3486 - 2313,1 - (-5088) = -711 \text{ Н}$$

Определим изгибающие моменты в сечениях вала.

В точке  $B$  изгибающий момент равен

$$M_{И(B)}^{\Gamma} = F_{r3} \cdot a_2 = 2313,1 \cdot 66 = 152664,6 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

В точке  $K$  изгибающий момент равен

$$M_{И(K)}^{\Gamma} = R_A^{\Gamma} \cdot b_2 = 711 \cdot 74 = 52621,4 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

По рассчитанным значениям строим эпюру изгибающих моментов в горизонтальной плоскости.

Максимальное значение изгибающего момента в горизонтальной плоскости  $M_{И \max}^{\Gamma}$ , Н · мм, равно

$$M_{И \max}^{\Gamma} = M_{И(B)}^{\Gamma} = 152664,6 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Далее необходимо построить суммарную эпюру изгибающих моментов  $M_{И}^{\Sigma}$ , Н · мм, (рисунок ...) по зависимости

$$M_{И}^{\Sigma} = \sqrt{(M_{И}^B)^2 + (M_{И}^{\Gamma})^2}. \quad (61)$$

В точке  $B$  суммарный изгибающий момент равен

$$M_{И}^{\Sigma} = \sqrt{(419443,2)^2 + (152664,6)^2} = 446362 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

В точке  $K$  суммарный изгибающий момент равен

$$M_{И(K)}^{\Sigma} = \sqrt{(350560)^2 + (52621,4)^2} = 354487,4 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

На участке вала от точки  $K$  до конца выходного участка действует также и крутящий момент  $T_3 = 464800 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ , эпюра которого показана на рисунке 7.

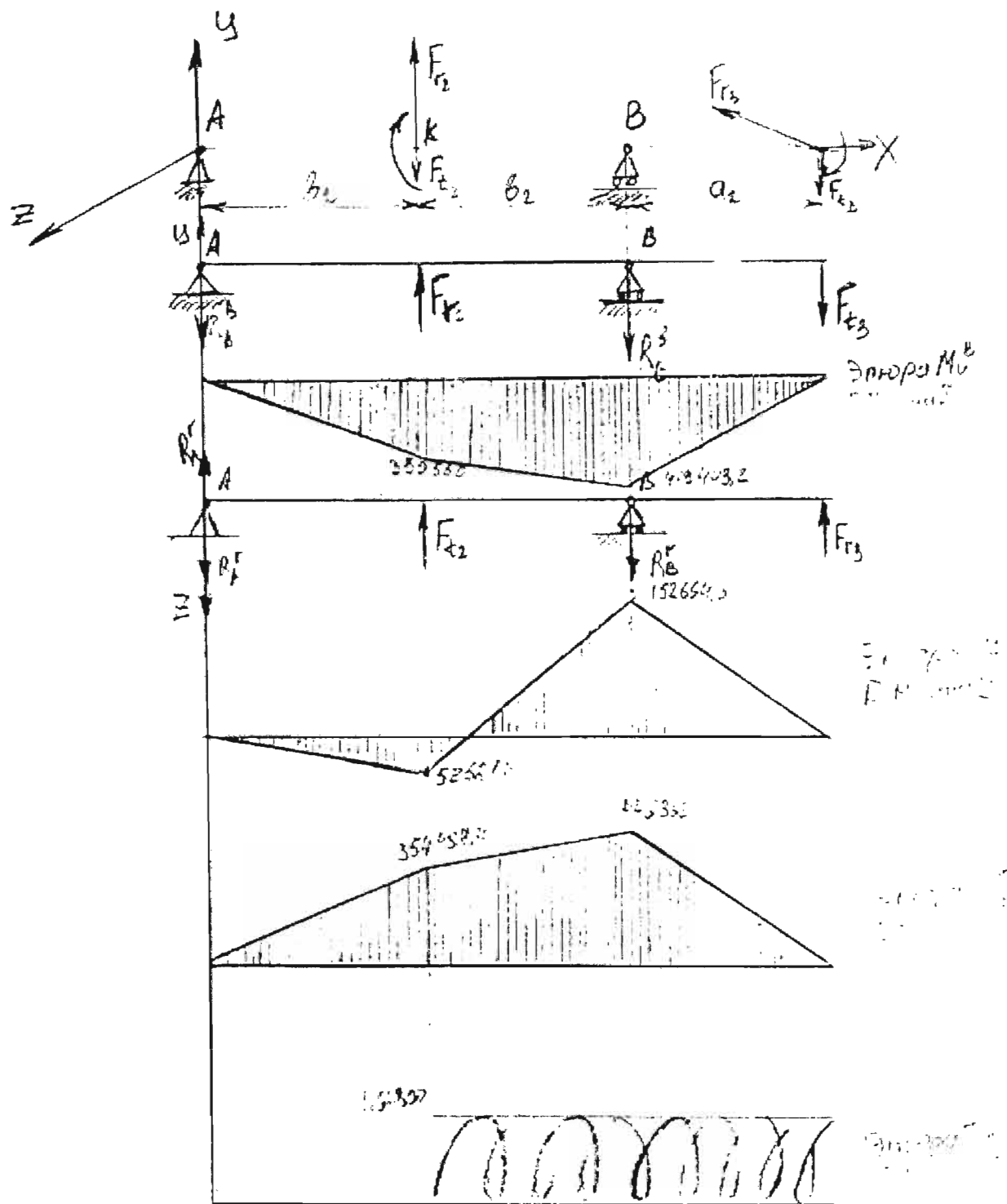


Рисунок 7 – Эпюра расчета валов

## 2.8 Проверка подшипников на долговечность

Для проверки подшипников на долговечность необходимо сначала определить суммарные радиальные реакции в опорах вала.

В опоре А суммарная реакция  $R_A^\Sigma$ , Н, равна

$$R_A^\Sigma = \sqrt{(R_A^B)^2 + (R_A^\Gamma)^2} = \sqrt{4734,3^2 + 711^2} = 4790,4 \text{ Н} \quad (62)$$

В опоре В суммарная реакция  $R_B^\Sigma$ , Н, равна

$$R_B^\Sigma = \sqrt{(R_B^B)^2 + (R_B^\Gamma)^2} = \sqrt{9823,7^2 + 5088^2} = 11063 \text{ Н} \quad (63)$$

Выбранные подшипники для тихоходного вала проверяются на долговечность по наиболее нагруженной опоре. В рассматриваемом примере более нагружена опора В, радиальная сила в которой равна  $F_r = R_B^\Sigma = 11063 \text{ Н}$ . Определим долговечность выбранных шарикоподшипников  $L_h$ , ч,

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^3, \quad (64)$$

где  $n = 293 \text{ мин}^{-1}$  – частота вращения тихоходного вала;

$C = 35100 \text{ Н}$  – динамическая грузоподъемность подшипника тихоходного вала;

$P$  – приведенная нагрузка, Н, которая для постоянного режима нагружения определяется по зависимости

$$P = F_{(B)} \cdot V \cdot C_p \cdot K_T, \quad (65)$$

где  $V$  – коэффициент, учитывающий, какое кольцо подшипника вращается. При вращении внутреннего кольца подшипника  $V = 1$ ;

$C_p = 1,2$  – коэффициент режима нагрузки;

$K_T$  – температурный коэффициент. Если при работе редуктор не нагревается выше  $100^\circ$ , то можно принять  $K_T = 1$  [4].

Приведенная нагрузка по формуле (65) равна

$$P = 11063 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 13275,6 \text{ Н.}$$

Долговечность подшипника по формуле (64) равна

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 293} \cdot \left( \frac{35100}{13275,6} \right)^3 = 1051,3 \text{ ч.}$$

Расчетная долговечность подшипника должна быть не меньше допускаемой  $[L_h] = 10000$  ч. Расчетная долговечность подшипников меньше допускаемой, поэтому выбираем более тяжелую серию подшипника 301 и корректируем расчет. Долговечность подшипника тяжелой серии 301 по формуле (64) равна

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 293} \cdot \left( \frac{87100}{13275,6} \right)^3 = 16065 \text{ ч.}$$

## 2.9 Проверочный расчет тихоходного вала

Цель проверочного расчета состоит в проверке соблюдения следующего неравенства в опасном сечении вала

$$s \geq [s], \quad (66)$$

где  $s$ ,  $[s]$  - расчетный и допускаемый коэффициент запаса прочности

( $[s] = 2,5 \dots 3,0$  для валов общего назначения).

Опасным будем считать сечение вала, где возникают наибольшие изгибающие и крутящие моменты. В рассматриваемом примере таким сечением является сечение в опоре. Также опасным может оказаться сечение под колесом.

Расчетный коэффициент запаса прочности равен

$$s = \frac{s_y \cdot s_\phi}{\sqrt{s_y^2 + s_\phi^2}}, \quad (67)$$

где  $s_y$ ,  $s_\phi$  - коэффициенты запаса прочности соответственно по нормальным и касательным напряжениям, рассчитываемые по формулам

$$s_y = \frac{y_{-1}}{(K_y/\beta \cdot e_y) \cdot y_a + \Psi_y \cdot y_m},$$

$$s_\phi = \frac{\phi_{-1}}{(K_\phi/\beta \cdot e_\phi) \cdot \phi_a + \Psi_\phi \cdot \phi_m}, \quad (68)$$

где  $y_{-1}, \phi_{-1}$  - пределы выносливости материала вала при симметричных циклах изгиба и кручения, МПа. Выбираем материал вала – сталь 40Х, термообработка – улучшение:  $\sigma_T = 750$  МПа,  $\sigma_B = 900$  МПа. Тогда пределы выносливости материала вала определяются по эмпирическим зависимостям

$$y_{-1} = 0,43 \cdot y_B = 0,43 \cdot 900 = 387 \text{ МПа},$$

$$\phi_{-1} = 0,58 \cdot y_{-1} = 0,58 \cdot 387 = 224 \text{ МПа} \quad (69)$$

$K_y, K_\phi$  - эффективные коэффициенты концентрации напряжений при изгибе и кручении в опасном сечении, которые выбираются по виду концентратора напряжений. Для рассматриваемого примера определим соотношение размеров:  $t/r = 3/1,0 = 3$ ;  $r/d = 1/50 = 0,02$ . Учитывая, что для материала вала  $\sigma_B = 900$  МПа, определим коэффициенты  $K_\sigma, K_\tau$

$$K_y = 2,2; K_\phi = 1,75$$

$\beta$  - коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности вала. Его значение выбирают в интервале  $\beta = 0,9 \dots 1,0$ ;

$\varepsilon_\sigma, \varepsilon_\tau$  - масштабные факторы для нормальных и касательных напряжений, выбираемые интерполированием

$$e_y = 0,7; e_\phi = 0,7;$$

$\sigma_a, \tau_a$  - амплитуды циклов напряжений, МПа;

$\sigma_m, \tau_m$  - средние значения циклов напряжений, МПа;

$\Psi_\sigma, \Psi_\tau$  - коэффициенты, учитывающие влияние среднего напряжения цикла на коэффициент запаса прочности.

Напряжения изгиба изменяются по симметричному циклу, поэтому



амплитуда  $\sigma_a$ , МПа, и среднее значение цикла  $\sigma_m$ , МПа, равны

$$y_a = \frac{M_u^{max}}{W}, y_m = 0, \quad (70)$$

где  $M_u^{max}$  – максимальный изгибающий момент, Н·мм, в опасном сечении вала;

$W$  – момент сопротивления сечения, мм<sup>3</sup>, который равен: для круглого сплошного сечения вала  $W = 0,1d^3$ , а для сечения со шпоночным пазом

$$W = 0,1 \cdot d^3 - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d - t_1)^2}{2 \cdot d}, \quad (71)$$

где  $d$  – диаметр вала в опасном сечении.

Для рассматриваемого примера (опасное сечение вала – сплошное), поэтому амплитуда цикла  $\sigma_a$ , МПа, определится по формуле

$$y_a = \frac{M_u^{max}}{0,1 \cdot d^3} = \frac{446362}{0,1 \cdot 50^3} = 35,7 \text{ МПа}$$

Напряжения кручения при нереверсивном вращении вала изменяются по отнулевому циклу, поэтому амплитуда  $\tau_a$ , МПа, и среднее значение цикла  $\tau_m$ , МПа, равны

$$\phi_a = \phi_m = \frac{T_i}{2} \cdot W_p, \quad (72)$$

где  $T_i$  – крутящий момент в опасном сечении вала, Н · мм, (см. эпюру крутящих моментов, рисунок 7);

$W_p$  – полярный момент сопротивления сечения, мм<sup>3</sup>, который равен: для круглого сплошного сечения вала  $W_p = 0,2d^3$ , а для сечения со шпоночным пазом

$$W_p = 0,2 \cdot d^3 - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d - t_1)^2}{2 \cdot d}, \quad (73)$$

где  $d$  – диаметр вала, мм, в опасном сечении вала.

Для рассматриваемого примера (опасное сечение вала – сплошное), для которого

$$\phi_a = \phi_m = \frac{T_3}{2 \cdot 0,2 \cdot d^3} = \frac{464800}{2 \cdot 0,2 \cdot 50^3} = 9,3 \text{ МПа}$$

Коэффициенты  $\psi_\sigma, \psi_\tau$  выбираются из ряда, приведены в таблице 3

Таблица 3 – Коэффициенты учитывающие влияние среднего напряжения цикла на коэффициент запаса прочности

$\sigma_b$ , МПа	550	750	1000
$\psi_\sigma$	0,05	0,075	0,10
$\psi_\tau$	0	0,025	0,05

Для рассматриваемого примера коэффициенты запаса прочности по нормальным и касательным напряжениям равны по формулам (68)

$$s_y = \frac{387}{(2,2/(0,95 \cdot 0,7)) \cdot 35,7 + 0,09 \cdot 0} = 3,3;$$

$$s_\phi = \frac{224}{(1,75/(0,95 \cdot 0,7)) \cdot 9,3 + 0,04 \cdot 9,3} = 9$$

Расчетный коэффициент запаса прочности равен по формуле (67)

$$s = \frac{3,3 \cdot 9}{\sqrt{3,3^2 + 9^2}} = 3$$

Расчетный коэффициент запаса прочности равен допустимому по условию (66), значит, вал работоспособен.

## 2.10 Выбор шпонок и проверка их на прочность

Выбор сечения шпонки осуществляется по диаметру вала  $d$ . Длина шпонки выбирается на 5...10 мм короче длины ступицы сопрягаемой с валом детали из стандартного ряда, приведенного в таблице А.20. Выбранная шпонка проверяется на смятие по условию прочности

$$y_{см} \leq [y_{см}], \quad (74)$$

где  $\sigma_{см}$  – расчетное напряжение смятия, МПа, определяемое по формуле

$$y_{см} = \frac{2 \cdot T_i}{d \cdot (h - t_1) \cdot l_p}, \quad (75)$$

где  $T_i$  – вращающий момент, Н·мм, передаваемый валом;

$d, h, b, t_1$  – размеры соединения, мм,;

$l_p$  – расчетная длина шпонки, мм, которая для призматической шпонки с закругленными торцами равна

$$l_p = l - b; \quad (76)$$

$[\sigma_{см}]$  – допускаемое напряжение смятия, которое для стальной ступицы равно 80 ... 120 МПа

Для диаметра тихоходного вала под колесом  $d_k = 60$  мм выбираем сечение шпонки  $b \times h = 18$  мм x 11 мм. Глубина шпоночного паза в тихоходном валу редуктора  $t_1 = 7$  мм. Длина шпонки согласовывается с длиной ступицы колеса, которая равна 90 мм. Выбираем длину шпонки  $l = 70$  мм. Тогда по зависимости (85):

$$l_p = 70 - 18 = 52 \text{ мм.}$$

Проверим выбранную шпонку на смятие

$$y_{см} = \frac{2 \cdot 464800}{60 \cdot (11 - 7) \cdot 52} = 74 \text{ МПа}$$

Видим, что действительное напряжение смятия меньше допускаемого. Значит, выбранная шпонка работоспособна.

Для диаметра быстроходного вала под полумуфтой  $d_{b1} = 40$  мм выбираем

сечение шпонки  $b \times h = 12 \text{ мм} \times 8 \text{ мм}$ . Глубина шпоночного паза в быстроходном валу редуктора  $t_1 = 5,0 \text{ мм}$ . Длина шпонки согласовывается с длиной ступицы колеса, которая равна  $60 \text{ мм}$ . Выбираем длину шпонки  $l = 50 \text{ мм}$ . Тогда по зависимости (76)

$$l_p = 60 - 12 = 48 \text{ мм}$$

Проверим выбранную шпонку на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 96800}{40 \cdot (8 - 5) \cdot 48} = 33,6 \text{ МПа.}$$

Видим, что действительное напряжение смятия меньше допускаемого. Значит, выбранная шпонка работоспособна.

Для выходного конца тихоходного вала под шестерней 3  $d_{B2} = 48 \text{ мм}$  выбираем сечение шпонки  $b \times h = 14 \text{ мм} \times 9 \text{ мм}$ . Глубина шпоночного паза в тихоходном валу редуктора  $t_1 = 5,5 \text{ мм}$ . Длина шпонки согласовывается с длиной ступицы колеса, которая равна  $80 \text{ мм}$ . Выбираем длину шпонки  $l = 70 \text{ мм}$ . Тогда по зависимости (76)

$$l_p = 70 - 14 = 56 \text{ мм.}$$

Проверим выбранную шпонку на смятие

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 1334600}{48 \cdot (9 - 5,5) \cdot 56} = 283,7 \text{ МПа.}$$

Видим, что условие (74) не выполняется, то применяем две, диаметрально расположенных шпонки, и вводим поправочный коэффициент  $K=0,75$

$$\sigma_{см} = \frac{0,75 \cdot 2 \cdot 1334600}{48 \cdot (9 - 5,5) \cdot 2 \cdot 56} = 1066,6 \text{ МПа.}$$

Действительное напряжение смятия меньше допускаемого. Значит, выбранная конструкция шпоночного соединения работоспособна.

## 2.11 Модернизация разгрузочного узла привода трубно-цепного конвейера

В существующих трубно-цепных конвейерах, используемых на предприятии, есть плюсы – это способность перемещать сыпучие материалы на какие-либо дистанции под разным углом наклона без запыления помещения, минус - быстрый износ транспортирующих шайб дисков, в результате неравномерного натяжения и ослабления цепи конвейера.

На конвейерах с двумя и более загрузочных точек при подаче материала в конвейер случаются небольшие перегрузы. В результате перегрузов конвейера происходит резонанс цепи, когда конвейер разгружается от чрезмерной нагрузки. Привод на какой-то момент начинает работать на опережение, в результате чего получается небольшое провисание цепи от приводной звезды на входе в холостую магистраль, а транспортирующие шайбы зацепляются за кромки входа в холостую магистраль. При таких зацеплениях изнашиваются шайбы, а при сильном зацеплении возможны и слетания цепи со звездочек. Также эти рывки способствуют быстрому износу цепи и требуют частого вмешательства ремонтного персонала в работу и регулировку конвейера.

Проведя анализ работоспособности трубно-цепного конвейера, считаю что необходимо внести изменения в конструкцию, дополнив деталью. В работе горизонтальных конвейеров применить направляющий лоток, а для вертикальных и стоящих под углом 45 и более градусов конвейеров, направляющую воронку. Это внедрение позволит удалить зацепления шайб на входе в холостую магистраль, исключить слетание а следовательно и износ цепи, значительно сократит количество проведения ремонтных работы.

### 3 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

#### 3.1 Расчет затрат на материальные ресурсы

Расчет затрат на материальные ресурсы представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет затрат на материальные ресурсы

Наименование материальных ресурсов	Ед. изм.	Цена единицы, руб.	Норма расхода	Стоимость материальных ресурсов, руб.
Лист (Сталь-20ГОСТ 1050-88) 4×1000×2000	т	24868,8	0,5	12434,4
Крепежные изделия	-	-	-	350
Транспортно-заготовительные расходы				137,844
Итого				12922,244

Расчет затрат на оплату труда производственных рабочих представлен в таблице 5.

Тарифный фонд оплаты труда:

$$\text{ТФОТ} = \text{Т} \cdot \text{С}_{\text{тч}}, \quad (77)$$

где Т – трудоемкость;

$\text{С}_{\text{тч}}$  – часовая тарифная ставка.

Таблица 5 – Расчет затрат на оплату труда производственных рабочих

Виды работ	Разряд работы	Трудоемкость Т, чел·ч	Часовая тарифная ставка $\text{С}_{\text{тч}}$ , руб.	Тарифный фонд оплаты труда ТФОТ, руб.
Сварочные	4	8	238	1904
Слесарные	4	8	179	1432
Сборочные	5	8	202	1616
Монтажные	4	8	226	1808
Итого				6760

Расчет затрат на дополнительную оплату труда производственных рабочих представлен в таблицеб.

Часовой фонд оплаты труда:

$$ЧФОТ = 1,12 \cdot ТФОТ \quad (78)$$

Таблица 6– Расчет затрат на дополнительную оплату труда производственных рабочих

Виды работ	Тарифный фонд оплаты труда ТФОТ, руб.	Часовой фонд оплаты труда ЧФОТ, руб.
Сварочные	1904	2132,48
Слесарные	1432	1603,84
Сборочные	1616	1809,92
Монтажные	1808	2024,96
Итого		7571,2

Страховые взносы:

$$O_c = 0,3 \cdot ЧФОТ \quad (79)$$

Расчет трудовых затрат представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет трудовых затрат

Часовой фонд оплаты труда ЧФОТ, руб.	Страховые взносы, руб.	Итого (Зтр), руб.
7571,2	2271,36	9842,56

Подставив значения  $Z_m$ ,  $Z_{тр}$  и  $K_n$  в формулу, получим:

$$C_{пол} = (12922,244 + 9842,56) \cdot (1 + 1,12) = 48261,4 \text{ (руб.)}$$

$$C_{пол} = K_b \quad (80)$$

3.2 Расчет затрат на проектирование и разработку проектной документации для направляющей воронки трубно цепного конвейера.

Расчет затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) производится путем написания калькуляции плановой себестоимости, которая составляется по следующим статьям: основная заработная плата работников, дополнительная заработная плата работников, страховые взносы, прочие прямые расходы, накладные расходы.

### 3.3 Расчет трудовых затрат

Для выполнения НИОКР формируется рабочая группа.

Состав группы и должностные оклады исполнителей представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Состав рабочей группы

Исполнитель (должность)	Количество исполнителей	Должностной оклад в месяц, руб.	Время работы, мес.
Инженер- конструктор	1	21000	1
Стажер инженера- конструктора	1	7000	1

Основная заработная плата работника :

$$Z_0 = O \cdot \frac{T_o}{T_k} \cdot K, \quad (81)$$

где O – должностной оклад работника в месяц;



$T_o$  – количество отработанных дней в месяце;

$T_k$  – количество рабочих дней по графику в месяце;

$K$  – уральский коэффициент,  $K = 1,15$ .

Основная заработная плата инженера-конструктора определяется по формуле (38):

$$Z_o = 21000 \cdot \frac{20}{21} \cdot 1,15 = 23000 \text{ (руб)}$$

Дополнительная заработная плата инженера-конструктора:

$$Z_d = Z_o \cdot 0,1 = 23000 \cdot 0,1 = 2300 \text{ (руб)}$$

Страховые взносы [25]:

$$O_c = (Z_o + Z_d) \cdot 0,3 = (23000 + 2300) \cdot 0,3 = 7590 \text{ (руб)}$$

Расчет трудовых затрат представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет трудовых затрат

Исполнитель (должность)	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Страховые взносы, руб.	Итого
Инженер- конструктор	23000	2300	7590	32890
Стажер инженера- конструктора	7000	700	2310	10010
Итого	30000	3000	9900	42900

### 3.4 Расчет накладных расходов

К накладным расходам относятся затраты на технологическую энергию, расходы на освещение помещения, плата за аренду помещения, затраты на приобретение канцелярских товаров, амортизационные отчисления вычислительной техники.

Затраты на технологическую энергию :

$$S_{ЭТ} = T_{\Phi} \cdot T \cdot W, \quad (82)$$

где  $T_{\Phi}$  – тариф на электрическую энергию;

$T$  – эффективный фонд времени работы ПВЭМ,  $T=100$  ч;

$W$  – мощность ПВЭМ,  $W = 0,035$  кВт.

$$S_{ЭТ}=3,37*100*0,035=11,8 \text{ (руб)}$$

Расходы на освещение помещения :

$$S_{O} = T_{\Phi} \cdot T_{\varepsilon} \cdot W_{O\varepsilon},$$

где  $T_{\Phi}$  – тариф на электрическую энергию;

$T_{\varepsilon}$  – эффективный фонд времени работы,  $T_{\varepsilon}=160$  ч;

$W_{O\varepsilon}$  – мощность осветительной электроэнергии,  $W_{O\varepsilon} = 0,375$  кВт.

$$S_{O}=3,37*160*0,375=202,2 \text{ (руб)}.$$

Расчет накладных расходов представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Смета накладных расходов

Наименование калькуляционной статьи	Стоимость, руб.
Расходы на технологическую энергию	11,8
Расходы на освещение помещения	202,2
Итого	214

Расчет затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) представлен в таблице 11.

Таблица 11– Смета затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР)

Наименование калькуляционной статьи	Стоимость, руб.
Основная заработная плата работников	30000
Дополнительная заработная плата работников	3000
Страховые взносы	9900
Накладные расходы	413,92
Итого (К <sub>п</sub> )	43313,92

Таблица 12 – Расчет затрат на текущий ремонт, содержание и амортизацию оборудования по базовому варианту

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, руб.
Трубный корпус	45000
Фланец	20000
Цепь	360
Транспортирующие шайбы	200
Полиуретановый скребок	320
Звездочка	90000
Вал привода	42600
Натяжение цепи	15000
Трубное колено	30000
Итого	243480

Таблица 13 - Расчет затрат на дополнительную оплату труда производственных рабочих

Виды работ	Тарифный фонд оплаты труда ТФОТ, руб.	Фонд оплаты труда ЧФОТ, руб.
Сварочные	32368	36252,2
Слесарные	5728	6415,36
Сборочные	22624	25338,9
Монтажные	10848	12149,8
Монтажные электротехнические	5544	6209,28
Итого		91706
Страховые взносы во внебюджетные фонды 30 %		27511,8
Итого с начислениями		119217,8

Расчет накладных расходов представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Смета накладных расходов

Наименование калькуляционной статьи	Стоимость, руб.
Расходы на технологическую энергию	11,8
Расходы на освещение помещения	202,2
Итого	214

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_T - E_H \cdot K, \quad (83)$$

где  $E_H$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений в проект,

$$E_H = 0,14$$

$$\mathcal{E}_r = 362911,8 - 0,14 \cdot 91789,32 = 350061,29 \text{ (руб.)}$$

Проведенные технико-экономические расчеты показали эффективность предлагаемого проекта, что отражено в результатах расчетов.

## 4 ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

### 4.1 Внедрение изобретений и рационализаторских предложений.

Развитие изобретательства и своевременное внедрение в производство изобретений и рационализаторских предложений имеет большое народнохозяйственное значение. Поэтому предприятия должны разрабатывать текущие и перспективные планы по изобретательству и рационализации всемерно расширять ряды изобретателей и рационализаторов проводить смотры работ и тематические конкурсы по изобретательству и рационализации публиковать сведения о внедренных предложениях, с указанием их эффективности оказывать изобретателям и рационализаторам помощь в повышении квалификации, в разработке и оформлении их предложений.

### 4.2 Проблемы активации рационализаторской деятельности

Творческие возможности работников могут быть реализованы, в частности, через эффективную организацию рационализаторской деятельности. Сравнительный анализ этого аспекта подтверждает, что на отечественных предприятиях наблюдается значительное отставание от развитых стран. В числе показателей рационализаторской деятельности кроме абсолютных принято анализировать долю рационализаторов в общем числе работников; экономический эффект, приходящийся на одно рационализаторское предложение, долю рационализаторов в возрасте до 30 лет в общем числе рационализаторов.

К сожалению, сравнение этих показателей большинства отечественных предприятий с показателями зарубежных компаний, что называется, «не в нашу пользу». Данные свидетельствуют, что на российских предприятиях в области развития рационализаторской деятельности кроется огромный резерв повышения производительности труда.

Очередной спад интереса к данной сфере деятельности привел к

позволяет руководству требовать от работников постоянного внесения новых предложений по улучшению деятельности.

На отечественных предприятиях, по нашему мнению, давно назрела необходимость организации специального обучения действующих и потенциальных рационализаторов, а также менеджеров, ответственных за эффективность рационализаторской деятельности.

Другой причиной низкого уровня рационализаторской деятельности в ряде случаев можно назвать пренебрежение со стороны руководства предприятия в отношении выплат вознаграждений за внедренные рационализаторских предложений. По данным статистических исследований, на некоторых предприятиях величина невыплат составляет от 2 до 20% суммы экономического эффекта, полученного при реализации рационализаторских предложений. Это, конечно же, блокирует главный стимулирующий фактор развития рационализации.

Система вознаграждения авторов рационализаторских предложений может устанавливаться самим предприятием или на уровне отрасли. В настоящее время такие системы делятся на две основные группы: на основе шкалы и на основе единой доли от экономического эффекта размера вознаграждения рационализаторов.

Расчет по шкале, по мнению авторов, имеет смысл лишь в том случае, если она носит прогрессивный характер, как это имеет место, например в Костромской области. В соответствии с их шкалой, величина коэффициента размера авторского вознаграждения возрастает по мере увеличения экономического эффекта от 0,01 до 15% от средней заработной платы в организации.

Понятие «рационализаторское предложение», определяющее область его распространения, в нашей стране практически не изменилось с советских времен. Под рационализаторским предложением понимают «техническое решение, являющееся новым и полезным для предприятия, которому оно подано, и предусматривающее изменение конструкции

изделий, технологии производства и применяемой техники или изменение состава материала»

Как видим, организационные и управленческие предложения не подходят под статус рационализаторских, а значит, и под вознаграждение.

Задача руководителей заключается в том, чтобы создать условия для наиболее полного раскрытия творческого потенциала работников. То, что каждый из нас имеет такой потенциал, не вызывает сомнений. Об этом можно судить по многочисленным примерам, когда студенты в период производственных практик вносят предложения по улучшению деятельности предприятия или его подразделений.

Таким образом, одним из насущных требований совершенствования организации рационализаторской деятельности, как полагают авторы, является включение организационных и управленческих усовершенствований в разряд рациональных предложений, тем более, что это заложено и в рекомендациях государственного уровня.

Международная практика доказывает целесообразность использования простой и понятной схемы, построенной на основе единой доли размера вознаграждений от величины экономического эффекта.

Препятствием для развития рационализаторской деятельности на отечественных предприятиях остается также чрезмерная бюрократизация продвижения рационализаторских предложений.

Таким образом, мировой опыт организации рационализаторской деятельности подтверждает, что резервы ее активизации в нашей стране огромны. На отечественных предприятиях это может быть обеспечено, как минимум, при соблюдении следующих условий:

- возобновление и развитие научного подхода к управлению рационализаторской деятельности;

- назначение на предприятиях соответствующих лиц или отделов (что зависит от размера предприятия), основной задачей которых является создание, поддержание и развитие эффективной системы

рационализаторской деятельности;

- разработка простой и эффективной схемы поощрений за рационализаторские предложения;

- организация обучения работников предприятия методам решения проблем;

- максимальное устранение бюрократических препятствий при рассмотрении и реализации рационализаторских предложений, освобождение самих рационализаторов от процесса продвижения их предложений.

#### 4.3 Формирование системы подачи предложений

Систематическая работа по созданию действующей эффективной системы подачи предложений начинается с анализа существующих достижений и пересмотра целей системы. Происходит уточнение существующего и целевого состояний в следующих показателях:

- Каковы цели предприятия?
- Какие цели кажутся недостижимыми?
- Каковы проблемы на пути достижения целей?
- Какие идеи вас интересуют?
- Что вы ожидаете от сотрудников? От их работы?
- Какие перемены вы хотели бы реализовать?
- Каковы «узкие места»?
- Что вы хотите улучшить?
- Какие изменения к худшему произошли за последний период?
- Что мешает вам спокойно работать?

Для того чтобы процедура подачи предложения была доступна каждому, следует подготовить и ввести «Стандарт подачи предложения на улучшение» и ознакомить с ним сотрудников. В традициях написания хороших стандартов (а этот стандарт является «учредителем» лучших традиций) он должен быть максимально кратким и легким для восприятия, в



нем должна использоваться визуализация (схемы, рисунки и фото) вместо словесного описания. В самом стандарте следует определить:

- что является предложением на улучшение: направления и критерии;
- что не является предложением на улучшение;
- как заполнить бланк предложения на улучшение;
- схема подачи и реализации предложения;
- формы поощрения;
- к кому обратиться за дополнительной информацией.

Создаваемая система, как правило, направлена на побуждение у сотрудников интереса к улучшению, усовершенствованию производства. Объектами для улучшения могут быть персональные рабочие места и процессы, качество продукции, экономия энергии, воды, тепла, сырья и иных ресурсов, улучшение условий труда, совершенствование работы оборудования, улучшение сервиса и работы с клиентами и пр.

Основные критерии, которые предъявляются к поданным предложениям, таковы:

- предложение должно быть реальным, актуальным и не требовать значительных затрат ресурсов или инвестиций с длительным сроком окупаемости;
- предполагает возможность личного участия автора в реализации предложения;
- поощряются предложения, направленные на улучшение той сферы деятельности, в которой непосредственно работает ее автор;
- предложение может быть индивидуальным или коллективным.

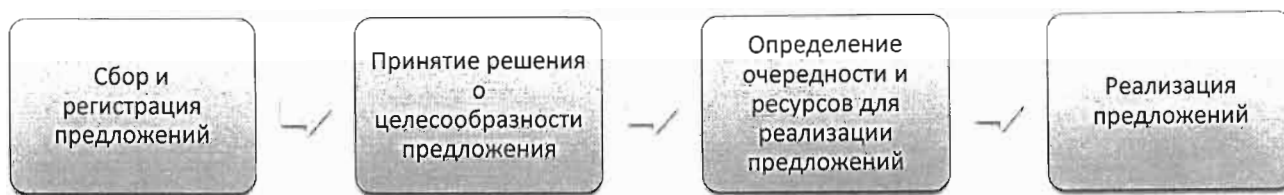


Рисунок 6 – Механизм подачи и реализации предложений

С учетом того, что не вовлеченному работнику (а именно с такими нам приходится иметь дело в начале пути) свойственно трактовать правила на свой лад, каждого сотрудника стоит ознакомить со списком того, что не является предложением по улучшению;

- выполнение должностных обязанностей;
- предложения, касающиеся конкретных способов выполнения распоряжений руководителя;
- предложения, ведущие к уменьшению удовлетворенности клиента;
- улучшение на одном рабочем месте, приводящее к ухудшению на других рабочих местах;
- жалобы и претензии;
- предложения по вопросам, которые уже были рассмотрены в компании.

Разработка бланка «Предложения на улучшения» — очень важный и ответственный момент (форма). Хороший бланк — произведение искусства, которое открывает следующие возможности для управления производственной системой:

- адекватно передает содержание идеи по улучшению;
- «форматирует сознание инициатора» — форма стимулирует искать и уточнять проблему, предлагать решение и оценивать эффект;

- визуализирует идею, делает ее доступной для всех;
- позволяет четко классифицировать тип улучшения;
- делает прозрачным процесс обсуждения, одобрения и реализации предложения;
- стимулирует ознакомление с идеей всех участников производственного процесса;
- делает возможным статистический учет улучшений;
- оптимизирует затраты времени на реализацию предложения.

Для дальнейшей работы системы нужно познакомить каждого сотрудника с порядком подачи и реализации предложения.

Первый способ — афиша системы подачи предложений, где в схематичной доступной любому сотруднику форме показан весь процесс от идеи до ее воплощения с определенными акцентами. Такая афиша располагается в наиболее посещаемых местах и в рабочей зоне рядом со стендом производственных результатов.

Второй, более комплексный, способ — «говорящий стенд системы подачи предложений. В этом случае предыдущая афиша может стать частью стенда. Подобный стенд прекрасно визуализирует весь процесс работы с предложением: написание, ознакомление и рецензирование других смен, решение (в том числе на доработку), реализация. Демонстрация фотографий лучших реализованных предложений в формате «было—стало» позволяет четко определить направления дальнейшего развития системы.

Третий способ развития системы подачи предложений, включающий следующий уровень — элементы групповой динамики, предполагает создание «киосков идей» в подразделениях. Киоск идей — это место для визуализации, обсуждения и работы над предложениями, в котором собираются участники созданных или периодически организуемых по поводу некоторых идей рабочих групп для решения проблем и рассмотрения предложений. Здесь же проходит контекстное обучение действием, а также

общее обучение сотрудников методам анализа и решения проблем.

На третьей стадии наибольший акцент следует делать на деятельности менеджмента в реализации системы подачи предложений. В первую очередь важна мгновенная обратная связь менеджера по поводу предложения работника, цель которой прокомментировать, «разложить по полочкам» все плюсы и недочеты предложения с тем, чтобы поддержать или инициировать дальнейшую активность сотрудника.

## 5 ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

### 5.1 Охрана труда при работе на трубно-цепном конвейере

К работе машинистами цепного конвейера допускаются лица старше 18 лет, прошедшие обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры, обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, вводный инструктаж по охране труда, первичный инструктаж на рабочем месте, специальное обучение по профессии, стажировку на рабочем месте и проверку знаний требований охраны труда.

Машинист цепного конвейера должен знать:

- устройство, принцип действия, режимы работы, правила управления цепным конвейером и порядок его обслуживания;
- действие на человека опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть во время работы, и меры защиты от их воздействия;
- требования охраны труда, электробезопасности, производственной санитарии, пожарной и промышленной безопасности при эксплуатации конвейера;
- сигналы оповещения о пожаре, места расположения противопожарного оборудования и первичных средств пожаротушения;
- место хранения аптечки для оказания первой доврачебной помощи.

Машинист цепного конвейера должен:

- применять в процессе работы оборудование и механизмы по назначению и в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей;
- соблюдать Правила внутреннего трудового распорядка и установленный режим труда и отдыха;

– содержать в исправном состоянии и чистоте конвейер, оборудование, инструмент, приспособления, инвентарь и средства индивидуальной защиты;

– выполнять работу, которая входит в его обязанности или поручена непосредственным руководителем;

– применять безопасные приемы выполнения работ; уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения;

– выполнять требования запрещающих, предупреждающих, указательных и предписывающих знаков безопасности и надписей, а также сигналов, подаваемых водителями транспортных средств и машинистами других грузоподъемных машин и механизмов;

– обходить на безопасном расстоянии места, где ведутся работы на высоте;

– уметь оказывать первую доврачебную помощь пострадавшим.

Машинисту цепного конвейера запрещается:

– работать вблизи вращающихся частей оборудования, не огражденных защищенными сетками или кожухами;

– снимать защитные сетки и кожухи до полной остановки вращающихся частей оборудования;

– находиться под поднятым грузом и на пути его перемещения; наступать на электрические провода и кабели;

– производить самостоятельно регулировку и ремонт вышедшего из строя оборудования;

– прикасаться к арматуре общего освещения, к оборванным электропроводам, зажимам (клеммам) и другим легкодоступным токоведущим частям оборудования;

– заходить за ограждения опасных мест; приступать к выполнению новой, не связанной с его прямыми

обязанностями работы без получения от непосредственного руководителя инструктажа о безопасных приемах ее выполнения;

- допускать на территорию производственной площадки, в производственные и бытовые помещения посторонних лиц, а также работников в нетрезвом состоянии;
- находиться на работе в состоянии алкогольного, наркотического или иного токсического опьянения.

Режим труда и отдыха при работе на цепном конвейере должны соблюдаться в соответствии с Правилами внутреннего трудового распорядка.

Машинист цепного конвейера должен быть обеспечен необходимыми средствами индивидуальной защиты в соответствии с типовыми нормами.

Специальную и личную одежду, обувь необходимо хранить в отдельных шкафчиках. Выносить спецодежду, спец обувь и другие средства индивидуальной защиты за пределы производства запрещается.

Машинист цепного конвейера обязан следить за исправностью полученной спецодежды, спец обуви и других средств индивидуальной защиты, а также содержать шкафчики в чистоте и порядке.

## 5.2 Опасные и вредные производственные факторы

Во время работы на цепном конвейере могут воздействовать следующие основные опасные и вредные производственные факторы:

- движущиеся элементы транспортных средств, оборудования и перемещаемые ими грузы, материалы, особенно при размещении этих средств и оборудования в тоннелях, галереях и в других стесненных условиях;
- вращающиеся элементы приводных, натяжных, загрузочных, разгрузочных узлов и др.;
- поражение электрическим током;

- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны и производственных помещений;
- недостаточная освещенность.

Особую опасность при использовании оборудования непрерывного действия представляет контакт с подвижными элементами (зубчатыми колесами, шкивами, грузом и др.) и зоны на бегания ленты (у шкивов, роликов), захват за спецодежду, не застегнутую или не заправленную надлежащим образом, а также рукавицы и т.п.

### 5.3. Требования пожарной безопасности

При работе на цепном конвейере необходимо выполнять следующие требования пожарной безопасности:

- курить только в установленных для этого местах; не подходить с открытым огнем к легковоспламеняющимся материалам, емкостям с легковоспламеняющимися жидкостями и свежеекрашенному оборудованию;
- хранить смазочные материалы в масленках, обтирочные материалы - в металлических ящиках или ведрах с крышками в специально отведенных местах. Чистый и использованный (промасленный, загрязненный) обтирочный материал должны храниться отдельно;
- не загромождать рабочее место, проходы и доступы к противопожарному оборудованию и первичным средствам пожаротушения; не пользоваться электроплитками, электрочайниками и другими электронагревательными приборами, не имеющими устройств тепловой защиты, без подставок из негорючих теплоизоляционных материалов, исключающих опасность возникновения пожара, и нестандартными (самодельными) электронагревательными приборами;
- во избежание электро-травм и поражений электрическим током машинист цепного конвейера не должен прикасаться к открытой электропроводке и кабелям;



- рабочее место должно быть обеспечено изолирующим ковриком и диэлектрическими перчатками;
- не допускать на рабочее место посторонних лиц.

Машинист цепного конвейера должен знать устройство, принцип действия и правила эксплуатации обслуживаемых им конвейеров, схемы автоматической блокировки оборудования, порядок остановки и пуска конвейеров, значение звуковой и световой сигнализации, применяемой в данном производстве.

На рабочем месте машиниста цепного конвейера должен храниться необходимый запас материалов, запасных частей и инструмента для мелкого ремонта, смазочных и обтирочных материалов, помещенных в закрытые металлические ящики, а также инвентарь для уборки рабочего места.

#### 5.4 Техника безопасности

- Перед пуском цепного конвейера необходимо проверить:
  - состояние транспортера;
  - исправность звуковой и световой сигнализации;
  - исправность сигнализирующих датчиков, блокировок;
  - наличие и работоспособность противопожарной защиты конвейера;
  - надежность работы устройств аварийного останова конвейера;
  - правильность натяжения цепей;
  - наличие и исправность роликов;
  - наличие защитного заземления электрооборудования, брони кабелей, рамы конвейера;
- наличие и надежность ограждений приводных, натяжных и концевых барабанов.

Перед пуском цепного конвейера необходимо убедиться в том, что на трассе не производятся какие-либо работы. Не допускается пускать в работу цепной конвейер, если проходы захламлены и загромождены.

Машинист цепного конвейера должен принять меры по устранению обнаруженных недостатков, а при невозможности сделать это - сообщить непосредственному руководителю и не включать конвейер до устранения всех неисправностей.

Во время работы конвейера машинисту запрещается:

- переставлять или заменять поддерживающие и направляющие ролики;
- направлять движение цепей, а также поправлять бортовое уплотнение вручную;
- уходить без разрешения непосредственного руководителя со своего рабочего места.

#### 5.5 Требования охраны труда в аварийных ситуациях

При работе конвейера могут возникнуть следующие основные аварийные ситуации: сход цепей с барабанов, обрыв цепей, завал конвейера, забивка разгрузочных воронок и желобов, возгорание электрооборудования, замыкание электропроводки.

При возникновении аварийной ситуации машинист цепного конвейера должен остановить конвейер, повесить табличку «Не включать!» и сообщить о случившемся непосредственному руководителю.

При завале и пробуксовке цепей конвейера необходимо в месте завала очистить ленту, барабаны, ролики от материала.

Участие в работах по восстановлению цепей, ликвидации завалов конвейера осуществляется по указанию непосредственного руководителя, при этом должны быть приняты меры, исключающие ошибочное или самопроизвольное включение привода конвейера.

При возникновении замыкания электропроводки, возгорания электрооборудования машинист цепного конвейера должен немедленно отключить источник электропитания, сообщить диспетчеру и приступить к ликвидации возгорания, используя порошковые огнетушители.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Целью данного проекта является проектирование привода цепного конвейера, который состоит как из простых стандартных деталей, так и из деталей, форма и размеры которых определяются на основе конструкторских, технологических, экономических и других нормативов.

В ходе решения поставленной передо мной задачи, была освоена методика выбора элементов привода, получены навыки проектирования, позволяющие обеспечить необходимый технический уровень, надежность и долгий срок службы механизма.

Можно отметить, что модернизированный разгрузочный узел привода обладает хорошими свойствами по всем показателям.

Проведенные технико-экономические расчеты показали эффективность предлагаемого проекта, что отражено в результатах расчетов.

Проведя анализ работоспособности трубно-цепного конвейера, считаю, что необходимо внести изменения в конструкцию, дополнив деталью. В работе горизонтальных конвейеров применить направляющий лоток, а для вертикальных и стоящих под углом 45 и более градусов конвейеров, направляющую воронку. Это внедрение позволит удалить зацепления транспортирующих шайб на входе в холостую магистраль, исключить слетание, а следовательно и износ цепи, значительно сократит количество проведения ремонтных работы.

Полученные результаты обеспечивают работоспособность и надежность конструкции привода.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

«Приложение к Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» ПБ 10-382-00 (утв. постановлением

Госгортехнадзора РФ от 31 декабря 1999 г. N 98).

Типовое положение о применении нарядов-допусков на выполнение работ повышенной опасности УДК 658.382.3(083.133) : 67

Кангин, В.В. Промышленные контроллеры в системах автоматизации технологических процессов: учебное пособие / В.В. Кангин. - Ст. Оскол:

Изд-во ТНТ, 2013. - 408 с.

Клоков, В.Г. Детали машин: учебное пособие. – 2-е изд., стереотипное. – М.: МГИУ, 2006. – 74 с.

Клоков, В.Г. Расчет зубчатых передач: учебное пособие. – 2-е изд., стереотипное. – М.: МГИУ, 2005. – Ч. 1. – 52 с.

Клоков, В.Г. Расчет и проектирование деталей передач: учебное пособие. – 2-е изд., стереотипное. – М.: МГИУ, 2005. – Ч. 2. – 55 с.

Решетов, Д.Н. Детали машин: учебник. – 4-е изд. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.

Брон, Л.С. Гидравлический привод агрегатных станков и автоматических линий / Л.С. Брон, Ж.Э. Тартаковский. - М.: Машиностроение, 1974. – 356 с.

Иванов, М.Н. Детали машин: учебник / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – 9-е изд. – М.: Высшая школа, 2005. – 408 с.

Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учебное пособие для студентов технических специальностей вузов / П.Ф. Дунаев, О.П.

Леликов. – 8-е изд. – М.: Академия, 2004. – 496 с.

Клоков, В.Г. Детали машин: учебное пособие для выполнения курсового проекта / В.Г. Клоков, И.А. Курбатова. – М.: МГИУ, 2005.– 112 с.

Гулиа, Н.В. Детали машин: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / Н.В. Гулиа, В.Г. Клоков, С.А. Юрков; под общ. ред. Н.В. Гулиа. – М.: ИЦ «Академия», 2004. – 416 с.

- Логинов, Ю. Н. Механика валкового брикетирования сыпучих материалов / Ю.Н. Логинов, С.П. Буркин, Н.А. Бабайлов, Л.И. Полянский. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2010. – 304 с.
- Иванов, М.И. Детали машин: учебник для студентов вузов / под ред. В.А. Филогенова. - 8-е изд. перераб. и доп. - М: Высшая школа, 1998. – 383 с.
- Детали машин. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие / сост В.Г. Клоков. - 2-е изд. – М.: МГИУ, 2009. – 188 с.
- Детали машин. Проектирование механизмов и машин: методические указания по выполнению расчетно-графической работы №2 для студентов / сост. В.Б. Глаголев. - Могилев: Изд-во МГТУ, 2001. – 25 с.
- Михайлова, М.Р. Проблемы производительности труда и вовлечения персонала / М.Р. Михайлова, М.М. Польшинская, Н.А. Олинович // Методы менеджмента качества. – 2008. –№ 1. – С. 4–8.
- Михайлова, М.Р. Устранение потерь — основа бережливого производства / М.Р. Михайлова // Материалы междунар. заочн. науч.-практ.конф. – Новосибирск: Изд-во ЭНСКЕ, 2010. – С. 11–16.
- Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. / В.И. Анурьев; под ред. И.Н. Жестковой.– 9-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. - Т. 2. – 960 с.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.	A1		151000.62.2016.750.00СБ	Документация			
				Сборочный чертёж			
				Сборочные единицы			
				1	Колесо смазочное	1	
				2	Пробка сливная	1	
				3	Маслоуказатель	1	
				4	Отдушина	1	
					Детали		
				6	Основание корпуса	1	
				7	Средняя часть корпуса	1	
				8	Крышка корпуса	1	
				9	Крышка промежуточной опоры	1	
				10	Вал	1	
				11	Вал-шестерня	1	
				12	Вал	1	
	13	Шестерня	1				
	14	Колесо	1				
	15	Колесо	1				
				151000.62.2016.750.00			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Шадский И.Е.			Лит.	Лист	
Проб.		Храмцов Е.А.				Листов	
Н.контр.		Немчинова А.В.				1	
Утв.		Шеркцнов В.Г.				3	
				Редуктор			
				ЮУрГУ кафедра "МиТОМД"			

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		16		Корпус маслоуказателя	1	
		17		Крышка подшипника	1	
		18		Крышка подшипника	2	
		19		Крышка подшипника	1	
		20		Крышка люка	1	
		21		Кольцо	1	
		22		Кольцо	1	
		23		Кольцо	1	
		24		Кольцо	1	
		25		Прокладка	1	набор
		26		Прокладка	2	набор
		27		Прокладка	1	набор
				<i>Стандартные изделия</i>		
		29		Болт М6 х 16 ГОСТ 7796-70	4	
		30		Болт М6 х 25 ГОСТ 15589-70	6	
		31		Болт М8 х 28 ГОСТ 15589-70	12	
		32		Болт М10 х 30 ГОСТ 15589-70	16	
		33		Болт М10 х 32 ГОСТ 15589-70	6	
		34		Болт М12 х 70 ГОСТ 15589-70	8	
		35		Гайка М10 ГОСТ 15526-70	16	
		36		Гайка М14 ГОСТ 5929-70	2	
		37		Манжета 40 х 60 ГОСТ 8752-79	1	
		38		Манжета 60 х 85 ГОСТ 8752-79	1	
		39		Подшипник 208 ГОСТ 8338-75	2	
		40		Подшипник 212 ГОСТ 8338-75	2	
		41		Подшипник 307 ГОСТ 8338-75	2	
		42		Шайба 6 3X13 ГОСТ 6402-70	7	
		43		Шайба 8 3X13 ГОСТ 6402-70	12	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

151000.62.2016.750.00

Лист

2





Внедрено: Арх. № \_\_\_\_\_ - 200 \_\_\_\_\_

Цех \_\_\_\_\_

Отклонено: Арх. № \_\_\_\_\_ - 200 \_\_\_\_\_

Зарегистрировано за № ..... «.....» ..... 200_г.
--

Фамилия, имя, отчество авторов (сокращения не допускаются)	Год рождения	Место работы (цех, отдел)	Должность	Таб. №	Вознаграждение распределить	
					в %	подпись автора
Шадский Иван Евгеньевич	1981	ЦМИ-1	Прессовщик	14754		

## ЗАЯВЛЕНИЕ

на рационализаторское (заимствованное) предложение. Прошу (просим) рассмотреть под названием:

Улучшение работоспособности конвейера

**1. Краткое описание существующей конструкции, способа или состава вещества и их недостатки (подробно), описание в работе: в статике и динамике.**

В существующих трубно-цепных конвейерах, используемых на предприятии, есть плюсы – это способность перемещать сыпучие материалы на какие-либо дистанции под разным углом наклона без запыления помещения, минус - быстрый износ транспортирующих шайб дисков, в результате неравномерного натяжения и ослабления цепи конвейера.

На конвейерах с двумя и более загрузочных течек при подаче материала в конвейер случаются небольшие перегрузы. В результате перегрузов конвейера происходит резонанс цепи, когда конвейер разгружается от чрезмерной нагрузки. Привод на какой-то момент начинает работать на опережение, в результате чего получается небольшое провисание цепи от приводной звезды на входе в холостую магистраль, а транспортирующие шайбы зацепляются за кромки входа в холостую магистраль. При таких зацеплениях изнашиваются шайбы, а при сильном зацеплении возможны и слетания цепи со звездочек. Также эти рывки способствуют быстрому износу цепи и требуют частого вмешательства ремонтного персонала в работу и регулировку конвейера.

Проведя анализ работоспособности трубно-цепного конвейера, считаю что необходимо внести изменения в конструкцию, дополнив деталью. В работе

горизонтальных конвейеров применить направляющий лоток, а для вертикальных и стоящих под углом 45 и более градусов конвейеров, направляющую воронку. Это внедрение позволит удалить зацепления шайб на входе в холостую магистраль, исключить слетание а следовательно и износ цепи, значительно сократит количество проведения ремонтных работы.

**2. Предлагаю(ем) изменить конструкцию, способ или состав вещества применяемых в производстве путем (конкретное техническое решение), описание в работе : в статике и динамике.**

Предлагаю внести изменения в конструкцию, дополнив деталью. Для предотвращения зацеплений, установить направляющую воронку на входе из приводного короба в холостую магистраль, что поспособствует удалению рывков и плавной работе конвейера.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**3. Дополнительные сведения о предложении**

\_\_\_\_\_

указать источник заимствований: техлитература, сборник, \_\_\_\_\_

год издания, стр., командировка на др.предприятие, какие внесены изменения, цель изменений.

**4. Прилагаются:**

а). Графические материалы (эскизы, чертежи, схемы) на \_\_\_\_\_ листах ,

б). Техничко-экономические расчеты на \_\_\_\_\_ листах

\_\_\_\_\_

подпись автора (ов)

**5. Заключение цеха, в котором используется данное предложение, о полезности, целесообразности или нецелесообразности внедрения предложения (писать подробно, с техническим обоснованием)**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 6. ФОРМУЛА ТВОРЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКИ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

технической службы, отдела комбината (отдела гл. механика, гл. энергетика и т.д.)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

«    »     200     г. \_\_\_\_\_  
 должность, подпись, Ф.И.О.

## 8. Учет выполнения работ по содействию

№ пп	Содержание работ по содействию использования предложения	Ф.И.О., должность, место работы, таб. №
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		

## 9. А К Т

Предложение признать \_\_\_\_\_  
заполняется только работниками БПИР

Предложение используется в промышленной эксплуатации с « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.,

внедрено в цехе \_\_\_\_\_ на участке \_\_\_\_\_ на агрегатах \_\_\_\_\_ в количестве \_\_\_\_\_ штук

Начальник цеха, в котором  
разрабатывалось предложение

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

подпись

Ф.И.О.

Начальник цеха, в котором  
используется предложение

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

подпись

Ф.И.О.

Члены комиссии:

1. Ответственный исполнитель по  
рационализации цеха, отдела

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

подпись

Ф.И.О.

2. Инженер БПИР

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

подпись

Ф.И.О.