

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н.Ельцина»  
Институт новых материалов и технологий  
Департамент строительного материаловедения  
Кафедра оборудования и автоматизации силикатных производств

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ЦЕХА  
ДОБАВОК ДЛЯ ООО «АСК ЦЕМЕНТ»**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Пояснительная записка

08.03.01 482000 015 ПЗ

Руководитель, к.т.н., доцент

В.Б. Пономарев

Нормоконтролер

В.Б. Пономарев

Студентка гр. НМТ – 460802

Л.К. Шаманаева

Екатеринбург 2020

## РЕФЕРАТ

В состав дипломного проекта входят:

- пояснительная записка 92 с., 19 рис., 25 табл., 49 источников, 2 прил.;
- графические (демонстрационные) материалы 5 листов, 2 спецификаций на 3 стр.

ЛЕНТОЧНЫЙ КОНВЕЙЕР, ТРАНСПОРТЕР, ЦЕХ ДОБАВОК, РОЛИКО-ОПОРЫ, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ, ДОБАВКИ, КЛИНКЕР, ПРИВОД, НАТЯЖЕНИЕ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ.

Цель работы – изучение процесса транспортировки сыпучих материалов с помощью ленточного конвейера в цехе добавок.

Выполнен аналитический обзор научно-технической литературы и нормативных документов по теме ленточных конвейеров, используемых в промышленности, подобрано оборудование цеха, его параметры и характеристики, обеспечивающие необходимую мощность предприятия, разработана технологическая схема предприятия, а также подробно рассмотрен цех добавок.

Произведен расчет ленточного конвейера на технологические и механические параметры. На основании расчета выполнена графическая часть проекта в соответствии с инженерно-техническими стандартами.

Разработана система автоматизации и наладки работы ленточного конвейера, рассчитан ремонтный цикл. Предусмотрена система безопасности и защиты рабочих от чрезвычайных происшествий, предложен комплекс мероприятий для охраны окружающей среды.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИСТОВ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	5
ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ .....	6
ВВЕДЕНИЕ .....	8
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	10
2 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ.....	18
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА .....	19
3.1 Технологическая схема участка .....	19
3.2 Описание конструкции ленточного конвейера .....	22
3.3 Основные конструкторские решения.....	31
3.4. Расчет технологических параметров .....	31
4 АВТОМАТИКА.....	51
5 МОНТАЖ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ .....	54
5.1 Монтаж оборудования.....	54
5.2 Проверка и обкатка оборудования .....	56
5.3 Планирование ремонтных работ .....	58
5.4 Структура ремонтно-механического цеха.....	61
5.5 Ремонтный цикл .....	62
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	66
6.1 Безопасность проекта .....	66
6.2 Прогнозирование чрезвычайных ситуаций.....	73
7 ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	74
7.1 Экологичность проекта .....	74
7.2 Природопользование и ресурсо- и энергосбережение .....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	80

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	87
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	91

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛИСТОВ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наименование документа	Обозначение документа	Формат
Ленточный конвейер УКЛС – 800	08.03.01. 482112 015 СБ	A2
Ленточный конвейер УКЛС – 800 Лист 2	08.03.01. 482112 015 СБ	A2
Технологическая схема цеха добавок	08.03.01. 482000 015 СЗ	A1
План на отметках +15,150; +17,550; +17,950; +19,900 Стройзадание	08.03.01. 220.41.20.20.610 015 МЧ	A1
Разрез 1-1	08.03.01. 220.41.20.20.610 015 МЧ	A1

## ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- ГОСТ – межгосударственный стандарт;
- СНиП – строительные нормы и правила;
- ООО «АСК Цемент» – общество с ограниченной ответственностью «Атомстройкомплекс Цемент»;
- ТМ – транспортирующие машины;
- ЛК – ленточный конвейер;
- РФ – рукавный фильтр;
- L – длина конвейера, м;
- l – длина участка конвейера, м;
- $l_r$  – длина горизонтальной проекции участка конвейера, м;
- H – высота подъема груза конвейером, м;
- $H_0$  – высота подъема груза разгрузочной тележкой, м;
- B – ширина ленты, м;
- $D_{б.пр}$  – диаметр приводного барабана, м;
- d – диаметр ролика, м;
- $\alpha$  – угол охвата лентой приводного барабана, °;
- $\beta$  – угол наклона конвейера к горизонтальной плоскости, °;
- $\varphi_0$  – угол естественного откоса груза в покое, °;
- $\varphi$  – угол естественного откоса груза в движении, °;
- $S_{нб}$  – натяжение ветви ленты, набегающей на приводной барабан, Н;
- $S_{сб}$  – натяжение ветви ленты, сбегаящей с приводного барабана, Н;
- $S_i$  – натяжение в какой-либо точке ленты, Н;
- F – окружное тяговое усилие на приводном барабане, Н;
- $W_i$  – сопротивление движению ленты на каком-либо участке, Н;
- $Q_{п}$  – потребная производительность конвейера, т/ч;
- $Q_p$  – расчетная производительность конвейера, т/ч;
- V – скорость ленты, м/с;
- $\gamma$  – насыпная плотность груза, т/м<sup>3</sup>;

$M_T$  - тормозной момент на валу приводного барабана, Н;  
 $M_{кр}$  - крутящий момент на валу приводного барабана, Н;  
 $q_{гр}$  - линейная нагрузка от массы груза на ленте, Н;  
 $q_{л}$  - то же, от массы ленты, Н;  
 $q_{р.р}$ ,  $q_{р.х}$  – то же, от массы вращающихся частей роlikоопор, соответственно на верхней и нижней ветвях, Н;  
 $i$  – число прокладок в ленте;  
 $w$  – коэффициент сопротивления движению ленты по роlikоопорам;  
 $k$  – коэффициент запаса;  
 $k_T$  – коэффициент готовности конвейера;  
 $\mu$  – коэффициент трения ленты о поверхность барабана;  
 $\eta_{пр}$  – коэффициент полезного действия привода;  
 $l_{р.р}$  – расстояние между верхними роlikоопорами, м;  
 $l_{р.х}$  – то же, между нижними роlikоопорами, м;  
 $g$  – ускорение свободного падения, 9,81 м/с<sup>2</sup>.

## ВВЕДЕНИЕ

Высокая производительность работы современных предприятий по производству цемента во многом обеспечивается устройствами непрерывного транспорта. Наиболее часто используемым оборудованием для перемещения материалов в строительной отрасли является ленточный транспортер, способный переносить сыпучие и штучные грузы в горизонтальном и наклонном направлениях. В качестве тягового элемента у таких агрегатов служит лента. Именно выбор ленты влияет на основные технологические параметры, поэтому к ним выдвигаются особые требования.

**Актуальность работы.** При транспортировке дисперсных материалов в химической, строительной, горнодобывающей и других отраслях промышленности важнейшими показателями являются тип транспортера, материал ленты, ее ширина и скорость перемещения. От выбора этих параметров зависит производительность цеха, а значит, и производительность всего предприятия.

Зачастую применяемые на предприятиях транспортеры не имеют должной системы контроля работы, что существенно снижает производительность. Экономия на материалах ленты приводит к частым поломкам, ремонту и затратам; выбор расположения роlikоопор, маленькая ширина ленты и низкая скорость перемещения материала дают слабые показатели при технологическом расчете. Поэтому актуально предложить проект современного ленточного конвейера, обеспечивающего хорошую производительность и безопасность для достижения высокой эффективности работы цеха.

**Цель работы** – изучение процесса транспортировки сыпучих материалов с помощью ленточного конвейера в цехе добавок.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- выполнить аналитический обзор научно-технической литературы и нормативных документов по теме ленточных конвейеров, используемых в промышленности;

- подобрать оборудование, его параметры и характеристики, обеспечивающие необходимую мощность предприятия;
- разработать технологическую схему производственного участка с подробным рассмотрением цеха добавок;
- произвести расчет технологических и механических характеристик оборудования цеха с учетом выбранных параметров;
- разработать систему автоматизации конвейера, обеспечивающую безопасность рабочих;
- предложить комплекс мероприятий для охраны окружающей среды в цехе добавок и на предприятии;
- выполнить графическую часть проекта в соответствии с инженерно-техническими стандартами.

#### **Практическая значимость работы.**

Практическая значимость работы заключается в подборе и проектировании ленточного конвейера и разработке рекомендаций по безопасному использованию ленточных конвейеров, организации системы автоматизации, предотвращающей неисправности.

**Структура и объем выпускной работы.** Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 7 разделов, основных выводов, библиографического списка из 49 наименований. Работа изложена на 92 страницах машинописного текста, включая 19 рисунков и 25 таблиц.

## 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В сфере строительства вяжущие вещества занимают особое место, и из всего этого многообразия важнейшим является портландцемент – один из основных строительных материалов, без которого невозможно получить бетон, железобетонные конструкции, строительные растворы высоких марок для каменных кладок и штукатурок. С его помощью также изготавливают асбестоцементные, теплоизоляционные и другие материалы.

Портландцемент – это гидравлическое вяжущее вещество, которое получают с помощью обжига многокомпонентной сырьевой смеси и последующего совместного помола тонкодисперсной смеси из обожженного цементного клинкера, гипса и различных добавок.

В зависимости от вида подготовки сырья к обжигу разделяют мокрый, сухой и комбинированный способы производства портландцементного клинкера. При мокром способе измельчение сырьевых материалов, их перемешивание, усреднение и корректирование сырьевой смеси осуществляются при взаимодействии с водой. Именно такой способ производства используется на заводе ООО «АСК Цемент».

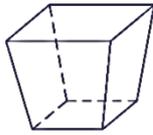
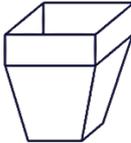
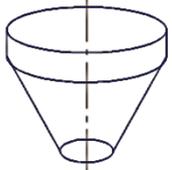
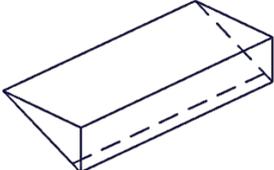
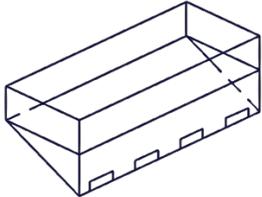
Алгоритм производства портландцемента состоит в основном из следующих основных процессов: добычи сырьевых материалов; приготовления сырьевой смеси, состоящей из дробления, помола и усреднения ее состава; обжига сырьевой смеси (получение клинкера); помола клинкера и добавок в тонкий порошок.

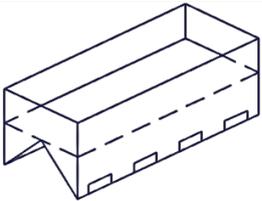
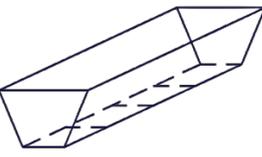
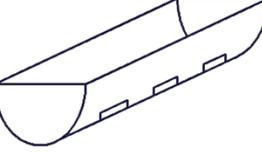
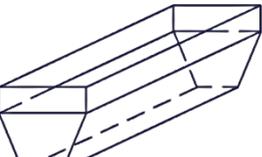
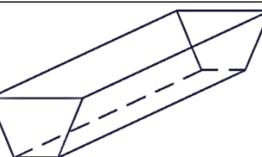
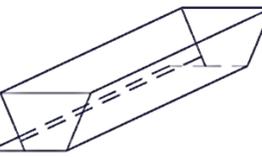
После обжига шлама во вращающейся печи и последующего его охлаждения цементный полуфабрикат – клинкер измельчают совместно с различными добавками. Такая смесь клинкера и добавок называется шихта.

Авторы работы [1] констатируют, что «в состав цементной шихты помимо клинкера входят гипс (гипсовый камень) в количестве 4 – 6 %, активные минеральные и другие добавки (инертные, минеральные, пластифицирующие, гидрофобные, воздухововлекающие, интенсификаторы помола)».

Подача в мельницу клинкера, гипса и добавок осуществляется способом весового дозирования из отдельных бункеров. Бункера применяют для приема, хранения и подачи на транспортные средства насыпных грузов. Они представляют собой сосуды, снабженные сверху загрузочными, а внизу разгрузочными отверстиями. Разгрузочные отверстия перекрываются затворами. В табл. 1.1 дана классификация бункеров. [2]

Таблица 1.1 – Классификация бункеров

Бункера		Геометрическая форма		Схема
тип	группа	корпус	днище	
Прямоугольные	Пирамидальные, обелисковые	Пирамида Обелиск		
	Комбинированные призмопирамидальные, призмобелисковые	Призма	Пирамида, обелиск	
Круглые	Конические	Конус		
	Цилиндроконические	Цилиндр	Конус	
Корытообразные	Односкатные треугольные	Треугольная призма		
	Односкатные трапециевидальные	Четырехугольная призма	Треугольная призма	

	Двускатные	Четырех- угольная призма	Две тре- угольные призмы	
	Трапецидальные	Трапецидальное ко- рыто с выпускными от- верстиями		
	Параболические	Параболическое корыто		
	Комбинирован- ные трапеце- идальные	Призма	Трапеце- идальное корыто	
	Трапецидальные	Трапецидальное ко- рыто с нижней щелью		
	У-образные	Трапецидальное ко- рыто с плоским дном и боковой щелью		

Наиболее часто используемыми в производстве типами бункеров являются цилиндроконические и призмопирамидальные. Цилиндроконические зачастую применяют для хранения жидкостей, а призмопирамидальные – для сыпучих материалов. Именно пирамидально-призматические бункера используются на заводе ООО «АСК Цемент» для хранения добавок и клинкера. Полноту заполнения бункера измеряет датчик уровня.

Из бункеров материалы с помощью затворов подаются на дозаторы. Дозаторы бывают объемные и весовые, периодического и непрерывного действия, с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением. В современных условиях применяют в большинстве случаев весовые дозаторы

непрерывного действия с автоматическим управлением. К такому типу относится ленточный дозатор, используемый на предприятии.

В работе [3] упоминается, «Весовой ленточный дозатор (рис. 1) применяется для автоматического непрерывного дозирования».

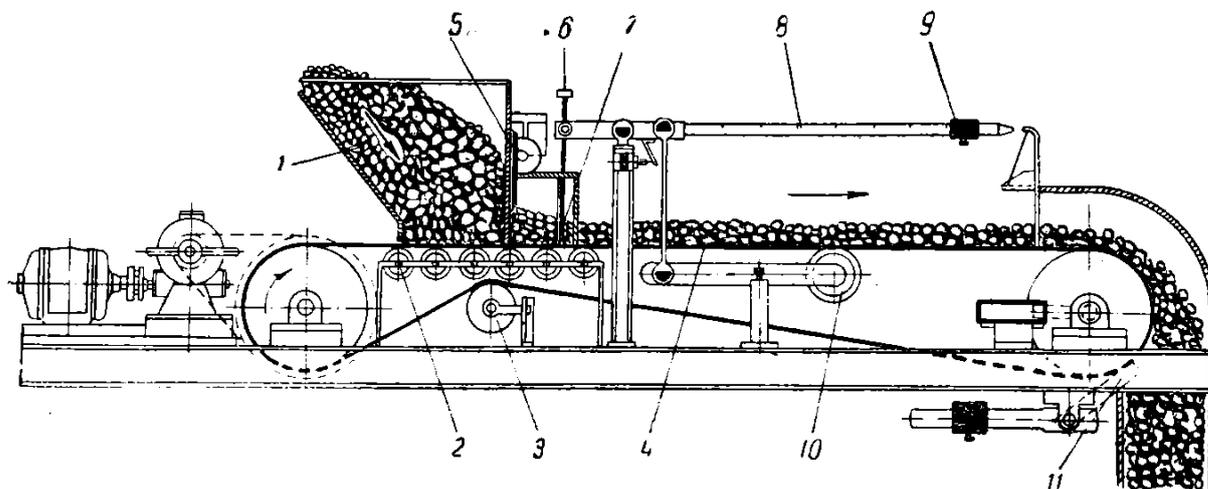


Рис. 1.1 – Весовой ленточный дозатор

1 – воронка; 2 – опорный ролик; 3 – натяжной ролик; 4 – лента транспортера; 5, 6 – заслонки; 7 – отверстие; 8 – коромысло весов; 9 – груз; 10 – регулирующий ролик; 11 – щетка.

Дозируемый материал из бункера через воронку 1, не имеющую днища, поступает через отверстие в боковой стенке воронки на ленту 4 транспортера, натяжение которой регулируется роликом 3. Этот участок ленты воспринимает всю нагрузку от материала, находящегося в бункере, поэтому под лентой установлены опорные ролики 2, воспринимающие это давление. Количество материала, поступающего на ленту, регулируется заслонкой 5. Перемещаясь на ленте, материал проходит через второе отверстие 7, величина которого регулируется автоматической заслонкой 6, шарнирно соединенной с коромыслом 8 весов. Дозируемый материал уравнивается на ленте грузом 9, перемещающимся по коромыслу 8. Перед пуском дозатора производят его регулировку для того, чтобы установить коромысло 8 в положение равновесия. Приподнимая заслонку 5, увеличивают подачу материала (если коромысло, отклоняясь от положения равновесия, опускается вниз), опуская заслонку 5, уменьшают подачу материала (если коромысло поднимается вверх). При

равновесном положении коромысла материал дозируется равномерно, в заданном количестве. После того как порция материала сбрасывается с транспортера, лента 4 очищается щеткой 11. Скорость ленты колеблется от 0,02 до 0,6 м/сек.

Если вес материала на ленте чрезмерно увеличивается, ролик 10 опускается, что приводит к подъему правого плеча коромысла 8. Одновременно опускается левое плечо коромысла и связанная с ним автоматическая заслонка 6, что вызывает уменьшение подачи материала до тех пор, пока порция его не достигнет заданного веса. При недостаточном весе дозируемого материала на ленте заслонка 6 поднимается и восстанавливается нормальная подача материала. В случае внезапного значительного уменьшения веса материала на ленте дозатор автоматически выключается.

Дозирующая лента подает материалы на транспортирующую машину (ТМ), ведущую в клинкерную мельницу.

Авторы работы [4] предложили следующее определение, «Транспортирующие машины (ТМ) – это машины непрерывного действия, предназначенные для межцехового, внутрицехового и внутриагрегатного перемещения штучных, насыпных и жидких грузов».

Портаков А.Б. в учебном пособии [4] предложил следующую классификацию транспортирующих машин:

«1) По характеру перемещения груза:

- машины периодического действия (краны, погрузчики), машины, которые перемещают грузы порциями с соответствии с их грузоподъемностью. Загружаются и разгружаются во время остановок;
- машины непрерывного действия (транспортёры, конвейеры), машины, которые перемещают грузы непрерывным потоком по одной строго определённой трассе. Загрузка и разгрузка таких машин происходит во время движения;
- машины наземного и подвешного транспорта, совмещающие подъем и перемещение груза.

2) По назначению:

- общего назначения (ленточные, скребковые и пр. транспортеры);
- специальные (зернопогрузчики, кормораздатчики и пр.).

3) По исполнению:

- стационарные;
- навесные;
- передвижные;
- самоходные.

4) По наличию тягового органа:

- с тяговым рабочим органом;
- без тягового рабочего органа.

5) По роду перемещаемого груза:

- сыпучие;
- штучные;
- жидкие и т.д.

6) По направлению движения:

- горизонтальные;
- вертикальные;
- со сложной пространственной трассой.

7) По приводу:

- с механическим приводом;
- самотечные;
- с гидравлическим и пр.»

Машины непрерывного транспорта подразделяются:

- по виду тягового элемента на: ленточные и цепные;
- по виду рабочего органа на: скребковые, ковшовые, люлечные и полочные;
- в зависимости от скорости и направления транспортирования: конвейеры, элеваторы и нории.

Наибольшее распространение получили машины непрерывного транспорта с тяговым органом. К ним относятся: ленточные транспортеры; скребковые транспортеры; ковшовые элеваторы и пр.

Авторы работы [5] называют «Ленточными конвейерами – машины непрерывного транспорта, несущим и тяговым элементом которых является гибкая лента». Ленточный конвейер способен перемещать материал горизонтально и наклонно, а трасса перемещения материала может быть прямолинейной или криволинейной при наличии нескольких ЛК.

Как правило, для сыпучих грузов применяют многороликовые опоры, формирующие желобчатую форму ленты. Такая форма ленты при одинаковых ширине и скорости позволяет получить более чем двукратное увеличение производительности по сравнению с плоской лентой при исключении просыпи груза.

В качестве несущего (транспортирующего) и тягового органа применяются резинотканевые или резинотросовые ленты с гладкой поверхностью. Резинотканевые имеют 3-8 прокладок из ткани и применяются в основном для конвейеров небольшой длины, а резинотросовые – для магистральных конвейеров. Ткань и стальные тросы внутри резины представляют собой армирующие прокладки, хорошо противостоящие деформации при растяжении. Такие ленты более долговечны.

Авторы работы [6] полагают, что «основные требования, предъявляемые к конвейерным лентам, такие:

- высокая прочность в направлении действия тягового усилия;
- высокая продольная жесткость при растяжении для обеспечения малого упругого удлинения при рабочих нагрузках и, следовательно, небольшого хода натяжного устройства;
- эластичность ленты в продольном и поперечном направлении;
- малое остаточное удлинение в процессе эксплуатации;
- высокая усталостная прочность;

- сопротивляемость ударным нагрузкам в зоне загрузки конвейера и при прохождении роlikоопор;
- устойчивость обкладок ленты против абразивного износа;
- малые гистерезисные потери при деформировании ленты на трассе конвейера;
- сохранение геометрических и прочностных свойств в процессе длительной эксплуатации.»

В некоторых случаях к ленте предъявляются особые требования, например, морозостойкость, теплостойкость, огнестойкость, стойкость к агрессивным средам и др.

Существует несколько видов транспортерных лент:

- резинотканевые ленты (состоят из слоев ткани и резины, чередующихся между собой для лучшей прочности при растяжении);
- резинотросовые ленты (состоят из стальных латунированных тросов, запрессованных во внутренний адгезионный слой резины);
- металлические ленты (выполняются сплошными стальными и проволочными (сетчатыми) и применяются для транспортирования штучных и кусковых грузов через закалочные, нагревательные, обжиговые и сушильные печи);
- полимерные ленты (имеют рельефную рабочую поверхность и предназначены для использования на наклонных транспортерах, так как имеют низкий коэффициент скольжения).

Наибольшее распространение имеют конвейерные ленты, тяговый каркас которых состоит из пакета тканевых прокладок (резинотканевые ленты) или образован стальными тросами, расположенными в один ряд и окруженными слоем эластичной резины (резинотросовые ленты).

## 2 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы – изучение процесса транспортировки сыпучих материалов с помощью ленточного конвейера в цехе добавок.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить аналитический обзор научно-технической литературы и нормативных документов по теме ленточных конвейеров, используемых в промышленности;
- подобрать оборудование, его параметры и характеристики, обеспечивающие необходимую мощность предприятия;
- разработать технологическую схему производственного участка с подробным рассмотрением цеха добавок;
- произвести расчет технологических и механических характеристик оборудования цеха с учетом выбранных параметров;
- разработать систему автоматизации конвейера, обеспечивающую безопасность рабочих;
- предложить комплекс мероприятий для охраны окружающей среды в цехе добавок и на предприятии;
- выполнить графическую часть проекта в соответствии с инженерно-техническими стандартами.

## 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

### 3.1 Технологическая схема участка

Производство цемента включает в себя большое количество стадий, технологий и оборудования, поэтому эффективнее будет подробно рассмотреть технологическую схему участка добавок и помола клинкера (Рис. 3.1).

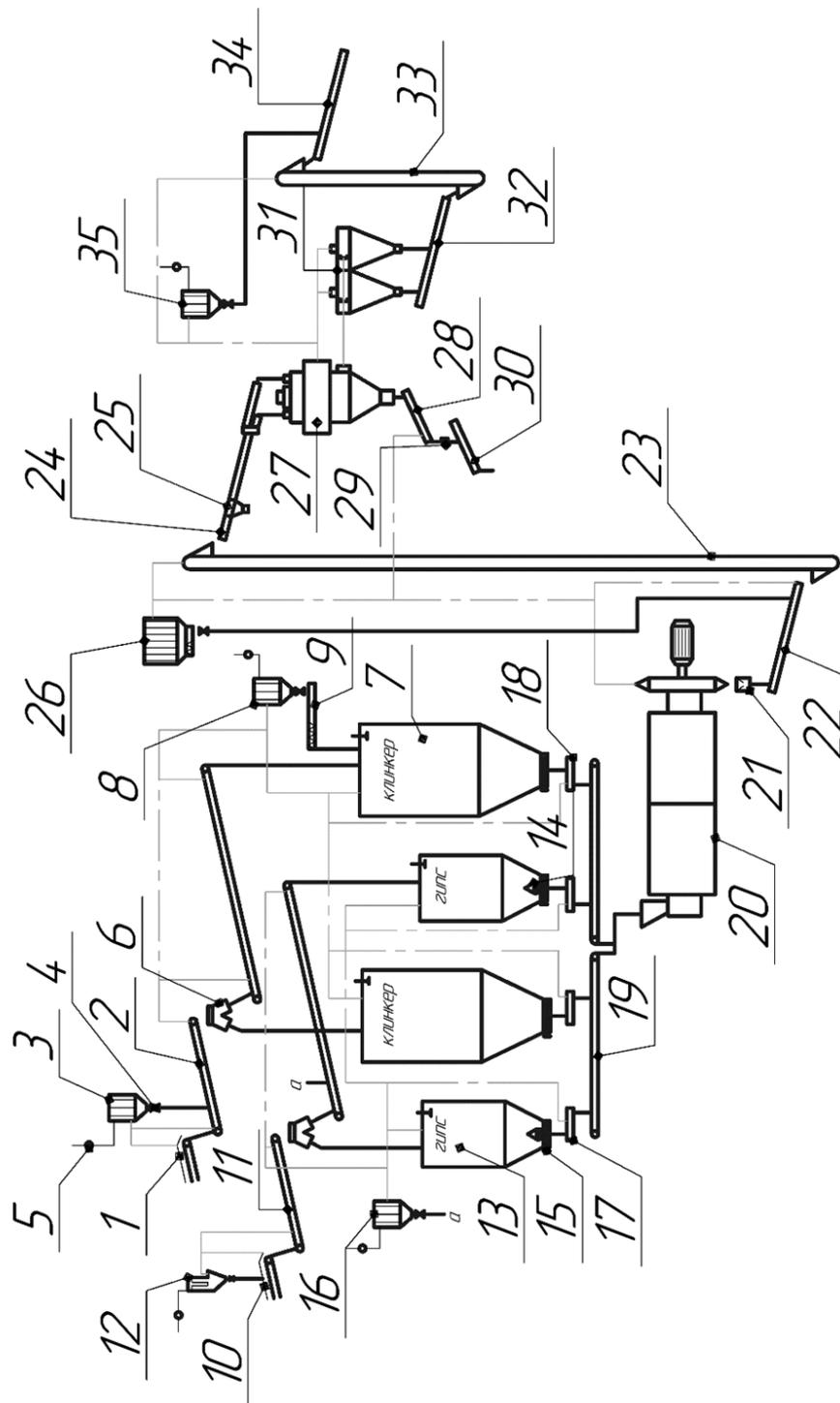


Рис. 3.1 – Технологическая схема цеха добавок

1 – конвейерная галерея со склада клинкера; 2 – ленточный конвейер клинкера; 3 – рукавный фильтр  $Q = 7000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; 4 – шлюзовый затвор; 5 – вентилятор; 6 – двухкамерная течка; 7 – бункер клинкера; 8 – рукавный фильтр  $Q = 12500 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; 9 – шнековый питатель; 10 – конвейерная галерея гипса; 11 – ленточный конвейер гипса; 12 – рукавный фильтр  $Q = 5000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; 13 – бункер гипса; 14 – устройство разгрузки; 15 – ручной шиберный затвор; 16 – рукавный фильтр  $Q = 10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; 17 – ленточный весовой дозатор гипса; 18 – ленточный весовой дозатор клинкера; 19 – ленточный конвейер загрузки мельницы; 20 – шаровая трубная мельница помола клинкера; 21 – двойной клапан-мигалка; 22 – аэрожелоб; 23 – ковшовый элеватор; 24 – комплект аэрожелобов; 25 – уловитель инородных тел; 26 – рукавный фильтр  $Q = 55000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; 27 – высокоэффективный сепаратор; 28 – аэрожелоб; 29 – расходомер; 30 – комплект аэрожелобов с поворотной секцией; 31 – пара циклонов; 32 – аэрожелоб; 33 – ковшовый элеватор; 34 – аэрожелоб, ведущий в цементные силоса; 35 – рукавный фильтр  $Q = 12500 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Охлажденный после печи цементный клинкер со склада поступает по конвейерной галерее 1 на ленточный конвейер 2 подачи клинкера, при этом ведется отсос запыленного аспирационного воздуха в рукавный фильтр 3 производительностью  $Q = 7000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , который отдает остаточный материал крупной фракции обратно на конвейер через шлюзовый затвор 4, а очищенный воздух выбрасывается в атмосферу вентилятором 5. С ЛК 2 материал попадает в двухкамерную течку 6, которая распределяет клинкер сначала в первый бункер 7.1, затем отдает его на следующий ЛК, идущий во второй бункер клинкера 7.2. Во время загрузки материала в бункер образуется большое облако мелкодисперсной пыли, которая может выходить через отверстие загрузки, поэтому с ленточных конвейеров и из бункера также отсасывается запыленный воздух рукавным фильтром 8 производительность  $Q = 11500 \text{ м}^3/\text{ч}$ , откуда очищенный воздух попадает в атмосферу через вентилятор 5, а крупная пыль отдается через шлюзовый затвор 4 во второй бункер клинкера 7 шнековым

питателем 9. Полнота заполнения бункеров регулируется автоматическим датчиком уровня. Разгрузка бункеров производится ручным шиберным затвором 15.

Гипс подается по конвейерной галерее 10 на приемное устройство, отдающее его на ленточный конвейер 11. Отсос запыленного воздуха с ЛК и приемного устройства производится рукавным фильтром 12 производительностью  $Q = 5000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , который выпускает очищенный воздух в атмосферу вентилятором 5, а остаточный материал отдает обратно в приемное устройство через шлюзовый затвор 4. С ленточного конвейера материал попадает на двухкамерную течку 6, которая распределяет его сначала в первый бункер гипса 13.1, затем отдает его на следующий ЛК, идущий во второй бункер гипса 13.2. Бункеры гипса также оснащены датчиком уровня, устройством разгрузки 14 и ручным шиберным затвором 15. С ленточных конвейеров и из бункеров отсос пыли производится рукавным фильтром 16 производительностью  $Q = 10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , который выпускает очищенный воздух в атмосферу вентилятором 5, а остаточный материал отдает обратно на ЛК 11 через шлюзовый затвор 4.

Гипс разгружают на ленточный весовой дозатор 17, который производит дозирование материала (отсос пыли производит РФ 16). Клинкер также разгружается на ленточный весовой дозатор 18 (отсос пыли производит РФ 8). С ленточных дозаторов 17 и 18 материалы поступают на ленточные конвейеры 19, ведущие непосредственно в шаровую трубную мельницу 20, где происходит совместный помол клинкера и добавок металлическими шарами до необходимой фракции. После помола клинкера готовый цемент разгружают с помощью двойного клапана-мигалки 21 в аэрожелоб 22, ведущий в ковшовый элеватор 23. Он разгружает цемент в уловитель инородных тел 25 с комплектом аэрожелобов 24 с двумя поворотными секциями с разделением потока, чтобы отделить мельчайшие частицы металла от мелющих тел. Отсос цементной пыли на данном участке выполняется рукавным фильтром 26 производительностью  $Q = 55000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Очищенный воздух попадает в атмосферу с помощью вентилятора 5, а остаточный материал поступает обратно в аэрожелоб 22.

От уловителя инородных тел 25 аэрожелоба отдают материал в высокоэффективный сепаратор 27, где происходит разделение цемента на мелкие и крупные фракции. Под действием центробежных сил крупная фракция прибивается к стенкам аппарата и опускается вниз из-за силы тяжести, а мелкая фракция поднимается вверх под действием аэрации. Соответственно, крупная фракция отправляется на домол в мельницу 20 с помощью аэрожелоба 30, а мелкая фракция отправляется в пару циклонов 31. В циклон материал залетает с большой скоростью по касательной, за счет такого расположения образуется вихревой поток. Под действием центробежных сил крупная фракция прибивается к стенкам и опускается вниз, а мелкодисперсная пыль улетает наверх и отсасывается рукавным фильтром 35. Эта крупная фракция из циклона и является готовым цементом. С помощью аэрожелобов 32 его отдают на ковшовый элеватор 33, который поднимает материал на аэрожелоба 34, идущие непосредственно в цементные силоса. На этом участке за отсос и очистку цементной пыли отвечает РФ 35 производительностью  $Q = 12500 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Все характеристики применяемого в цехе оборудования перечислены в Приложении А.

### **3.2 Описание конструкции ленточного конвейера**

Гибкая лента 9 является несущим и тяговым элементом конвейера (рис. 3.2), она опирается на роликовые опоры верхней 6 и нижней 17 ветвей и огибает приводной 10 и натяжной 2 барабаны на концах. Движение передается ленте фрикционным способом от приводного барабана. Первоначальное натяжение обеспечивает натяжное устройство 1 грузового или винтового типа. Сыпучий материал попадает на ленту через загрузочную воронку 3 без дна и со щелью в стенке для прохода материала. На участке загрузки под лентой устанавливают опорные ролики, воспринимающие нагрузку от материала, для предотвращения перегибов ленты. Для разгрузки используют передвижную разгрузочную тележку 7 или стационарные плужковые сбрасыватели.

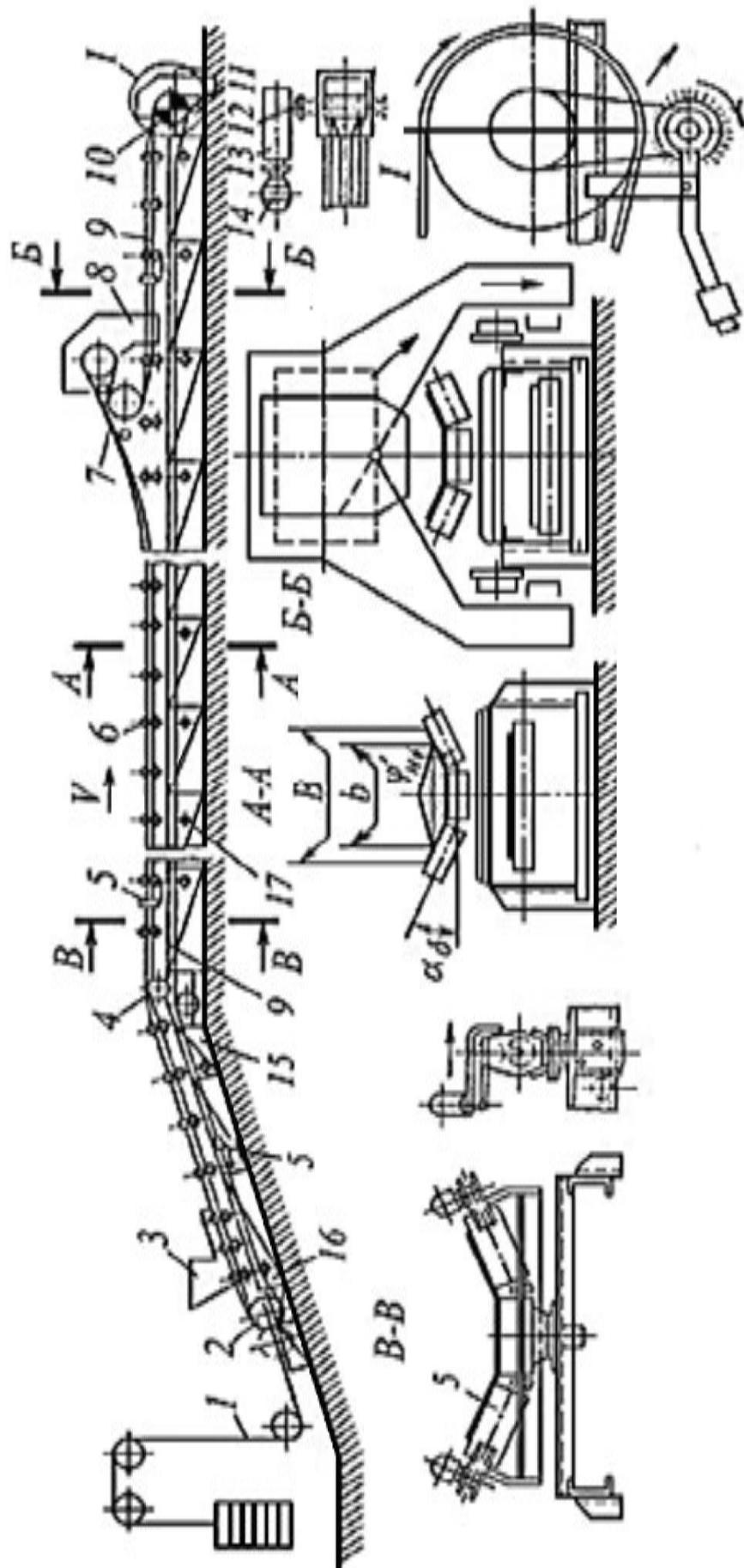


Рис. 3.2 – Наклонно-горизонтальный ленточный конвейер

1 – натяжное устройство; 2 – натяжной концевой барабан; 3 – загрузочная воронка; 4 – отклоняющие барабаны; 5 – центрирующие роликовые опоры; 6 – роликовые опоры верхней ветви; 7 – передвижная разгрузочная тележка; 9 – гибкая лента; 10 – приводной барабан; 11 – вращающиеся щетки; 12 – соединительные муфты; 13 – редуктор; 14 – электродвигатель; 15 – металлоконструкции; 17 – роликовые опоры нижней ветви.

После разгрузки остатки материала, прилипшие к ленте, могут привести к неравномерному вращению концевых барабанов и быстрому износу ленты. Чтобы отчистить ленту, на концах конвейера устанавливают вращающиеся щетки 11 (капроновые, резиновые) или неподвижный скребок.

Для центрирования хода ветвей ленты и исключения ее чрезмерного поперечного смещения применяют различные центрирующие роликовые опоры 5. На криволинейных участках ветвей трассы устанавливают роликовые батареи, создающие плавный перегиб ленты, или отклоняющие барабаны 4.

Привод ленточного конвейера состоит из приводного барабана 10, электродвигателя 14, редуктора 13 и соединительных муфт 12. Для увеличения коэффициента сцепления ленты с барабаном он футеруется резиной или другим материалом. Привод может быть с одним барабаном (однобарабанный) или с несколькими (двух- и трехбарабанный). Увеличение числа приводных барабанов повышает тяговую способность привода. Для предотвращения сбоя и обратного хода ленты предусматривается тормоз привода или храповый останов.

Все элементы конвейера монтируют на металлоконструкции 15, прикрепляемой к фундаменту или к опорным частям здания. Металлоконструкцию с приводом называют приводной станцией. Натяжное устройство и загрузочная воронка составляют натяжную станцию. Между обеими станциями расположена средняя часть конвейера, которая выполнена из унифицированных линейных секций.

Рассмотрим основные конструктивные элементы ЛК:

### 3.2.1 Конвейерная лента

Наибольшее распространение получили резинотканевые ленты (рис. 3.3) благодаря своей небольшой стоимости и хорошим прочностным показателям.

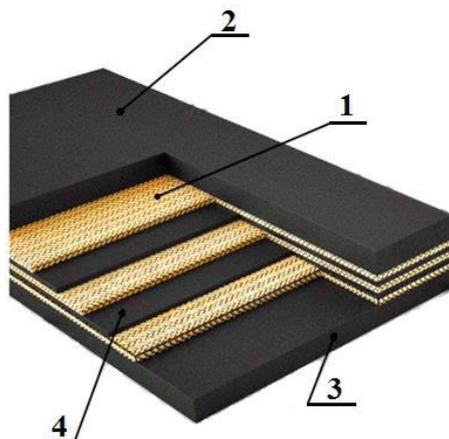


Рис. 3.3 – Многопрокладочная резинотканевая лента:

1 – тканевые прокладки; 2 – резиновая рабочая обкладка; 3 – резиновая нерабочая обкладка; 4 – резиновый промежуточный слой (сквидж).

Прорезиненные ленты подразделяются на:

- гладкие ленты – для горизонтального транспортирования или при транспортировании с наклоном до  $20^{\circ}$ ;
- рифленые ленты – при транспортировании с наклоном до  $40^{\circ}$ ;
- специальные ленты – для вертикального транспортирования.

Резинотканевые ленты изготавливают из нескольких слоёв (прокладок) хлопчатобумажной ткани (бельтинга), соединённых между собой вулканизированным слоем из натурального или синтетического каучука. Для защиты прокладок от механических повреждений и от действий влаги ленту снаружи покрывают слоем резины – обкладкой.

Покрытие конвейерной ленты обычно изготавливается из материалов различного типа: ПВХ (поливинилхлоридная), ПУ (полиуретан), полиолефин, (ПО), хайтрел, силикон и других материалов.

Синтетические ткани, применяемые для тяговых прокладок сердечника, подразделяются на две основные группы:

- полиамидные (капрон, анид, нейлон, перлон, трелон);
- полиэфирные (лавсан, терилен, тергаль, тетерон, тревира).

Достоинства резиноканевых лент – хорошая гибкость, плавность и бесшумность хода, возможность работы при больших линейных скоростях, меньший расход энергии.

Недостатки лент общего назначения – небольшая прочность, подверженность механическим повреждениям и износу, невозможность использования лент при сравнительно высоких температурах (свыше 600°C).

### 3.2.2 Роликовые опоры

Лента опирается на ролики, изготовленные из металлической трубы, в которой находятся подшипники для облегчения вращения. В последнее время активно используют ролики из керамики или футерованные резиной, так как сцепление с лентой лучше, а значит потери угловой скорости минимальны.

Основными требованиями для хорошей работы роликов являются долговечность, устойчивость и прочность, малое сопротивление вращению, легкость монтажа и эксплуатации, низкая стоимость.

«По расположению на конвейере роликоопоры классифицируют на:

- верхние:
  - прямые – для плоской формы ленты при транспортировании штучных грузов;
  - желобчатые – для желобчатой формы ленты (для сыпучих грузов) на двух, трех и пяти роликах;
- нижние:
  - прямые однороликовые (рис. 3.4, а) (сплошные цилиндрические и дисковые);
  - двухроликовые желобчатые (угол наклона боковых роликов  $\alpha_{ж} = 10^\circ$ );
  - трехроликовые (все ролики располагают в одной плоскости или средний ролик выдвигают вперед (шахматное расположение роликоопор) для более равномерного положения ленты и обеспечения удобства техобслуживания). [6]»

В зоне загрузки устанавливают амортизирующие опоры (рис. 3.4, в) с резиновыми шайбами. Шайбы воспринимают на себя давление груза и противостоят деформации плоскости движения.

Для транспортирования сильнопылящих и мелкодисперсных материалов роlikоопоры футеруют резиной для лучшего сцепления и уменьшения вибраций нагруженной ленты.

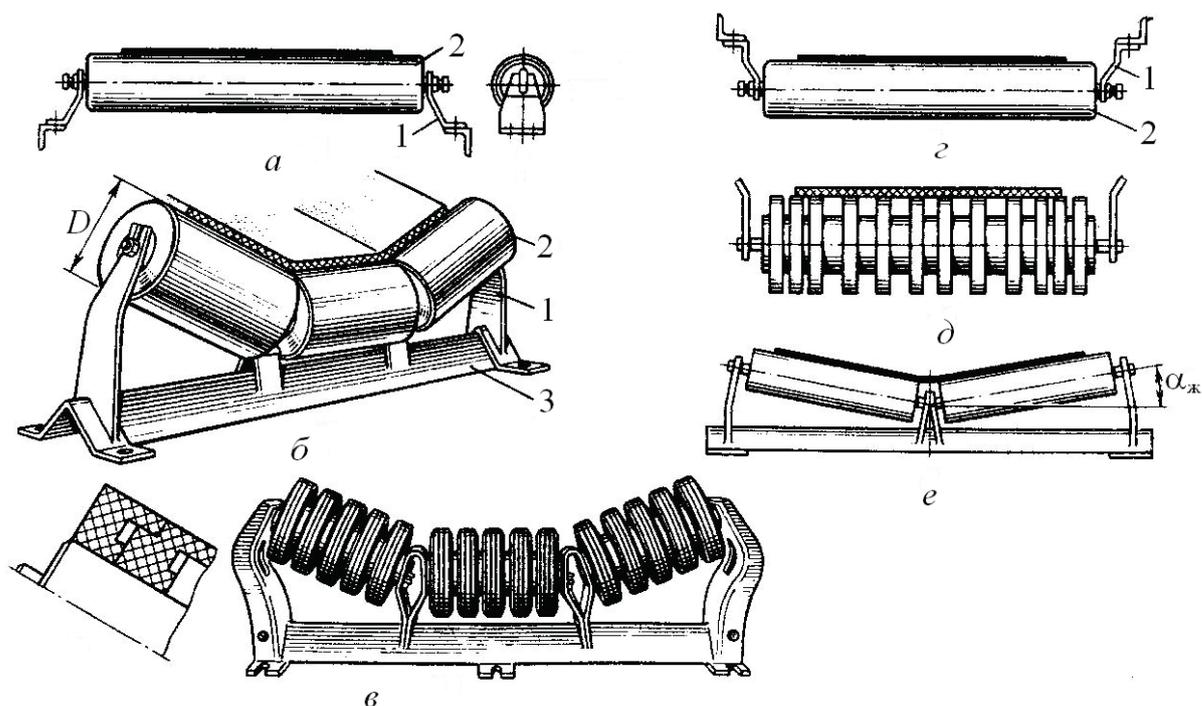


Рис. 3.4 – Роlikоопоры ленточного конвейера:

а, б, в – для верхней ветви: прямая, рядовая желобчатая, амортизирующая;  
г, д, е – для нижней ветви: прямая, дисковая очистная, желобчатая. 1 – кронштейн; 2 – ролик; 3 – балка.

### 3.2.3 Приводы ленточных конвейеров

Приводной механизм служит для приведения в движение тягового и грузонесущего элементов конвейера.

В работе [6] упоминается «По способу передачи тягового усилия различают приводы: с передачей усилия зацеплением; фрикционные: однобарабанные (одноблочные), двух-, трехбарабанные и специальные промежуточные.»

По числу приводов (рис. 3.5) конвейеры делят на одноприводные (только один двигатель) и многоприводные (допускается до 12 приводов на разных

участках трассы). Увеличение количества приводных элементов уменьшает натяжение ленты и снижает напряжение остальных двигателей.

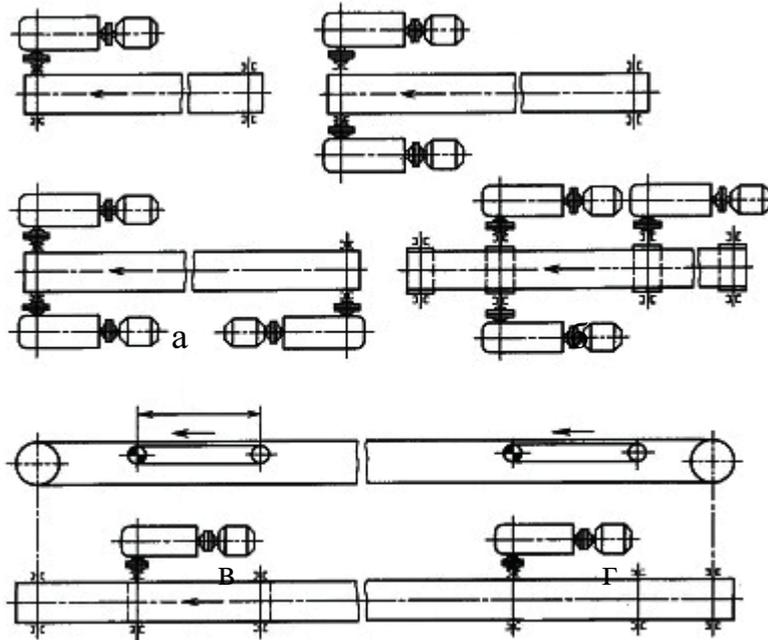


Рис. 3.5 – Схемы расположения приводов:

а – с одним двигателем; б – с двумя двигателями; в, г – с тремя двигателями; д – многоприводного с промежуточными приводами.

В работе [7] сказано, «При определении рационального места установки привода на трассе конвейера основным фактором является достижение минимального натяжения тягового элемента и снижение натяжения на поворотных и криволинейных участках, поэтому рациональной является установка привода в пунктах поворота контура трассы».

Привод горизонтальных и наклонных конвейеров располагают в концевой части в зависимости от направления движения. Примеры расположения показаны на рис. 3.6.

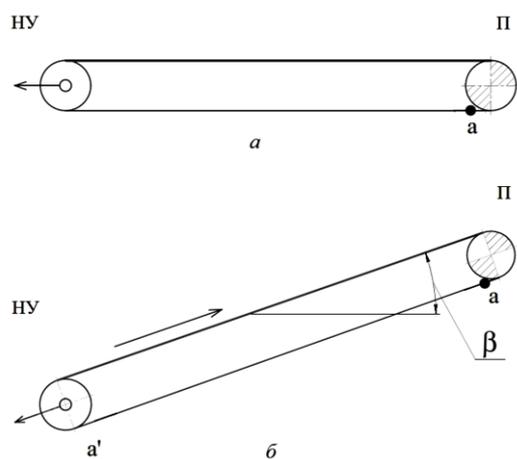


Рис. 3.6 – Расположение привода конвейера

### 3.2.4 Натяжные устройства

Натяжные устройства (рис. 3.7) служат для обеспечения первоначального натяжения тягового элемента, ограничения провеса тягового элемента между опорными устройствами, компенсации вытяжки тягового элемента в процессе эксплуатации.

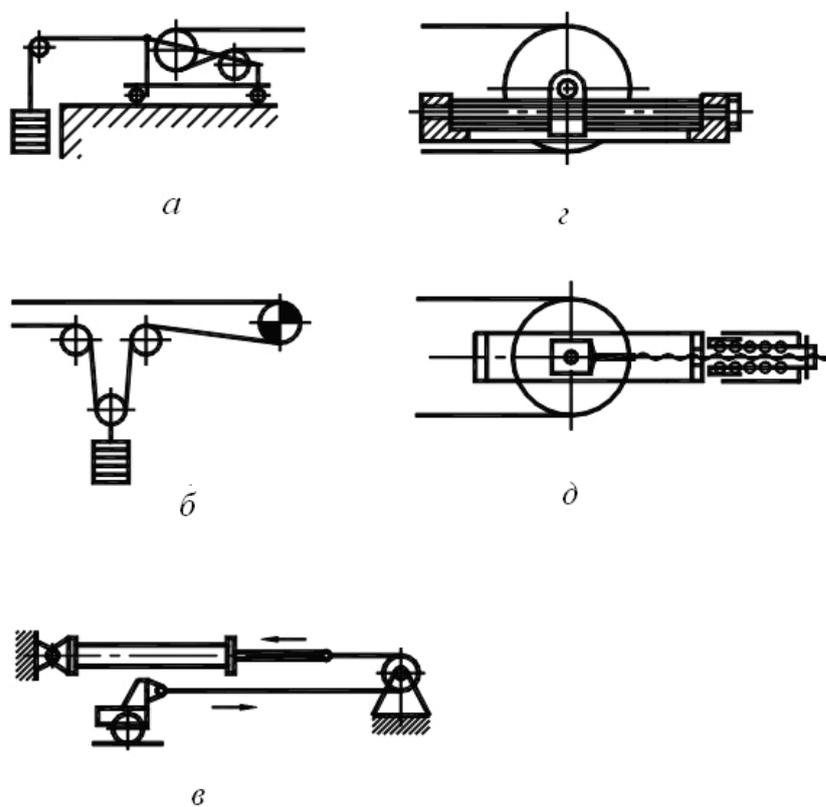


Рис. 3.7 – Натяжные устройства:

а – хвостовое грузовое; б – промежуточное грузовое; в – гидравлическое; г – винтовое; д – пружинно-винтовое.

Натяжные устройства по способу действия и конструкции классифицируют на механические, пневматические, гидравлические, грузовые, грузолебедочные, лебедочные.

Наиболее распространенными натяжными элементами являются винтовые ввиду легкости монтажа, простого устройства, четкого контроля натяжения.

### 3.2.5 Устройства для очистки ленты

Для очистки грузонесущей поверхности ленты при сухих и влажных, но нелипких грузах применяют одинарные или двойные скребки (рис. 3.8, а); при влажных и липких – вращающиеся щетки (рис. 3.8, б) или барабаны с вращающимися лопастями.

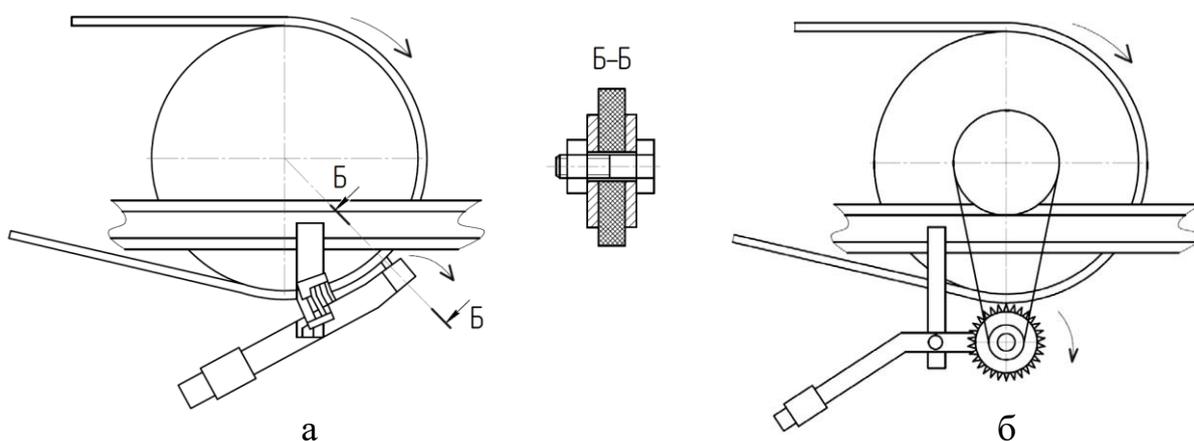


Рис. 3.8 – Очистные устройства:

а – очистной скребок; б – вращающаяся щетка

Материал рабочих частей скребка может быть разным. В основном используют пластмассу, резину, капроновые нити.

Очистные устройства располагают в конце конвейера. Лента при сбегании с барабана соприкасается с устройством и налипший материал попадает в разгрузочную воронку.

Скребки монтируют в шарнирные рамы. Их прижатие к ленте осуществляется в основном пружинным механизмом с рычагом. Вращение вращающихся щеток осуществляет отдельный привод или привод конвейера с помощью ускоряющей передачи.

Очистку внутренней части ленты осуществляют плужковым сбрасывателем снизу у приводного барабана.

### 3.2.6 Устройства безопасности и контроля

Основные процессы, над которыми осуществляется автоматический контроль: наличие груза на ленте; обрыв и пробуксовка ленты; равномерность грузопотока; предупреждение сбега ленты в сторону; состояние поверхности барабанов, подшипников и т. д.; движение тяговых органов; места перегрузки; заполнение бункерных установок.

## 3.3 Основные конструкторские решения

Для проектирования выбран горизонтальный ленточный конвейер загрузки гипса 11.2.

Для загрузки материала в бункер используется загрузочный лоток. В качестве тягового элемента выбрана резиноканевая лента ввиду своей невысокой стоимости и высокой производительности. Она идеально подходит для транспортирования сыпучих материалов. Расположение верхних роlikоопор – желобчатое, так как при таком выборе объем транспортируемого материала больше почти в 2 раза по сравнению с прямыми роlikоопорами. Нижние же роlikоопоры – прямые. В зоне загрузки используются амортизирующие роlikоопоры, воспринимающие основную нагрузку от материала на себя. Также для предотвращения схода ленты используются дефлекторные ролики с обеих сторон. Натяжное устройство находится в зоне загрузки материала на конвейер из двухкамерной точки, а приводной барабан – в зоне его подачи в бункер. Натяжное устройство выбрано винтовое. Приводной барабан выполнен из стали и футерован резиной. Привод – электродвигатель с редуктором. Разгрузка материала происходит с помощью разгрузочной воронки. Наружная очистка ленты осуществляется пружинным скребком на конце конвейера. Опирается конвейер на металлоконструкции из швеллеров.

## 3.4 Расчет технологических параметров

Исходные данные для проектирования:

Груз – гипс.

Характеристики грузов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристика насыпных грузов

Грузы	Насыпная плотность $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Угол $\phi$ естественного откоса в покое, град	Коэффициент трения в состоянии покоя		Группа абразивности
			по стали	по резине	
Опилки древесные сухие	0,2...0,3	40...45	0,8	0,65	A
Торф кусковой сухой	0,3...0,5	32...45	0,6	0,7	A
Зола сухая	0,6...0,9	40...50	0,65	0,75	A
Цемент сухой	1,0...1,5	30...40	0,65	0,64	B
Земля грунтовая сухая	1,1...1,6	30...40	0,8	0,82	B
Гипс порошкообразный	1,2...1,4	30...40	0,78	0,61	B
Песок сухой	1,4...1,65	35...40	0,7...0,8	0,56	B
Глина сухая	1,6...1,8	40...45	0,75	0,8	B
Гравий рядовой	1,5...1,8	30...45	0,8	0,9	B
Уголь каменный кусковой	0,65...0,8	30...45	0,5...0,8	0,6	B
Шлак каменноугольный	0,6...0,9	35...40	0,7	0,6	C
Земля формовочная	1,25...1,3	30...45	0,7	0,6	C
Кокс среднекусовой	0,4...0,5	30...50	0,9	0,8	C
Известняк мелкокусовой	1,4...1,7	35...40	0,6	0,7	C
Щебень сухой	1,5...1,8	30...45	0,74	0,6	C
Агломерат железной руды	1,6...2,0	30...50	0,8...1,0	0,9	D
Руда железная, мелко- и среднекусовая	2,0...3,5	35...40	1,2	1,0	D

Характеристики груза из табл. 3.1:

- насыпная плотность  $\rho = 1,3$  т/м<sup>3</sup>;
- угол естественного откоса в покое =  $35^\circ$ ;
- угол естественного откоса в движении  $\delta = 0,5 \cdot 35^\circ = 17,5^\circ$ ;
- коэффициент трения груза по резине в покое  $k_{\text{п}} = 0,61$ ;
- коэффициент трения в движении  $k_{\text{дв}} = 0,61 \cdot 0,5 = 0,305$ .
- группа абразивности B (малоабразивные).

Производительность конвейера  $Q = 50$  т/ч.

Длина конвейера  $l = 12,7$  м.

Горизонтальная проекция наклонного участка  $l_{\text{н.г}} = l_2 = 12,3$  м.

Угол подъема наклонного участка конвейера  $\beta = 15^\circ$ .

Вертикальная проекция наклонного участка:

$$H = l_{\text{н.г}} \cdot \text{tg } \beta = 12,3 \cdot 0,27 = 3,3 \text{ м.}$$

Рассчитать размеры ленты и конвейера, сопротивление движению и натяжение ленты, мощность привода с учетом пусковых нагрузок.

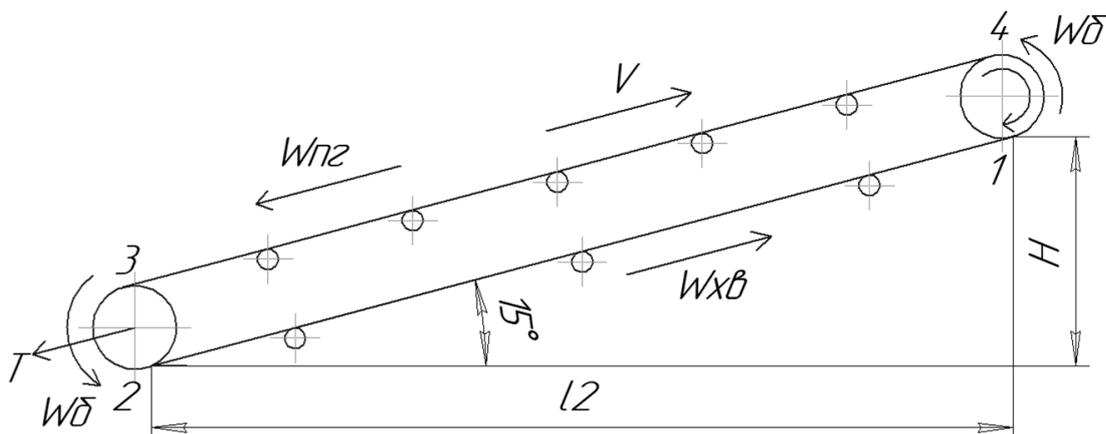


Рис. 3.9 – Схема ленточного конвейера

Расчет проведем по методике, представленной в пособии Тарнопольского А.В. [8], используя также материалы из справочника [9].

### 3.4.1 Выбор типа и материала ленты

Тип ленты, материал тканевых прокладок и их число предварительно определяют по рекомендациям справочника и табл. 3.2, 3.3, 3.4, 3.5.

Таблица 3.2 – Характеристики резиноканевых лент общего назначения

Т и п л е н т ы	Характеристика ленты	Вид тягового каркаса		Проч- ность тяги- вого кар- каса, Н/мм ши- рины кар- каса	Класс проч- ности резины наруж- ных обкла- док	Предел прочно- сти ре- зины об- кладок на раз- рыв, МПа
		Основа и уток из комбиниро- ванных нитей (полиэфир и хлопок)	Основа и уток из полиамидных ни- тей			
2	Двусторонняя резиновая об- кладка	БКНЛ-65	-	65	Б В	20 15
		БКНЛ-65-2	-	100		
		БКНЛ-100	ТА-100, ТК-100	100		
		БКНЛ-150	ТА-150, ТК-150	150		
		-	ТК-200-2	200		
3	Односторонняя резиновая об- кладка	БКНЛ-65	-	65	В	15
		БКНЛ-65-2	-	100		
		БКНЛ-100	-	100		
4	Двухсторонняя резиновая об- кладка, одна или две прокладки каркаса	БКНЛ-65	-	65	С	10
		БКНЛ-65-2	ТА-100, ТК-100	100		
		БКНЛ-100	ТА-100, ТК-100	100		

Таблица 3.3 – Толщина тяговых тканевых прокладок каркаса ленты

Номинальная прочность прокладки на основе, Н/мм, не менее	Толщина тканевой прокладки $t$ , мм	
	С резиновой прослойкой	Без резиновой прослойки
	Основа и уток из синтетического волокна	Основа и уток из комбинированных нитей
200	1,4	1,6
150	1,3	1,4
100	1,2	1,3
65	1,2	1,2

Таблица 3.4 – Количество тяговых прокладок для лент различных типов

Ширина ленты $B$ , мм	Количество тяговых прокладок $i$ для лент типов 2, 3, 4 при различной удельной номинальной прочности, Н/мм							
	2				3		4	
	200	150	100	65	100	65	100	65
300...500	-	-	3	3...5	-	3...5	1...2	1...2
650	-	3...4	3...5	3...6	3...4	3...6	1...2	1...2
800	3...6	3...6	3...8	3...8	3...5	3...8	1...2	1...2
1000	3...6	3...5	3...8	3...8	3...6	3...8	1...2	1...2

Таблица 3.5 – Толщина наружных резиновых обкладок

Тип ленты	Поверхность ленты	Номинальная толщина наружных обкладок для различных классов прочности резины, мм									
		Б				В			С		
2	рабочая	8,0	6,0	4,5	3,0	6,0	4,5	3,0	3,0		
	нерабочая	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,5		
3	рабочая	-				2,0			3,0; 2,0		
4	рабочая	-				-			3,0	2,0	1,0
	нерабочая	-				-			1,0	1,0	1,0

С учетом свойств груза выбираем прокладку ТК-200-2 из полиамидных нитей, прочность на разрыв  $q = 200$  Н/мм, толщина прокладки  $t = 1,4$  мм, количество прокладок  $i = 3$ . Толщина резиновых обкладок: рабочей стороны 6 мм, обратной 2 мм. Толщина ленты по формуле (3.1):

$$\delta = t \cdot i + \delta_1 + \delta_2, \text{ мм} \quad (3.1)$$

где  $t$  – расчетная толщина тяговой тканевой прокладки, мм (табл. 3.3);

$i$  – количество тяговых тканевых прокладок, мм (табл. 3.4);

$\delta_1, \delta_2$  – толщина резиновых обкладок, соответственно, рабочей и нерабочей поверхностей ленты, мм (табл. 3.5).

$$\delta = t \cdot i + \delta_1 + \delta_2 = 1,4 \cdot 3 + 6 + 2 = 12,2 \text{ мм.}$$

### 3.4.2 Определение ширины ленты и формы роlikоопор

Для насыпного груза принимается желобчатая форма роlikоопор на рабочей ветви конвейера, и прямая на обратной ветви. Ширина ленты рассчитывается по формуле (3.2):

$$B = 1,1 \left( \sqrt{\frac{Q_p}{V_{л} \cdot \rho \cdot K_{\pi} \cdot K_{\beta}}} + 0,05 \right), \text{ мм} \quad (3.2)$$

где  $Q_p$  – расчетная производительность, т/ч.

$K_{\pi} = 550$  – коэффициент типа роlikоопор (табл. 3.8)

$K_{\beta} = 0,95$  – коэффициент угла наклона конвейера (табл. 3.7)

$V_{л} = 1$  м/с – принятая скорость движения ленты (табл. 3.6)

$\rho = 1,25$  т/м<sup>3</sup> – насыпная масса груза.

Таблица 3.6 – Рекомендуемые скорости движения ленты при транспортировании насыпных грузов

Характер груза	Скорость движения ленты, м/с при ее ширине, м					
	0,4	0,5	0,65	0,8	1,0	1,2
Группы абразивности А, В; допускается их крошение (торф, уголь, глина, песок)	1,0...1,6	1,25...2,0	1,6...2,5	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...4,0
Зерновые и бобовые (рожь, пшеница, горох)	1,25...1,6	1,6...2,5	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...3,5	3,5...4,0
Группы абразивности С, D; мелко- и среднекусковые (щебень, шлак)	1,0...1,25	1,25...1,6	1,6...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...3,5
Группы абразивности С, D; крупнокусковые (камень, руда)	0,6...0,8	0,8...1,0	1,0...1,25	1,25...1,6	1,6...2,0	2,0...2,5
Хрупкие, не допускающие крошения (кокс, фрукты, овощи)	0,8...1,0	1,0...1,25	1,25...1,6	1,6...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0
Сильно пылящие (цемент, мел, мука)	0,8...1,0	1,0...1,25	1,25...1,6	1,6...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0
Штучные грузы	0,5...1,0					
При наличии плужковых сбрасывателей	Не более 1,25...1,6					

Таблица 3.7 – Значения коэффициента  $K_{\beta}$

Угол откоса в движении $\varphi_d$ , град	Подвижность частиц груза	Угол наклона конвейера $\beta$ , град				
		1...5	6...10	11...15	16...20	21...24
10...15	Легкая	0,95	0,9	0,85	0,8	-
15...20	Средняя	1,0	0,97	0,95	0,9	0,85
20...25	Маленькая	1,0	0,98	0,97	0,95	0,9

Примечание:  $\varphi_d$  – угол естественного откоса груза в движении принимается равным  $\varphi_d = (0,45...0,50) \cdot \varphi$ , где  $\varphi$  – угол естественного откоса груза в покое.  $\varphi_d = (0,45...0,50) \cdot 35 = 15,75^\circ$ , подвижность – средняя.

Таблица 3.8 – Значения коэффициента  $K_{\Pi}$

Роликоопора	Угол наклона боковых роликов $\alpha_p$ , град	Подвижность частиц груза		
		легкая	средняя	малая
Прямая	0	158	240	328
Желобчатая трехроликовая	20	393	470	550
	30	480	550	625
	45	580	633	692

Расчетная производительность рассчитывается по формуле (3.3):

$$Q_p = \frac{Q \cdot K_H}{K_B \cdot K_{\Gamma}}, \text{ т/ч} \quad (3.3)$$

где  $Q$  – номинальная производительность, т/ч;

$K_H = 1,25 \dots 2,0$  – коэффициент неравномерности загрузки;

$K_B = 0,8 \dots 0,95$  – коэффициент использования по времени;

$K_{\Gamma} = 0,96$  – коэффициент готовности.

$$Q_p = \frac{Q \cdot K_H}{K_B \cdot K_{\Gamma}} = \frac{50 \cdot 2}{0,8 \cdot 0,96} = 130,21 \text{ т/ч}$$

$$B = 1,1 \left( \sqrt{\frac{Q_p}{V_L \cdot \rho \cdot K_{\Pi} \cdot K_{\beta}} + 0,05} \right) = 1,1 \left( \sqrt{\frac{130,21}{1 \cdot 1,3 \cdot 550 \cdot 0,95} + 0,05} \right) = 0,54 \text{ м.}$$

Принимаем ширину ленты 800 мм.

### 3.4.3 Выбор роликоопор

Для рабочей ветви принимаются желобчатые роликоопоры (Ж), с тремя гладкими роликами (Г), (табл. 3.9, 3.10);

Для обратной ветви – прямая роликоопора (Н).

Таблица 3.9 – Типы роликоопор

Роликоопора		Обозначение ролика	Назначение	Область применения в конвейерах
тип	обозначение			
Верхняя: прямая	П	Г	Для поддержания рабочей ветви ленты	С плоской лентой шириной $B = 300 \dots 2000$ мм
Желобчатая	Ж			С желобчатой лентой шириной $B = 400 \dots 3000$ мм
Желобчатая центрирующая	ЖЦ			С желобчатой лентой шириной $B = 400 \dots 3000$ мм для центрирования хода ленты

Нижняя: прямая	Н,НЛ	Н и НЛ	Для под- держания холостой ветви	С лентой шириной В = 300...2000 мм
Прямая центрирующая	НЦ,НЛ			С лентой шириной В = 400...2000 мм для центрирования хода ленты
Желобчатая	НЖ НЖЛ			С лентой шириной В = 800...3000 мм
Дисковая	НД НДЛ	Д и ДЛ		С лентой шириной В = 400...3000 мм

Таблица 3.10 – Основные типы роликов (по ГОСТ 22646-77)

Тип	Исполнения		Обозначение
	По рабочей поверхности	По концам оси	
Верхний	Гладкий Футерованный	Со сквозной лыской	Г Ф
Нижний	Гладкий Футерованный Дисковый	Со сквозной лыской	Н НФ Д
	Гладкий Футерованный Дисковый	С глухой лыской	НЛ НФЛ ДЛ

Расстояние между роликоопорами:

на рабочей ветви  $l_{p,p} = 1,2$  м для груза плотностью  $1,3 \text{ т/м}^3$ , ширины ленты 800 мм (табл. 3.11),

на холостой ветви  $l_{p,x} = 2 \cdot l_{p,p} = 2 \cdot 1,2 = 2,4$  м,

в зоне загрузки  $l_3 = 0,5 \cdot l_{p,p} = 0,5 \cdot 1,2 \text{ м} = 0,6$  м.

Таблица 3.11 – Наибольшее расстояние между роликами на рабочей ветви для насыпных грузов

Насыпная масса груза $\rho$ , $\text{т/м}^3$	Расстояние $l_p$ , мм, при ширине ленты В, мм					
	400	500	650	800	1000	1200
$\leq 1$	1600	1500	1400	1300		1200
1...2	1500	1400	1300	1200		1100
$\leq 2$	1400	1300	1200	1100		1000

Диаметр роликов для плотности груза  $1,3 \text{ т/м}^3$ , ширины ленты 800 мм, скорости 1 м/с, принимается  $D = 102$  мм (табл. 3.12). Длина ролика желобчатой опоры на рабочей ветви  $L_1 = 315$  мм, прямой опоры на обратной ветви  $L = 950$  мм, угол наклона боковых роликов  $\alpha = 30^\circ$  (табл. 3.13). Основные размеры роликов приведены в табл. 3.13:  $m_{p,p} = 28$  кг,  $m_{p,x} = 22$  кг.

Таблица 3.12 – Диаметры роликов

Диаметр ролика D, мм	Ширина ленты B, мм	Насыпная масса транспортируемого груза $\rho$ , т/м <sup>3</sup> , не более	Скорость движения ленты V, м/с, не более
63	300-800	≤1,00	≤1,25
89	400...650	1,60	2,00
	800	1,60	1,60
102	400...650	2,00	2,5
	800...1200	1,60	2,5
133	800...1200	2,00	2,5
159	800...1200	3,5	4,0

Таблица 3.13 – Основные размеры роликоопор

Ширина ленты B, мм	Диаметр ролика D, мм	Длина ролика		Ширина конструкции E, мм	Угол наклона боковых роликов $\alpha_1$ , град	Масса роликоопоры (ориентировочно) $m_p$ , кг	
		L, мм	L <sub>1</sub> , мм			Желобчатая	Прямая
300	63	400	-	600	-	15	10
400	63, 89, 102	500	160	700	10, 20, 30	15...22	12
500		600	200	800		18...24	12...15
650	63, 89, 102, 127, 133	750	250	950		20...35	15...24
800	89, 102, 133, 159, 194	950	315	1150		35...95	25...36
1000	89, 102, 133,	1150	380	1350		10, 20,	48...108
1200	159, 194	1400	465	1600	30, 45	50...132	38...52

Таким образом, выбираем роликоопоры по электронному каталогу [10]:

ЖГ 80-102-30

Верхняя желобчатая роликоопора с гладкими роликами диаметром 102 мм под углом 30° для ленты шириной 800 мм.

НГ 80-102

Нижняя прямая роликоопора с гладкими роликами диаметром 102 мм для ленты шириной 800 мм.

ЖА 80-102-30

Верхняя желобчатая роликоопора с амортизирующими роликами диаметром 102 мм под углом 30° для ленты шириной 800 мм.

ДН 80-102

Нижний дефлекторный ролик диаметром 102 мм для ленты шириной 800 мм.

Верхний дефлекторный ролик диаметром 102 мм для желобчатой роликкоопоры с углом наклона роликов 30° для ленты шириной 800 мм.

#### 3.4.4 Тяговый расчет конвейера

Выполняется методом последовательного суммирования сил сопротивления движению ленты по всей трассе конвейера. Трассу разделяют на участки, нумерацию которых начинают от точки сбегания ленты с приводного барабана и продолжают по контуру трассы до точки набегания на приводной барабан (рисунок 3.9).

Первоначально определяются силы сопротивления движению ленты на прямолинейных участках верхней (рабочей) и нижней (холостой) ветви 1-2, 3-4 по формулам (3.4), (3.5).

$$W_p = (q_{гр} + q_l + q_{р.р}) \cdot l_r \cdot w_p \pm (q_{гр} + q_l) \cdot H, Н \quad (3.4)$$

$$W_x = (q_l + q_{р.х}) \cdot l_r \cdot w_x \pm q_l \cdot H, Н \quad (3.5)$$

где  $q_{гр}$ ,  $q_l$ ,  $q_{р.р}$ ,  $q_{р.х}$  – удельные веса движущихся элементов: груза, ленты, роликов рабочей и холостой ветвей конвейера, соответственно, Н/м;

$l_r$ ,  $H$  – горизонтальная и вертикальная проекции длины рассматриваемого прямолинейного участка, м;

$w_p$ ,  $w_x$  – коэффициенты сопротивления роликкоопор движению ленты (табл. 3.14).

В формулах (3.4), (3.5) знак «плюс» соответствует движению груза вверх, знак «минус» – движению вниз, для холостой ветви  $q_{гр} = 0$ .

Таблица 3.14 – Коэффициент сопротивления движения ленты по роликкоопорам на подшипниках качения

Транспортируемый материал	Условия работы конвейера	Значение $\omega$	
		На участках с желобчатыми роликкоопорами	На участках с плоскими роликкоопорами
Пшеница	Сухое помещение	0,02	0,018
Мука пшеничная	Отапливаемое помещение с небольшим количеством абразивной пыли	0,025	0,022

Антрацит, железная руда, гравий, щебень, известняк	Отапливаемое помещение с небольшим количеством абразивной пыли	0,04	0,035
Земля грунтовая, песок сухой, шлак	Очень пыльная атмосфера	0,09	0,04

Распределенная нагрузка от транспортируемого груза, приходящаяся на один погонный метр длины трассы конвейера, рассчитывается по формуле (3.6):

$$q_{гр} = \frac{Q \cdot g}{3,6 \cdot V}, \text{ Н/м} \quad (3.6)$$

Распределенная нагрузка от ленты:

$$q_{л} = 0,011 \cdot B \cdot \delta, \text{ Н/м} \quad (3.7)$$

где  $B$  – ширина ленты, мм;

$\delta$  – толщина ленты, мм.

Распределенная нагрузка от вращающихся роlikоопор массой  $m_p$  на рабочей и обратной ветви, соответственно:

$$q_{p.p} = \frac{m_{p.p} \cdot g}{l_p}; \quad q_{p.x} = \frac{m_{p.x} \cdot g}{l_x}; \text{ Н/м} \quad (3.8)$$

Таким образом, распределенная нагрузка равна:

$$q_{гр} = \frac{Q \cdot g}{3,6 \cdot V} = \frac{50 \cdot 9,81}{3,6 \cdot 1} = 136,25 \text{ Н};$$

$$q_{л} = 0,011 \cdot B \cdot \delta = 0,011 \cdot 800 \cdot 12,2 = 107,36 \text{ Н/м};$$

$$q_{p.p} = \frac{m_{p.p} \cdot g}{l_p} = \frac{28 \cdot 9,81}{1,2} = 228,9 \text{ Н/м};$$

$$q_{p.x} = \frac{m_{p.x} \cdot g}{l_x} = \frac{22 \cdot 9,81}{2,4} = 89,93 \text{ Н/м}.$$

Расчет сил сопротивления на прямолинейных участках:

$$W_{1-2} = (q_{л} + q_{p.x}) \cdot l_{1-2} \cdot w_x - q_{л} \cdot H$$

$$= (107,36 + 89,93) \cdot 12,3 \cdot 0,09 - 107,36 \cdot 3,29 = -256,08 \text{ Н}$$

$$W_{3-4} = (q_{гр} + q_{л} + q_{p.p}) \cdot l_{3-4} \cdot w_p + (q_{гр} + q_{л}) \cdot H$$

$$= (136,25 + 107,36 + 228,9) \cdot 12,3 \cdot 0,04 + (136,25 + 107,36) \cdot 3,29 = 1322,42 \text{ Н}$$

### 3.4.5 Натяжение ленты в характерных точках

Расчет начинают с приводного барабана, двигаясь по холостой ветви.

Так как натяжение ни в одной точке неизвестно, но известно соотношение  $S_i = S_{i-1} \pm W_{(i-1)-1}$ , то составим число уравнений по числу неизвестных и, решив эти уравнения, найдём натяжение во всех характерных точках конвейера.

Вначале определим соотношение  $S_4$  и  $S_1$  (в сбегавшей и набегавшей ветвях) согласно формуле Эйлера (3.9):

$$S_4 = S_1 \cdot e^{f\alpha}, \quad (3.9)$$

где  $S_4$  и  $S_1$  – натяжение ленты на приводном барабане при набегании ленты на барабан и сбегании.

$e^{f\alpha} = 3,51$  – определяется по табл. 3.15 в зависимости от угла охвата и материала барабана (стальной барабан с резиновой обшивкой,  $\alpha = 180^\circ$ , сухая атмосфера);

Таблица 3.15 – Значения  $f$  и  $e^{f\alpha}$

Материал барабана	Влажность атмосферы	Коэффициент $f$	$e^{f\alpha}$ при углах обхвата в градусах или радианах					
			30°	45°	90°	180°	210°	240°
			0,524	0,795	1,57	3,14	3,66	4,19
Чугунный или стальной	Очень влажная	0,10	1,05	1,08	1,17	1,37	1,44	1,52
С деревянной или резиновой обшивкой	То же	0,15	1,08	1,12	1,27	1,60	1,73	1,87
Чугунный или стальной	Влажная	0,20	1,11	1,17	1,37	1,87	2,08	2,31
С деревянной или резиновой обшивкой	То же	0,25	1,14	1,22	1,48	2,18	2,49	2,83
Чугунный или стальной	Сухая	0,30	1,17	1,27	1,60	2,56	3,00	3,51
С деревянной обшивкой	То же	0,35	1,20	1,32	1,73	3,00	3,61	4,33
С резиновой обшивкой	То же	0,40	1,23	1,37	1,87	3,51	4,33	5,34

$$S_4 = S_1 \cdot e^{f\alpha} = 3,51 \cdot S_1$$

Натяжение в точке 2:  $S_2 = S_1 + W_{1-2} = S_1 - 256,08$

Натяжение в точке 3: Натяжение ленты на барабане определяют по формуле (3.10):

$$S_3 = S_2 \cdot \varepsilon, \quad (3.10)$$

где  $\varepsilon = 1,06$  – коэффициент сопротивления барабана, определяемый по табл. 3.16 (весьма тяжелые условия, угол охвата барабана  $180^\circ$ ).

Таблица 3.16 – Коэффициенты сопротивления барабанов и роликовых батарей

Условия работы конвейера	Коэффициенты сопротивления				
	Барабана $\varepsilon$			Роликов $\lambda$	
	Угол охвата барабана или роликовой батареи $\alpha_1^\circ$				
	30° - 90°	90° - 140°	140° - 180°	5° - 15°	16° - 25°
Легкие	1,02	1,02	1,03	1,02	1,03
Средние	1,02	1,03	1,04	1,03	1,04
Тяжелые	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05
Весьма тяжелые	1,04	1,05	1,06	1,05	1,06

$$S_3 = S_2 \cdot \varepsilon = (S_1 - 256,08) \cdot 1,06$$

Натяжение в точке 4:  $S_4 = S_3 + W_{3-4} = (S_1 - 256,08) \cdot 1,06 + 1322,42$ .

Подставим результат формулы (3.9) в натяжение в точке 4, чтобы найти  $S_1$  и решить систему уравнений.

$$S_4 = 3,51 \cdot S_1$$

$$S_4 = (S_1 - 256,08) \cdot 1,06 + 1322,42$$

$$3,51 \cdot S_1 = (S_1 - 256,08) \cdot 1,06 + 1322,42$$

$$S_1 = \frac{1322,42 - 256,08 \cdot 1,06}{3,51 - 1,06} = 428,97 \text{ Н.}$$

Вычислим значения натяжения ленты в других точках:

$$S_2 = S_1 - 256,08 = 428,97 - 256,08 = 172,88 \text{ Н}$$

$$S_3 = (S_1 - 256,08) \cdot 1,06 = (428,97 - 256,08) \cdot 1,06 = 183,26 \text{ Н (min)}$$

$$S_4 = (S_1 - 256,08) \cdot 1,06 + 1322,42 = (428,97 - 256,08) \cdot 1,06 + 1322,42 = 1505,68 \text{ Н}$$

Для передачи тягового усилия с ведущего барабана на ленту должно выполняться условие  $S_{нб} = S_{сб} \cdot e^{f\alpha}$  – из теории фрикционного барабана, формула (3.9).

По табл. 3.15 коэффициент трения ленты по стальному барабану с резиновой футеровкой в сухой атмосфере  $f = 0,40$ . При угле охвата барабана  $\alpha = 180^\circ$ ,  $e^{f\alpha} = 3,51$ .

Для ведущего барабана:  $S_{сб} \cdot e^{f\alpha} = S_1 \cdot e^{f\alpha} = 428,97 \cdot 3,51 = 1505,68 \text{ Н.}$

Согласно выполненным расчетам  $S_{нб} = S_4 = 1505,68 \text{ Н} = 1505,68 \text{ Н.}$

Условие формулы (3.9) выполняется.

### 3.4.6 Минимальное допустимое натяжение ленты $S_{\min}$

Определение величины допустимого провисания ленты между роликами на рабочей ветви при транспортировании насыпных грузов проводят по формуле (3.11):

$$h = 1,25 \frac{(q_{гр} + q_{л})}{g \cdot S_{р.мин}} l_p^2 \leq [h], \text{ м} \quad (3.11)$$

где  $m$  – масса штучного груза, считается приложенной в середине пролета между роlikоопорами, кг;

$l_{р.р}$  – расстояние между роlikоопорами на рабочей ветви, м;

$S_{р.мин}$  – величина наименьшего натяжения ленты на рабочей ветви конвейера, Н;

$[h] = (0,025 \dots 0,0125) \cdot l_{р.р}$  – наибольшая допустимая стрела провисания ленты, м.

$$h = 1,25 \frac{(q_{гр} + q_{л})}{g \cdot S_{р.мин}} l_p^2 = 1,25 \frac{(136,25 + 107,36)}{9,81 \cdot 183,26} 1,2^2 = 0,24 \text{ м.}$$

$$[h] = 0,02 \cdot l_{р.р} = 0,02 \cdot 1,2 = 0,024 \text{ м.}$$

Реальное провисание ленты больше допустимого, необходимо увеличить натяжение ленты. Для рабочей ветви при транспортировании насыпного груза из условия допускаемого провисания  $[h]$  её между роlikоопорами по формуле (3.12) рассчитываем минимально необходимую силу натяжения:

$$S_{р.мин} \geq K_e \cdot (q_{гр} + q_{л}) \cdot l_p \cos \beta, \quad (3.12)$$

где  $K_e = 5,0$  для конвейеров длиной до 100 м, с простой конфигурацией;

$K_e = 8 \dots 10$  для конвейеров длиной более 100 м и со сложной конфигурацией;

$q_{гр}, q_{л}$  – удельный вес, соответственно, груза и ленты, Н/м;

$l_p$  – расстояние между роlikоопорами на рабочей ветви, м;

$\beta$  – угол наклона трассы конвейера, град.

$$\begin{aligned} S_{р.мин} &= K_e \cdot (q_{гр} + q_{л}) \cdot l_p \cos \beta = 5 \cdot (136,25 + 107,36) \cdot 1,2 \cdot \cos 15^\circ \\ &= 1411,86 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Принимаем для рабочей ветви  $S_{p.min} = S_3 = 1500$  Н и выполняем перерасчет натяжения ленты по точкам:

$$S_3 = 1500 \text{ Н};$$

$$S_2 = \frac{S_3}{\varepsilon} = \frac{1500}{1,06} = 1415,09 \text{ Н}; (S_{x.min})$$

$$S_1 = S_2 - W_{1-2} = 1415,09 - (-256,08) = 1671,17 \text{ Н};$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = 1500 + 1322,42 = 2822,42 \text{ Н}.$$

Для ведущего барабана условие  $S_{нб} \leq S_{сб} \cdot e^{f\alpha}$  соответствует условию  $S_4 \leq S_1 \cdot e^{f\alpha}$ .  $S_4 = 2822,42$  Н, а  $S_1 \cdot e^{f\alpha} = 1671,17 \cdot 3,51 = 5865,82$  Н, т.е. условие выполняется.

Для холостой ветви должно выполняться условие  $S_{x.min} \geq 5 \cdot q_l \cdot l_{p.x}$ .  $S_{x.min} = S_2 = 1415,09$  Н, что больше  $5 \cdot q_l \cdot l_{p.x} = 5 \cdot 107,36 \cdot 2,4 = 1288,32$  Н, т.е. условие выполняется.

Определение тягового усилия на приводном барабане приближенным методом производят по формуле (3.13):

$$F = K_d \cdot l \cdot w \cdot (q_{гр} + q_{p,p} + q_{p,x} + 2q_l) + q_{гр} \cdot (H + H_0), \text{ Н} \quad (3.13)$$

где  $K_d$  – коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления движению ленты по роликам, барабанам, в местах загрузки (табл. 3.17)

Таблица 3.17 – Коэффициент учета дополнительных сопротивлений движению ленты

$L_r, \text{ м}$	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	...
$K_d$	6	5,1	4,5	4,2	3,9	3,7	3,4	3,2	2,9	2,6	...

$$\begin{aligned} F &= K_d \cdot l \cdot w \cdot (q_{гр} + q_{p,p} + q_{p,x} + 2q_l) + q_{гр} \cdot (H + H_0) \\ &= 4,2 \cdot 12,7 \cdot 0,09 \cdot (136,25 + 228,9 + 89,93 + 2 \cdot 107,36) \\ &\quad + 136,25 \cdot (3,29 + 0) = 3663,7 \text{ Н} \end{aligned}$$

Тяговое усилие по уточненной формуле (3.14):

$$F = \frac{S_4 - S_1}{\eta} = \frac{2822,42 - 1671,17}{0,87} = 1237,6 \text{ Н} \quad (3.14)$$

Таким образом получена эпюра распределения усилий по длине ленты (3.10):

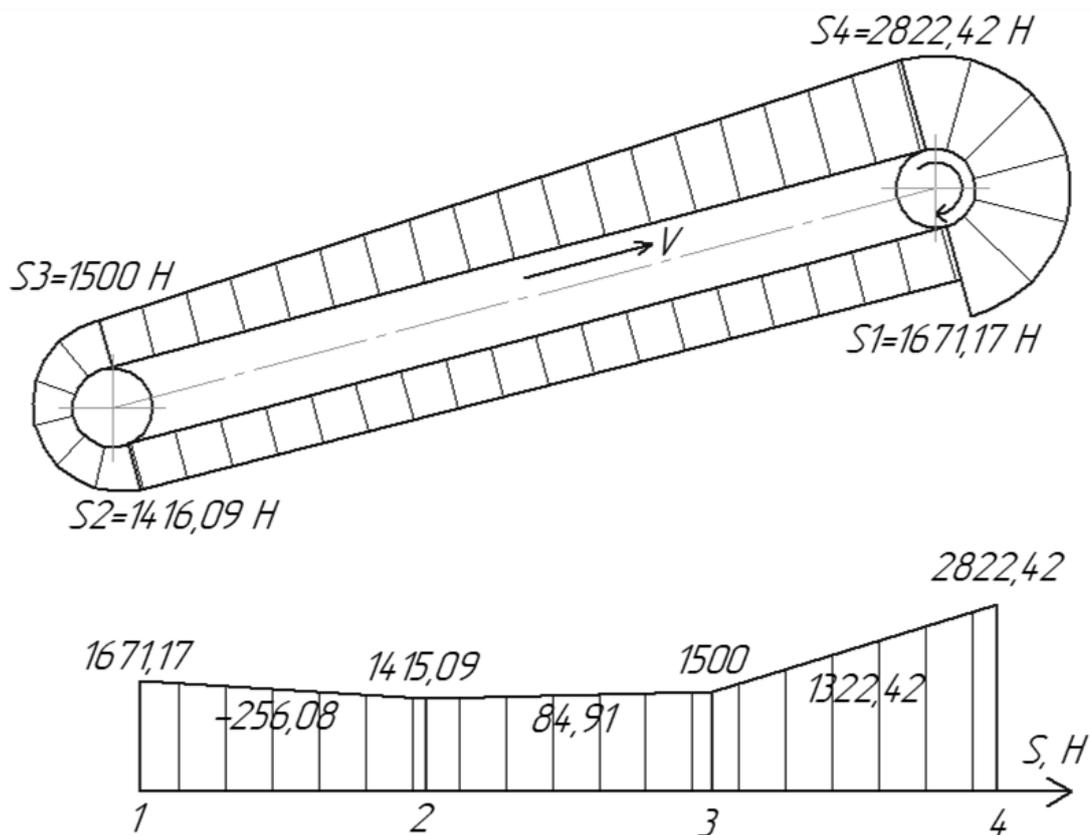


Рис. 3.10 – Эпюра распределения усилий по длине ленты

### 3.4.7 Проверка правильности выбора ленты

Производится по условию:

$$S_{max} \leq S_{пр} \cdot B \cdot i, \quad (3.15)$$

где  $S_{max} = S_4 = 2822,42 \text{ Н}$ ;

$S_{пр} = 22 \text{ Н/мм}$  – максимально допустимая рабочая нагрузка тяговой прокладки (табл. 3.18) (угол  $15^\circ$ , число прокладок 3, прочность  $200 \text{ Н/мм}$ );

$B = 800 \text{ мм}$  – ширина ленты;

$i = 3$  – число прокладок (табл. 3.4).

Таблица 3.18 – Предельно допустимая (расчетная) рабочая нагрузка тяговой прокладки для лент общего назначения

Угол установки конвейера (по осям конечных барабанов), град.	Число тяговых прокладок	$S_{пр}$ в зависимости от номинальной прочности прокладки, Н/мм, ширины			
		200	150	100	55
$<10^\circ$	$<5$	25	18	12	7
	$>5$	22	16	11	6
$>10^\circ$	$<5$	20	15	10	5.5
	$>5$	20	15	10	5.5

$$S_{пр} \cdot B \cdot i = 22 \cdot 800 \cdot 3 = 52800 \text{ Н} > 2822,42 \text{ Н},$$

т.е. условие выполняется.

Таким образом, выбрана лента:

Лента 2.1-800-3-ТК-200-2-6-2-А-РБ ГОСТ 20-2018.

Резинотканевая лента типа 2, подтипа 2.1, шириной 800 мм, с тремя обкладками из ткани ТК-200-2 с рабочей обкладкой толщиной 6 мм и нерабочей – 2 мм из резины класса А с резиновым бортом.

#### 3.4.8 Выбор размеров барабанов

Диаметр приводного барабана определяется с учетом числа тяговых прокладок ленты, см. табл. 3.4 ( $i = 3$ ):

$$D_{б.пр} \geq K_6 \cdot i, \quad (3.16)$$

где  $K_6$  – коэффициент, зависящий от вида прокладок.

$K_6 = 140 \dots 160$  для прокладок из комбинированных тканей;

$K_6 = 160 \dots 200$  для прокладок из синтетических тканей.

$$D_{б.пр} = K_6 \cdot i = 180 \cdot 3 = 540 \text{ мм.}$$

С учетом стандартного ряда размеров не футерованных барабанов стационарных конвейеров по ГОСТ 22644-77: 160, 200, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1600, и т.д. принимаем  $D_{б.пр} = 500$  мм.

Диаметр натяжного барабана  $D_{б.н} = (0,8 \dots 1,0) D_{б.пр}$ .

Принимаем диаметр натяжного барабана  $D_{б.н} = 0,8 \cdot D_{б.пр} = 400$  мм.

Длина барабанов принимается  $L_6 = B + 150$ , мм для ширины ленты  $B = 800 \dots 1000$  мм, т.е. длина барабанов  $L_6 = 800 + 150 = 950$  мм.

Удельное давление ленты на барабан не должно превышать допустимое:

$$p = \frac{360^\circ \cdot F}{\pi \cdot \alpha^\circ \cdot B \cdot D_{б.пр}} \leq [p], \text{ МПа} \quad (3.17)$$

где  $F = S_1 + S_4$  – усилие на ведущем барабане, Н;

$\alpha^\circ$  – угол охвата барабана лентой, град;

$B, D_{б.пр}$  – ширина ленты и диаметр барабана, мм.

$[p] = 0,010 \dots 0,016$  МПа – допустимая величина давления ленты на поверхность барабана, МПа.

$$p = \frac{360^\circ \cdot F}{\pi \cdot \alpha^\circ \cdot B \cdot D_{б.пр}} = \frac{360 \cdot (1671,17 + 2822,42)}{3,14 \cdot 180 \cdot 800 \cdot 500} = 0,0072 \text{ МПа} < 0,010 \text{ МПа}$$

Условие  $p \leq [p]$  выполняется.

Выбран приводной барабан 8050Ф-80. Ширина ленты 800 мм, диаметр барабана 500 мм, диаметр подшипника 80 мм, ход барабана 80.

#### 3.4.9 Выбор натяжного устройства

Усилие для перемещения натяжного барабана определяется по формуле (3.18):

$$S_{нат} = (S_{нб} + S_{сб} + W_{нат})k_2, \text{ Н} \quad (3.18)$$

где  $S_{нб} = S_4$  и  $S_{сб} = S_1$  – усилия натяжения ленты при набегании на барабан и сбегании с натяжного барабана определяют из тягового расчета;

$k_2 = 1,1$  – коэффициент, учитывающий потери в блоках для канатов грузового натяжного устройства;

$W_{нат} = 150...200$ , Н – потери на передвижение натяжного барабана, принимаем 180 Н.

$$S_{нат} = (S_{нб} + S_{сб} + W_{нат})k_2 = (2822,42 + 1671,174 + 180) \cdot 1,1 = 5140,96 \text{ Н}$$

Ход натяжного устройства:

$$l_{нат} = k_3 \cdot \varepsilon \cdot l, \text{ м} \quad (3.19)$$

где  $k_3$  – коэффициент, учитывающий угол наклона конвейера  $\beta$ :

$$k_3 = 0,85 \text{ при } \beta \leq 10^\circ; k_3 = 0,65 \text{ при } \beta > 10^\circ;$$

$l$  – длина трассы конвейера, м;

$\varepsilon$  – нормируемый показатель удлинения ленты на тканевой основе для материалов, указанных в табл. 3.2,  $\varepsilon \leq 0,035$ .

$$l_{нат} = k_3 \cdot \varepsilon \cdot l = 0,65 \cdot 0,035 \cdot 12,7 = 0,29 \text{ м.}$$

Выбрано винтовое натяжное устройство 8040-60-30. Ширина ленты 800 мм, диаметр барабана 400 мм, диаметр подшипника 60 мм, ход барабана 80.

#### 3.4.10 Выбор привода конвейера

Начинается с определения статической мощности привода и выбора электродвигателя, формула (3.20):

$$N_{\text{эд}} = \frac{K_3 \cdot F \cdot V_{\text{л}}}{10^3 \cdot \eta_{\text{м}}}, \text{ кВт} \quad (3.20)$$

где  $K_3 = 1,1 \dots 1,2$  – коэффициент запаса сцепления ленты с барабаном;

$F$  – тяговое усилие, рассчитанное по приближенной формуле (3.14), Н;

$V_{\text{л}}$  – скорость движения ленты, м/с;

$\eta_{\text{м}}$  – КПД приводного механизма, принимается в соответствии с рекомендациями курса деталей машин  $\eta_{\text{м}} = 0,8 \dots 0,9$ .

$$N_{\text{эд}} = \frac{K_3 \cdot F \cdot V_{\text{л}}}{10^3 \cdot \eta_{\text{м}}} = \frac{1,2 \cdot 1 \cdot 3663,7}{10^3 \cdot 0,85} = 5,17 \text{ кВт.}$$

Из каталога продукции [11] выбираем электродвигатель, асинхронный с короткозамкнутым ротором, с минимальной частотой вращения.

Выбран электродвигатель SEW EURODRIVE типа DRS 132 M4.

Стандартный двигатель DRS, типоразмер 132, 4 полюса, конструктивная длина М.

$N_{\text{ном}} = 7,5$  кВт;  $n_{\text{эд}} = 1445$  мин<sup>-1</sup>;  $\eta_{\text{пр}} = 87\%$ ;  $M_{\text{max}} / M_{\text{ном}} = 2,4$ ;  $M_{\text{пуск}} / M_{\text{ном}} = 1,9$ ;  $J_{\text{рот}} = 255$  кг/м<sup>2</sup>.

Частоту вращения приводного барабана определяют по формуле (3.21):

$$n_{\text{б}} = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot V_{\text{л}}}{\pi \cdot D_{\text{б.пр}}}, \text{ мин}^{-1} \quad (3.21)$$

где  $V_{\text{л}}$  – скорость движения ленты, м/с;

$D_{\text{б.пр}}$  – диаметр приводного барабана, мм.

$$n_{\text{б}} = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot V_{\text{л}}}{\pi \cdot D_{\text{б.пр}}} = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot 1}{3,14 \cdot 540} = 35,37 \text{ мин}^{-1}$$

Затем определяется общее передаточное отношение приводной станции (3.22):

$$U_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{эд}}}{n_{\text{б}}}, \quad (3.22)$$

$$U_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{эд}}}{n_{\text{б}}} = \frac{1445}{35,37} = 40,86.$$

Принимается  $U_{\text{пр}} = 40$ .

По мощности 7,5 кВт, и передаточному отношению 40 в каталоге [13] выбираем цилиндрический редуктор 5ЦЗ-350ES.

### 3.4.11 Проверка конвейера на самоторможение

В некоторых случаях при отключении привода для остановки конвейера возможно самопроизвольное обратное движение ленты под действием веса груза на наклонных участках. В этом случае привод должен снабжаться тормозом.

Для проверки берется наиболее неблагоприятный случай, когда груз имеется только на наклонном участке. Тогда усилие, стремящееся сдвинуть ленту вниз, будет равно  $q_{гр}H$ , а сопротивление, препятствующее обратному движению ленты, составит:

$$W_{обр} = (2 \cdot q_{л} + q_{р,р} + q_{р,х}) \cdot l \cdot w + q_{гр} \cdot H \cdot w, \text{ Н} \quad (3.23)$$

Если  $q_{гр}H < G_T W_{обр}$  ( $G_T = 0,55 - 0,65$  – коэффициент возможного уменьшения сопротивления движению), то тормоз не нужен. В противном случае – ставят тормоз.

$$\begin{aligned} W_{обр} &= (2 \cdot q_{л} + q_{р,р} + q_{р,х}) \cdot l \cdot w + q_{гр} \cdot H \cdot w \\ &= (2 \cdot 107,36 + 228,9 + 89,93) \cdot 12,7 \cdot 0,09 + 136,25 \cdot 3,29 \cdot 0,09 \\ &= 650,15 \text{ Н} \end{aligned}$$

$$G_T \cdot W_{обр} = 0,65 \cdot 650,15 = 422,6 \text{ Н}$$

$$q_{гр} \cdot H = 136,25 \cdot 3,29 = 447,85 \text{ Н} > 422,6 \text{ Н}$$

Тормозной момент, необходимый для удержания барабана от обратного вращения, Нм, определяется по формуле:

$$M_T^б = (q_{гр} \cdot H - G_T \cdot W_{обр}) \frac{D_{б,пр}}{2}, \text{ Нм} \quad (3.24)$$

$$M_T^б = (q_{гр} \cdot H - G_T \cdot W_{обр}) \frac{D_{б,пр}}{2} = (136,25 \cdot 3,29 - 422,6) \cdot \frac{0,5}{2} = 6,31 \text{ Нм}$$

Тормоз устанавливается на быстроходном валу и выбирается по расчетному тормозному моменту, Нм, на этом валу:

$$M_T^д = k_{зт} \frac{M_T^б}{U_{пр}} \eta_{пр}, \text{ Нм} \quad (3.25)$$

где  $U_{пр}$  – передаточное отношение редуктора (передачи);

$\eta_{пр}$  – КПД привода;

$k_{зт}$  – коэффициент запаса торможения при рабочем движении груза на наклонном участке вверх  $k_{зт} = 1$ , при движении вниз  $k_{зт} = 1,25$ .

$$M_T^A = k_{зт} \frac{M_T^6}{U_{пр}} \eta_{пр} = 1 \cdot \frac{6,31}{40} \cdot 0,87 = 0,14 \text{ Нм.}$$

Из Приложения 9 пособия [6, с. 222] подбираем тормозное устройство ТКП-100. Колодочный тормоз с электромагнитным приводом постоянного тока, диаметр тормозного шкива 100 мм.

#### 3.4.12 Проверка электродвигателя на пусковые нагрузки

Пуск электродвигателя под нагрузкой возможен при соотношении крутящих моментов:  $M_{пуск} > M_{ст}$ .

Минимальный пусковой момент электродвигателя  $M_{пуск}$  определяется по указанному в справочнике отношению  $M_{пуск} / M_{ном} = 1,9$ .

$$M_{ном} = 9550 \frac{N_{эд}}{n_{эд}}, \text{ Н/м} \quad (3.26)$$

где  $N_{эд}$  – мощность электродвигателя, кВт;

$n_{эд}$  – частота вращения вала двигателя, мин<sup>-1</sup>.

$$M_{ном} = 9550 \frac{N_{эд}}{n_{эд}} = 9550 \frac{7,5}{1445} = 49,57 \text{ Н/м.}$$

$$M_{пуск} = 1,9 \cdot M_{ном} = 1,9 \cdot 49,57 = 94,18 \text{ Н/м.}$$

Статический вращающий момент, приведенный к валу электродвигателя:

$$M_{ст} = M_6 \frac{1}{U_{пр} \cdot \eta_{пр}} = \frac{F \cdot D_{б.пр}}{2 \cdot 10^3 U_{пр} \cdot \eta_{пр}}, \text{ Н/м} \quad (3.27)$$

где  $F$  – тяговое усилие приводного барабана, Н;

$D_{б.пр}$  – диаметр приводного барабана, мм;

$U_{пр}$  – передаточное отношение привода;

$\eta_{пр}$  – КПД привода.

$$M_{ст} = \frac{F \cdot D_{б.пр}}{2 \cdot 10^3 U_{пр} \cdot \eta_{пр}} = \frac{3663,7 \cdot 540}{2 \cdot 1000 \cdot 40 \cdot 0,87} = 25,49 \text{ Н/м.}$$

Условие пуска электродвигателя  $M_{пуск} > M_{ст}$  выполняется.

## 4 АВТОМАТИКА

Для контроля хода тягового элемента конвейера разработан автоматизированный и ручной методы контроля.

Системы автоматизации должны обеспечивать дистанционное управление агрегатами установки, контролировать технические параметры процесса транспортирования и регулировать режимы работы аппаратов для достижения максимальной производительности.

Автоматический контроль работы конвейера осуществляется с помощью ряда датчиков, регистрирующих отклонение параметров от нормальной работы, подающих сигнал на главный пульт управления, при этом автоматически происходит остановка привода.

В учебном пособии [12] сказано, «Датчики, размещаемые на конвейере контролируют: переполнение загрузочной воронки; боковой сход ленты в результате ее децентровки; скорость ленты при ее пробуксовке на приводных барабанах; температуру рабочей поверхности приводных».

Система автоматизации конвейерной линии включает в себя (рис. 4.1):

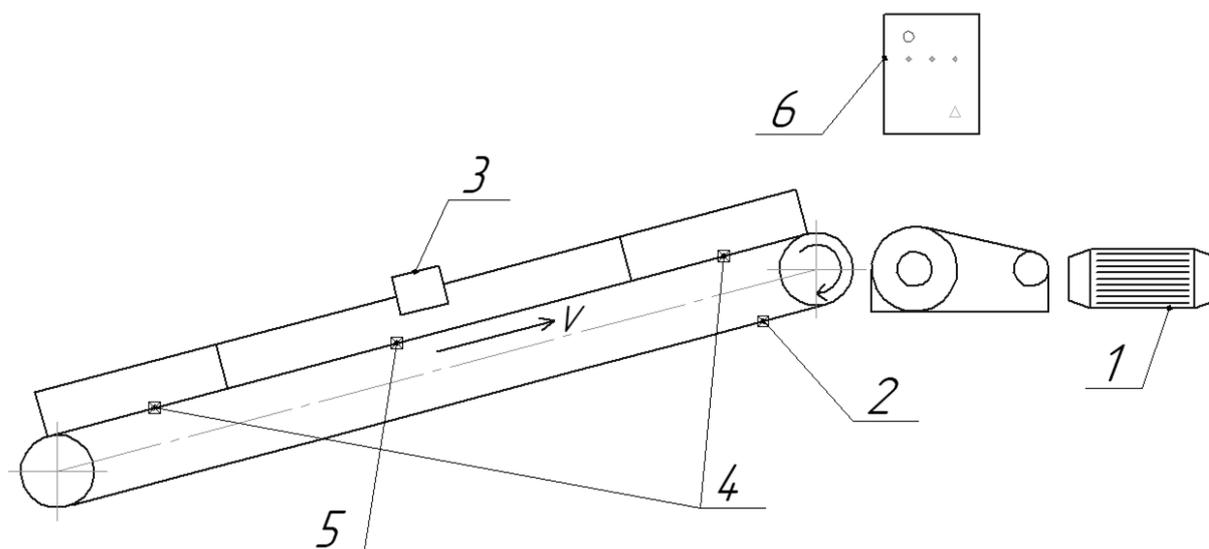


Рис. 4.1 – Схема расположения автоматических датчиков

1 – электропривод с устройством плавного пуска; 2 – устройство контроля скорости ленты; 3 – тросовый выключатель; 4 – рычажный выключатель; 5 – концевой выключатель; 6 – местный шкаф управления.

Во время включения асинхронного двигателя используется устройство плавного запуска 1, которое позволяет удерживать параметры двигателя (тока, напряжения и т.д.) в безопасных пределах. Его применение уменьшает пусковые токи, снижает вероятность перегрева двигателя, устраняет рывки в механических приводах, что, в конечном итоге, повышает срок службы электродвигателя. Это устройство плавно разгоняет и плавно останавливает привод.

Для контроля скорости ленты и предотвращения ее пробуксовки используются устройство контроля скорости ленты УКС 2. УКС состоит из магниточувствительного датчика и реле скорости. Один датчик кинематически связан с конвейерной лентой, другой – с приводным барабаном. При прохождении рядом с датчиком постоянного магнита, закреплённого на ленте и на барабане, на вход реле поступают электрические импульсы, частота которых пропорциональна линейной или угловой скорости механизма. Частоты сигналов двух датчиков сравниваются, если разница в частотах превышает допустимую, формируется релейный выходной сигнал либо на отключение привода конвейера, либо на включение предупредительной сигнализации.

В конвейерных системах на протяжении всего оборудования должна быть доступна функция аварийной остановки. Для этого вдоль всего конвейера выполняют тросовые выключатели 3. С двух сторон от выключателя смонтированы тросы с определенным натяжением. При вертикальном потягивании троса датчик обрыва подает сигнал и срабатывает переключающая функция, которая останавливает конвейер.

Наиболее частой проблемой конвейерных линий является сход ленты в сторону. Для решения этой неисправности используется рычажный выключатель 4. Рычажные выключатели (рис. 4.2) устанавливаются попарно справа и слева вдоль конвейера, в зоне загрузки и возле приводного барабана.

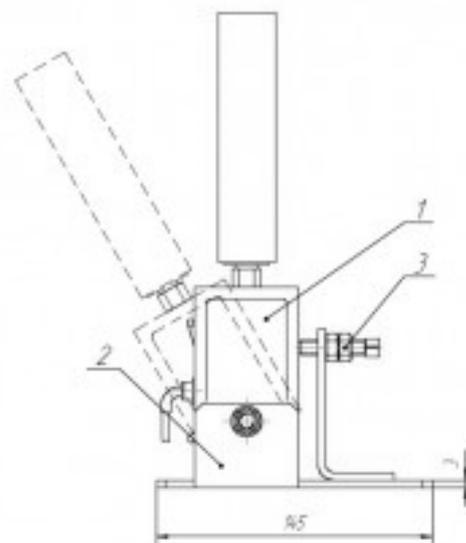


Рис. 4.2 – Рычажный валик

1 – датчик; 2 – кронштейн; 3 – упор.

При отклонении ленты от предусмотренной траектории рычаг валика соприкасается с боковой поверхностью ленты и вытесняется против силы внутренней пружины. При угле отклонения  $25^\circ$  происходит переключение. Если лента снова возвращается на свою дорожку, ручка валика следует этому движению и выполняет возврат в прежнее положение при угле отклонения в  $16^\circ$ . При появлении металлического предмета (ручки валика) в чувствительной зоне датчика происходит демпфирование электромагнитного поля, амплитуда колебаний встроенного генератора уменьшается и срабатывает пороговое устройство. Электронный ключ датчика формирует выходной сигнал (Замыкающий), а на корпусе датчика загорается сигнализирующий светодиод.

Также для экстренной остановки конвейера используется концевой выключатель 5 с рычагом. При возникновении неполадок или срабатывании сигнализации оператор отклоняет рычаг и происходит отключение привода.

Для отслеживания работы ЛК устанавливают шкаф управления 6, где также есть кнопки аварийной остановки привода.

Таким образом, все комплектующие для спроектированного ленточного конвейера указаны в Приложении Б.

## 5 МОНТАЖ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ

### 5.1 Монтаж оборудования

Перед непосредственно монтажом ленточного конвейера производят разработку проектно-сметной документации и монтажных работ с учетом расположения складов, подъездных путей, энергетического хозяйства.

«Конвейерные установки мощностью привода менее 500 кВт монтируют монтажные бригады самого предприятия.» [6]

Ленточные конвейеры монтируют на легких фундаментах, эстакадах и в транспортных галереях. Их установку осуществляют с помощью стреловых самоходных кранов. Подготовку к монтажу конвейера начинают с разбивки главной оси – ориентира, а затем осей приводной и натяжной станций, обращая особое внимание на привязку к осям примыкающих транспортных и технологических устройств. Сборку и сварку начинают с опорной металлоконструкции привода или натяжной станции, а затем монтируют среднюю часть.

На выверенную по шаблону, отвесам и уровню и закрепленную металлоконструкцию (рис. 5.1) устанавливают роlikоопоры, начиная с нижней (холостой) ветви, пока доступ к ней не закрыт роlikоопорами верхней ветви. Затем устанавливают роlikоопоры рабочей ветви и монтируют приводной барабан, а по его валу – редуктор и электродвигатель.

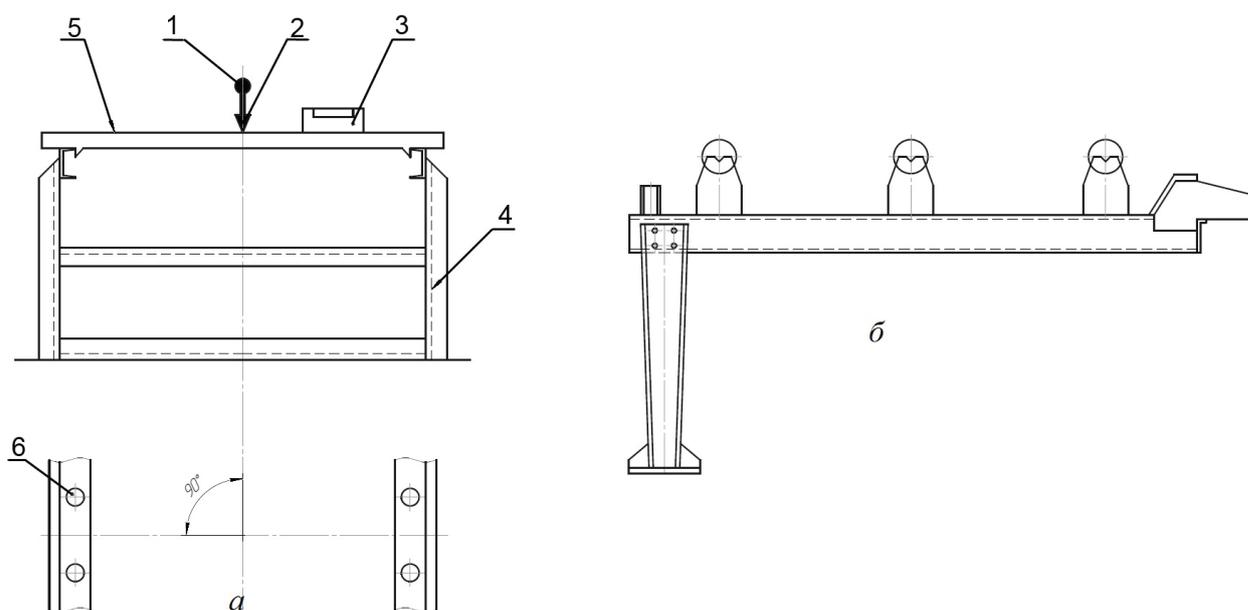


Рис. 5.1 – Схема подготовки металлоконструкции к монтажу:

а – подготовка к монтажу; б – секция конвейера; 1 – ориентир; 2 – отвес;  
3 – уровень; 4 – металлоконструкция; 5 – шаблон; 6 – отверстия.

Привод конвейера обкатывают до установки ленты, замеченные неисправности устраняют. Натяжной барабан устанавливают в крайнее положение, соответствующее минимальной длине конвейера.

Наибольшая ответственность монтажа необходима при установке приводной станции и роликового става в плане.

При установке приводных барабанов не допускается отклонение от перпендикулярности осей барабана и конвейера более чем на 0,5 мм на 1000 мм длины, смещение середины барабана относительно продольной оси конвейера должно быть не более 2 мм, жесткие требования предъявляются и к натяжным и к отклоняющим барабанам. Отклонение середины роликоопоры от продольной оси конвейера не должно превышать 3 мм. Опорная поверхность под роликоопору должна быть прямолинейной (отклонение не более  $\pm 1$  мм на 1000 мм длины), ролики должны легко вращаться.

После холостого испытания приводов, натяжных устройств и другого оборудования приступают к монтажу конвейерной ленты. Необходимая длина ленты определяется по формуле:

$$L = \sum \frac{\pi \cdot D_i}{360} \cdot \alpha_i + \sum L_i + L_T + l_c, \text{ м} \quad (5.1)$$

где  $D_i$  – диаметр огибания лентой барабанов, м;

$\alpha_i$  – угол изгиба ленты, град;

$L_i$  – длина прямолинейных участков, м;

$L_T$  – длина огибания барабанов разгрузочной тележки (если она имеется), м;

$l_c$  – длина стыка, м.

$$\begin{aligned} L &= \sum \frac{\pi \cdot D_i}{360} \cdot \alpha_i + \sum L_i + L_T + l_c \\ &= \frac{0,43 \cdot \pi}{360} \cdot 180 + \frac{0,53 \cdot \pi}{360} \cdot 180 + 12,7 + 12,7 + 0,4 = 27,31 \text{ м.} \end{aligned}$$

Для укладки ленты на обеих ветвях конвейера рулон ленты устанавливают со стороны конечной станции. Конец ленты прикрепляют к стальному канату, длина которого не меньше удвоенной длины конвейера (рис. 5.2).

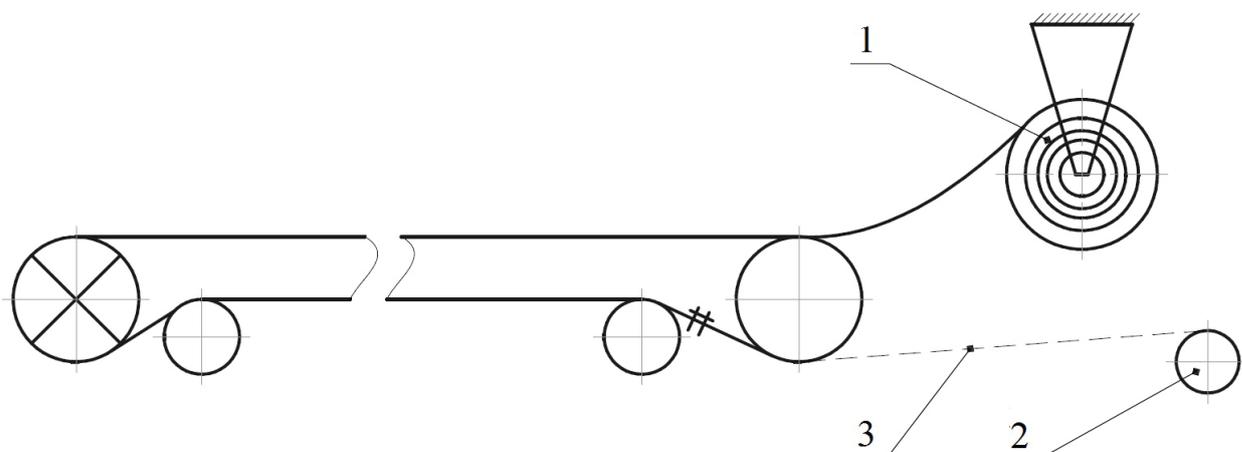


Рис. 5.2 – Схема навески ленты с помощью привода и лебедки:

1 – рулон ленты; 2 – барабан лебедки; 3 – канат.

Стальной канат 3 протягивают через холостую ветвь конвейера, огибают приводной барабан и протягивают к конечной станции, где уже присоединяют ленту из рулона 1 к канату. Затем с помощью лебедки канат протягивают обратно на барабан лебедки 2, он за собой тянет ленту, укладывая ее на роликоопоры. Трос отсоединяют от ленты и производят послойную проклейку ленты со стыком.

После монтажа всех узлов и электрооборудования производится тщательный осмотр и обкатка конвейера. Перед опробованием конвейера необходима установка защитных кожухов, бортов, течек, воронок, очистных устройств. Лента должна быть натянута расчетным усилием.

## 5.2 Проверка и обкатка оборудования

После монтажных работ ленточный конвейер должен пройти ряд испытаний перед его пуском в нормальном режиме:

1. Испытание на холостом ходу;
2. Испытание под нагрузкой.

Испытание станков на холостом ходу.

При испытаниях на холостом ходу проверяется работа всех механизмов, органов управления путем включения всех скоростей, нагрев подшипников, вращение роликов, отсутствие течи масла из редуктора, контроль исправной подачи охлаждающей жидкости и смазки станка, контроль правильности движения ленты (рис. 5.3). При сходе ленты с приводного барабана или с роликоопор конвейер останавливают.

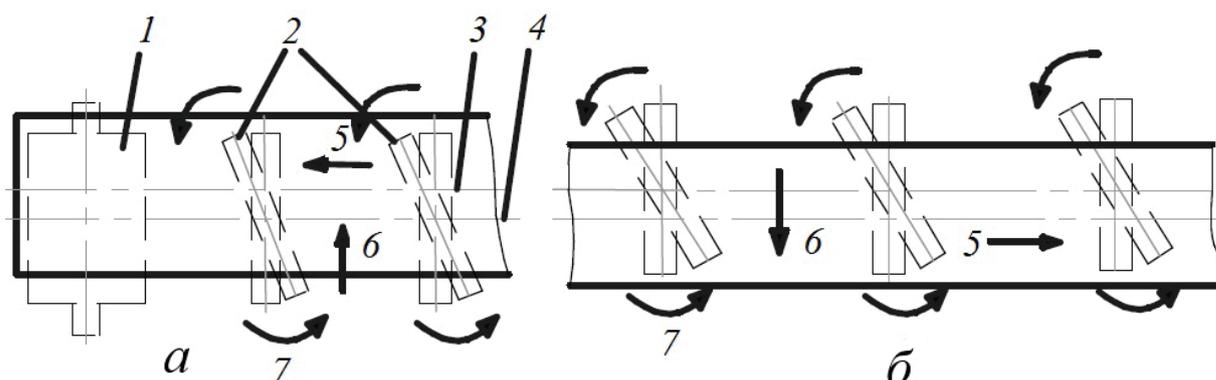


Рис. 5.3 – Регулировка верхних роликоопор ленточного конвейера при сходе ленты:

а – с приводного барабана; б – в средней части; 1 – приводной барабан; 2 – роликоопоры; 3, 4 – оси ленты и конвейера; 5, 6, 7 – направления движения ленты, ее схода и разворота роликоопор.

После пуска конвейера последовательно включаются все рабочие скорости, при том на наибольшей скорости он должен проработать не менее 2-ух часов. При наибольшем числе оборотов редуктора температура подшипников шпинделя не должна превышать 60°С для подшипников скольжения; 70°С для подшипников качения всех станков. В других узлах температура должна быть не выше 50°С.

Проверяется также исправная работа всех автоматических датчиков. Особое внимание уделяют системе безопасности и уровню шуму и вибрации от промышленного оборудования. Во время испытания станок должен работать плавно, без толчков и сотрясений, вызывающих вибрацию станка.

Испытание станков в работе под нагрузкой.

При опробовании под нагрузкой в течение 12 часов выполняются аналогичные проверки и регулировки, как при опробовании вхолостую. «Под полной нагрузкой станок должен проработать не менее 30 минут. Допускается кратковременная перегрузка электродвигателя (сверх его номинальной мощности).» [14]

Проверяются загрузочные и разгрузочные устройства. Для попадания груза на середину ленты необходимо соблюдать правильность загрузки и разгрузки конвейера и положения загрузочных устройств. Просыпание груза в местах разгрузки устраняют регулированием приемных устройств. При опробовании наклонных конвейеров под нагрузкой (при полностью загруженной ленте) проверяют работу тормозов и остановов, препятствующих движению загруженного конвейера в обратном направлении при выключении двигателя. Натяжение ленты регулируется в соответствии с ее загрузкой.

При испытании станка в работе под нагрузкой все механизмы, электроаппаратура и другие устройства должны работать исправно и без перебоев.

Проверяются скорости главного движения. Разница между ними и скоростями, развиваемыми на холостом ходу, не должна превышать 5%.

Проверяется также надежность действия отдельных устройств, предназначенных для защиты от перегрузок, таких как устройство плавного пуска и останова электродвигателя.

### **5.3 Планирование ремонтных работ**

Система технического обслуживания и ремонта (ТОиР) – это комплекс организационных и технологических мероприятий по обслуживанию и ремонту оборудования, включающий их планирование, подготовку и реализацию с заданной последовательностью и периодичностью.

В учебном пособии [15] авторы считают, что «система ТОиР имеет следующие задачи:

- поддержание оборудования в работоспособном состоянии и предотвращение неожиданного выхода его из строя;

- снижение трудовых и материальных затрат на ремонт и техническое обслуживание;
- правильную организацию технического обслуживания и ремонта оборудования;
- увеличение коэффициента технического использования оборудования за счет повышения качества технического обслуживания и ремонта, и уменьшения простоя в ремонте;
- совмещение капитального ремонта и модернизации оборудования;
- возможность выполнения ремонтных работ по графику, согласованному с планом производства;
- механизация и автоматизация производства;
- своевременную подготовку необходимых запасных частей и материалов.»

Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания включает в себя:

- техническое обслуживание;
- текущий ремонт;
- капитальный ремонт.

Техническое обслуживание (ТО) – это комплекс работ и осмотров оборудования для поддержания его в работоспособном состоянии между плановыми ремонтами.

ТО включает в себя правильную эксплуатацию оборудования и отслеживание его работы, содержание его в исправном состоянии, регулирование технических параметров, промывку, чистку, замену масла и смазок, проведение осмотров.

Осмотры могут проводиться как ежемесячно (каждую смену без остановки оборудования), так и периодически (во время перерывов, нерабочих дней и смен по производственному календарю). Основным назначением периодического ТО является устранение дефектов наиболее ответственных узлов и

деталей оборудования, которые не могут быть обнаружены или устранены во время работы оборудования. Во время ТО устанавливается также объем работ предстоящего ремонта.

«Текущий ремонт (ТР) – это ремонт, осуществляемый для восстановления работоспособности оборудования и состоящий в замене и (или) восстановлении его отдельных составных частей.» [16]

В источнике [16] также сказано, «Капитальный ремонт (КР) – ремонт, выполняемый для обеспечения исправности и полного или близкого к полному восстановления ресурса оборудования с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые (под базовой понимают основную часть оборудования, предназначенную для компоновки и установки на нее других составных частей).»

Период работы оборудования с проектной эффективностью после ремонта должен составлять не менее 80% от эффективности нового оборудования (после КР).

Также существует «Аварийный ремонт – это неплановый ремонт, вызванный дефектами конструкции или изготовления оборудования, дефектами ремонта и нарушениям правил технической эксплуатации.» [17]

Способы организации ремонтного обслуживания производства:

- Децентрализованная (основные ремонтные работы выполняются производственными подразделениями предприятия);
- Централизованная (в составе предприятия есть специализированное подразделение, занимающееся ремонтом производственного фонда);
- Смешанная (совмещает в себе работу двух подразделений).

На предприятии ООО «АСК Цемент» был выбран централизованный способ организации, так как это более эффективно. Рабочий фонд предприятия занят своими непосредственными обязанностями, в то время как специальный ремонтный цех осуществляет восстановление оборудования.

Методы ремонта:

- Узловой (При этом методе все неисправные узлы агрегата отдают в ремонтный цех и заменяют их запасными, заранее заказанными или отремонтированными. Такой метод значительно сокращает простой оборудования. Применяется для одноименного оборудования цеха, детали которого взаимозаменяемы; для основных машин предприятия.)
- Поузловой (последовательно-узловой) (Заключается в том, что основные узлы машины поочередно ремонтируют во время плановых остановок. Применяется для наиболее сложного и нагруженного оборудования, такого как вращающаяся печь; для подъемно-транспортного оборудования, обслуживающего весь цех; для дорогостоящего оборудования, части которого нецелесообразно закупать сразу, как при узловом методе.)

Цех добавок имеет большое количество однотипных конвейеров, поэтому их части (такие как роlikоопоры, лента, датчики) эффективнее ремонтировать узловым методом. А вот замену электрооборудования проводят во время капитального ремонта.

#### **5.4 Структура ремонтно-механического цеха**

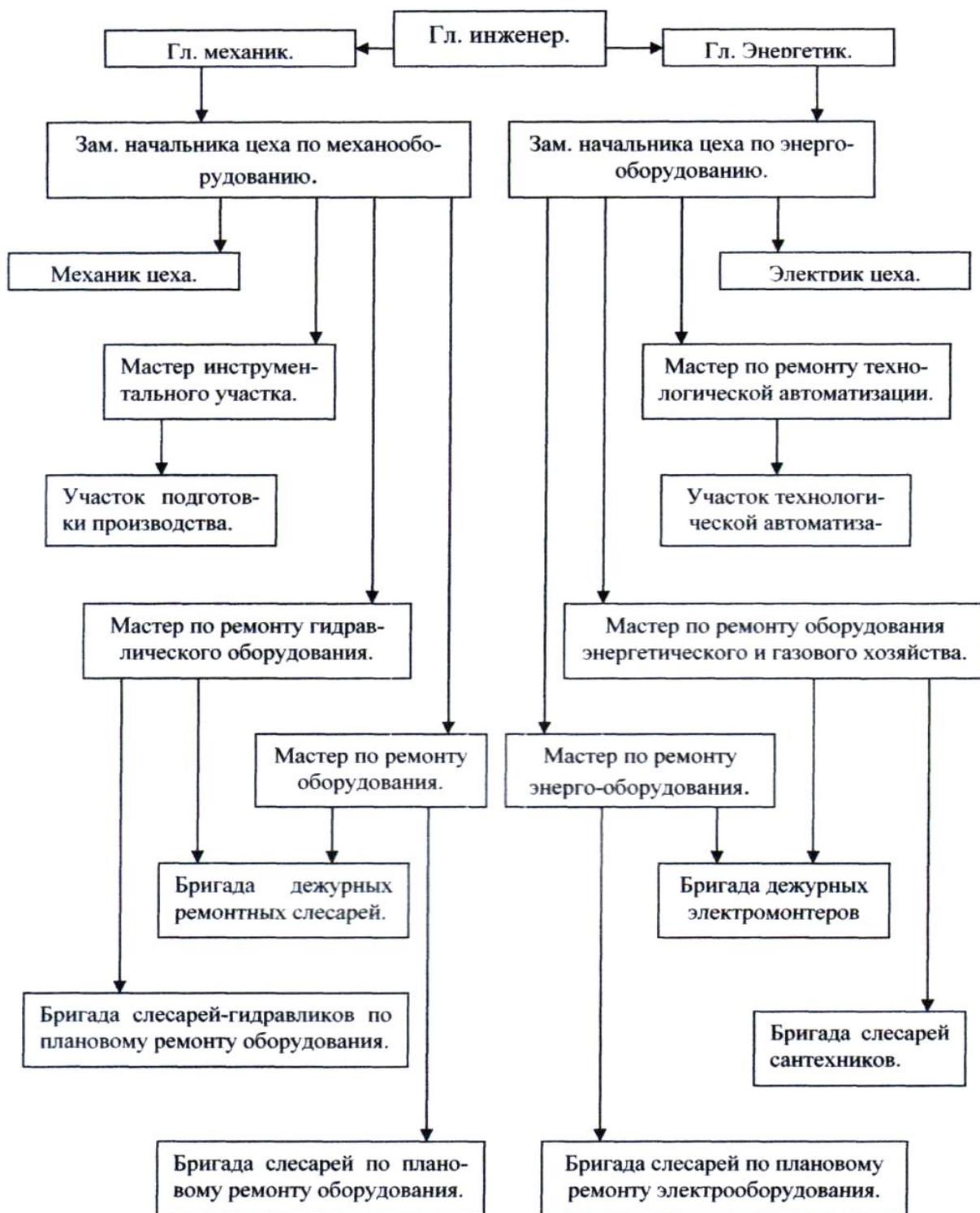


Рис. 5.4 – Структура ремонтно-механического цеха предприятия

### 5.5 Ремонтный цикл

Ремонтный цикл – продолжительность работы между двумя капитальными ремонтами, включающая в себя чередование ТО и КР в определенной последовательности.

Таблица 5.1 – Исходные данные

Оборудование	Вид ремонта	Периодичность, ч	Простой, ч	Трудоемкость, чел./ч
Ленточный конвейер В = 0,8 м L = 12,7 м	ТО	720	7	10
	ТР	1440	32	48
	КР	17280	152	120

Ленточный конвейер работает 21 ч в сутки, 25,6 дня в месяц, используется по времени = 87,5%. Производство с непрерывным режимом работы.

- 1) Определение цикла капитальных ремонтов

$$\text{Ц} = \text{Ц}_{\text{кр}} = 17280 \text{ ч} = \frac{17280}{8640} = 2 \text{ года} \quad (5.2)$$

где 17280 – периодичность капитального ремонта, ч;

8640 – время работы оборудования в год, ч (по системе ТО и Р для непрерывного производства).

- 2) Определение цикла текущих ремонтов

$$\text{Ц}_{\text{тр}} = 1440 \text{ ч} = \frac{1440}{720} = 2 \text{ мес.} \quad (5.3)$$

где 1440 ч – периодичность текущего ремонта, ч;

720 ч – время работы оборудования в месяц, ч (по системе ТО и Р).

- 3) Определение цикла технических обслуживаний

$$\text{Ц}_{\text{то}} = 720 \text{ ч} = \frac{720}{720} = 1 \text{ мес.} \quad (5.4)$$

где 720 ч – периодичность технического обслуживания, ч;

720 ч – время работы оборудования в месяц, ч (по системе ТО и Р).

- 4) Определение числа капитальных ремонтов

$$n_{\text{кр}} = \frac{\text{Ц}}{\text{Ц}_{\text{кр}}}, (\text{const}) \quad (5.5)$$

где Ц, Ц<sub>кр</sub> – цикл капитальных ремонтов, ч (5.2);

$$n_{\text{кр}} = \frac{\text{Ц}}{\text{Ц}_{\text{кр}}} = \frac{17280}{17280} = 1 \text{ шт.}$$

- 5) Определение числа текущих ремонтов

$$n_{\text{тр}} = \frac{\text{Ц}}{\text{Ц}_{\text{тр}}} - n_{\text{кр}}, (\text{const}) \quad (5.6)$$

где Ц – цикл капитальных ремонтов, ч (5.2);

Ц<sub>тр</sub> – цикл текущих ремонтов, ч (5.3);

n<sub>кр</sub> – число капитальных ремонтов (5.5).

$$n_{\text{тр}} = \frac{\text{Ц}}{\text{Ц}_{\text{тр}}} - n_{\text{кр}} = \frac{17280}{1440} - 1 = 11 \text{ шт.}$$

б) Определение числа технических обслуживаний

$$n_{\text{то}} = \frac{\text{Ц}}{\text{Ц}_{\text{то}}} - n_{\text{кр}} - n_{\text{тр}}, (\text{const}) \quad (5.7)$$

где Ц – цикл капитальных ремонтов, ч (5.2);

Ц<sub>то</sub> – цикл технических обслуживаний, ч (5.4);

n<sub>кр</sub> – число капитальных ремонтов (5.5);

n<sub>тр</sub> – число текущих ремонтов (5.6).

$$n_{\text{то}} = \frac{\text{Ц}}{\text{Ц}_{\text{то}}} - n_{\text{кр}} - n_{\text{тр}} = \frac{17280}{720} - 1 - 11 = 12 \text{ шт.}$$

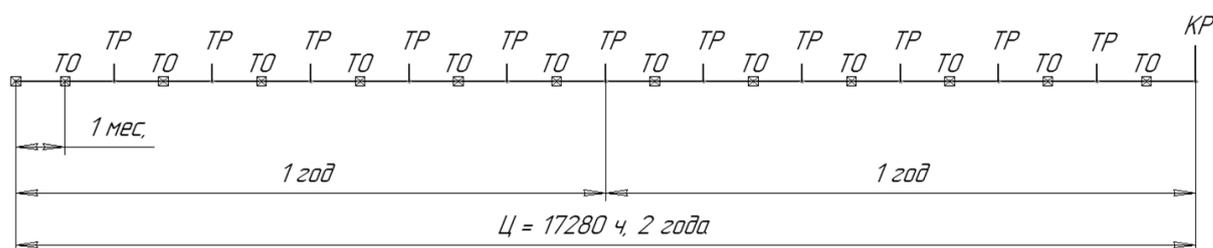


Рис. 5.5 – Ремонтный цикл

7) Простой в ремонте

Из рисунка видно, что в первый год оборудование проходит 6 технических обслуживаний и 6 текущих ремонтов, следовательно:

$$\text{Пр}_1 = 6 \cdot \text{Пр}_{\text{то}} + 6 \cdot \text{Пр}_{\text{тр}}, \text{ ч} \quad (5.8)$$

где Пр<sub>то</sub> = 7 ч – продолжительность простоя при техническом обслуживании;

Пр<sub>тр</sub> = 32 ч – продолжительность простоя при текущем ремонте.

$$\text{Пр}_1 = 6 \cdot \text{Пр}_{\text{то}} + 6 \cdot \text{Пр}_{\text{тр}} = 6 \cdot 7 + 6 \cdot 32 = 234 \text{ ч}$$

Из рисунка видно, что во второй год оборудование проходит 6 технических обслуживаний, 5 текущих ремонта и 1 капитальный ремонт, следовательно:

$$\text{Пр}_2 = 6 \cdot \text{Пр}_{\text{то}} + 5 \cdot \text{Пр}_{\text{тр}} + \text{Пр}_{\text{кр}}, \text{ ч} \quad (5.9)$$

где  $\text{Пр}_{\text{кр}} = 152$  ч – продолжительность простоя при капитальном ремонте.

$$\text{Пр}_2 = 6 \cdot \text{Пр}_{\text{то}} + 5 \cdot \text{Пр}_{\text{тр}} + \text{Пр}_{\text{кр}} = 6 \cdot 7 + 5 \cdot 32 + 152 = 354 \text{ ч}$$

8) Годовой фонд рабочего времени

$$\Phi_i = 8640 - \text{Пр}_i, \text{ ч} \quad (5.10)$$

где  $\text{Пр}_i$  – продолжительность простоя ( $i = 1$  год), ч;

8640 – время работы оборудования в год, ч (по системе ТО и Р для непрерывного производства).

$$\Phi_1 = 8640 - \text{Пр}_1 = 8640 - 234 = 8406 \text{ ч}$$

$$\Phi_2 = 8640 - \text{Пр}_2 = 8640 - 354 = 8286 \text{ ч}$$

9) Трудозатраты

$$\text{Тз}_1 = 6 \cdot \text{Тз}_{\text{то}} + 6 \cdot \text{Тз}_{\text{тр}}, \text{ ч} \quad (5.11)$$

где  $\text{Тз}_{\text{то}} = 10$  чел./ч – трудозатраты при техническом обслуживании;

$\text{Тз}_{\text{тр}} = 48$  чел./ч – трудозатраты при текущем ремонте.

$$\text{Тз}_1 = 6 \cdot \text{Тз}_{\text{то}} + 6 \cdot \text{Тз}_{\text{тр}} = 6 \cdot 10 + 6 \cdot 48 = 348 \text{ чел./ч}$$

$$\text{Тз}_2 = 6 \cdot \text{Тз}_{\text{то}} + 5 \cdot \text{Тз}_{\text{тр}} + \text{Тз}_{\text{кр}}, \text{ ч} \quad (5.12)$$

где  $\text{Тз}_{\text{кр}} = 120$  чел./ч – трудозатраты при капитальном ремонте.

$$\text{Тз}_2 = 6 \cdot \text{Тз}_{\text{то}} + 5 \cdot \text{Тз}_{\text{тр}} + \text{Тз}_{\text{кр}} = 6 \cdot 10 + 5 \cdot 48 + 120 = 420 \text{ чел./ч}$$

## 6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 6.1 Безопасность проекта

ООО «АСК Цемент» находится в Свердловской области, рядом с городом Сысерть.

Проектируемый ленточный конвейер находится в цехе добавок и помола клинкера и предназначен для транспортировки гипса со склада в бункер. Помол гипса сухим способом довольно шумный и энергозатратный процесс. В цехе много открытых ленточных конвейеров, которые под действием вибраций от работы мельницы и электродвигателей растрясает мелкодисперсные материалы и образуют большое количество пыли. Также в цехе много вращающихся элементов. Для всех этих процессов необходимо организовать защиту.

#### 6.1.1 Требования по охране труда

Для ленточных конвейеров, расположенных под углом, предусмотрены тормозные устройства для предотвращения обратного движения ленты под действием груза. Для предотвращения боковых смещений ленты установлены центрирующие дефлекторные ролики. Для предотвращения пробуксовки ленты установлен датчик скорости с сигнализацией.

Движущиеся части конвейеров (приводные, натяжные и отклоняющие барабаны, натяжные устройства, опорные ролики и ролики нижней ветви ленты в зонах рабочих мест, открытые передачи, шкивы, муфты), к которым возможен доступ обслуживающего персонала, должны быть ограждены. Защитные ограждения должны быть откидные (на петлях, шарнирах) или съемные. Ограждения приводных, натяжных и отклоняющих барабанов ленточных конвейеров должны закрывать сверху и с торцов барабаны и участки ленты, набегающей на барабаны, на длине не менее  $R+1$ , м ( $R$  – радиус барабана). Ограждения изготавливаются из листовой стали и сетки с ячейкой 20x20 мм.

Переходы и мосты для технического обслуживания сделаны с рифленой поверхностью.

Уровни вибрации на рабочих местах обслуживания конвейеров не должны превышать значения установленных санитарными нормами.

Температура окружающего воздуха:

- для электрооборудования, размещенного в отапливаемых помещениях (шкафы, пульты управления и т.д.) от  $+5^{\circ}$  до  $+35^{\circ}$  С, при относительной влажности  $30 \div 80$  %;
- для электрооборудования, размещенного в неотапливаемых помещениях и открыто на механизмах (электродвигатели, силовые трансформаторы, датчики, аппараты управления и т.д.) от  $-25^{\circ}$  до  $+35^{\circ}$  С, при относительной влажности  $30 \div 90$  %.

Запыленность рудничной пылью (не токопроводящей):

- для электрооборудования, устанавливаемого в помещениях - до  $10 \text{ мг/м}^3$ ;
- для электрооборудования, устанавливаемого открыто - до  $115 \text{ мг/м}^3$ .

При работе электрооборудование подвергается воздействию:

- вибрации в вертикальной плоскости с ускорением  $I_d$ , частотой  $2 \div 19$  Гц;
- одиночных ударов с ускорением  $I_d$ , длительностью  $30 \div 40$  мс;

Режим работы конвейера – круглосуточный, круглогодичный.

На конвейере приняты напряжения:

- питающее  $3 \sim 50$  Гц, 6000 В;
- высоковольтных потребителей  $3 \sim 50$  Гц, 6000 В;
- низковольтного потребления  $3 \sim 50$  Гц, 220 В, 380 В;
- цепей управления и сигнализации 50 Гц, 220 В, 380 В, -24 В, -220 В;
- цепей рабочего освещения 50 Гц, 220 В.

Колебания напряжения питающей сети  $\pm 15\%$

Все оборудование в цехе соответствует требованиям безопасности по ГОСТ 12.02.044 – 80.

6.1.2 Требования по борьбе с шумом и вибрацией

Шум вредно действует на организм и снижает производительность труда. В зависимости от уровня и спектра шума воздействие его на организм человека различно: нормой является шум с уровнем 50 дБ, а шум с уровнем 80 дБ затрудняет разборчивость речи, вызывает снижение работоспособности и мешает нормальному отдыху; шум с уровнем 100-120 дБ на низких частотах и 80-90 дБ на средних и высоких частотах может вызывать необратимые изменения и привести к понижению слуха, а в дальнейшем к развитию тугоухости, шум с уровнем 120-140 дБ способен вызвать механическое повреждение органов слуха.

В производственных помещениях уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Защиту от шума следует выполнять в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности и СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.

Основным источником шума в цехе являются электроприводы. Для снижения их шума необходимо своевременно производить смазку подшипников и устранять зазоры в соединениях.

Источником вибрации является лента. Основные причины ее колебаний представлены на рисунке 6.1 [18]. Соответственно, от них зависит и устранение проблемы.

Для предотвращения вибраций при повышении скорости движения на электроприводе установлено устройство плавного пуска, смягчающее резкость движений. При недостатке натяжения машинист его увеличивает и т.д.

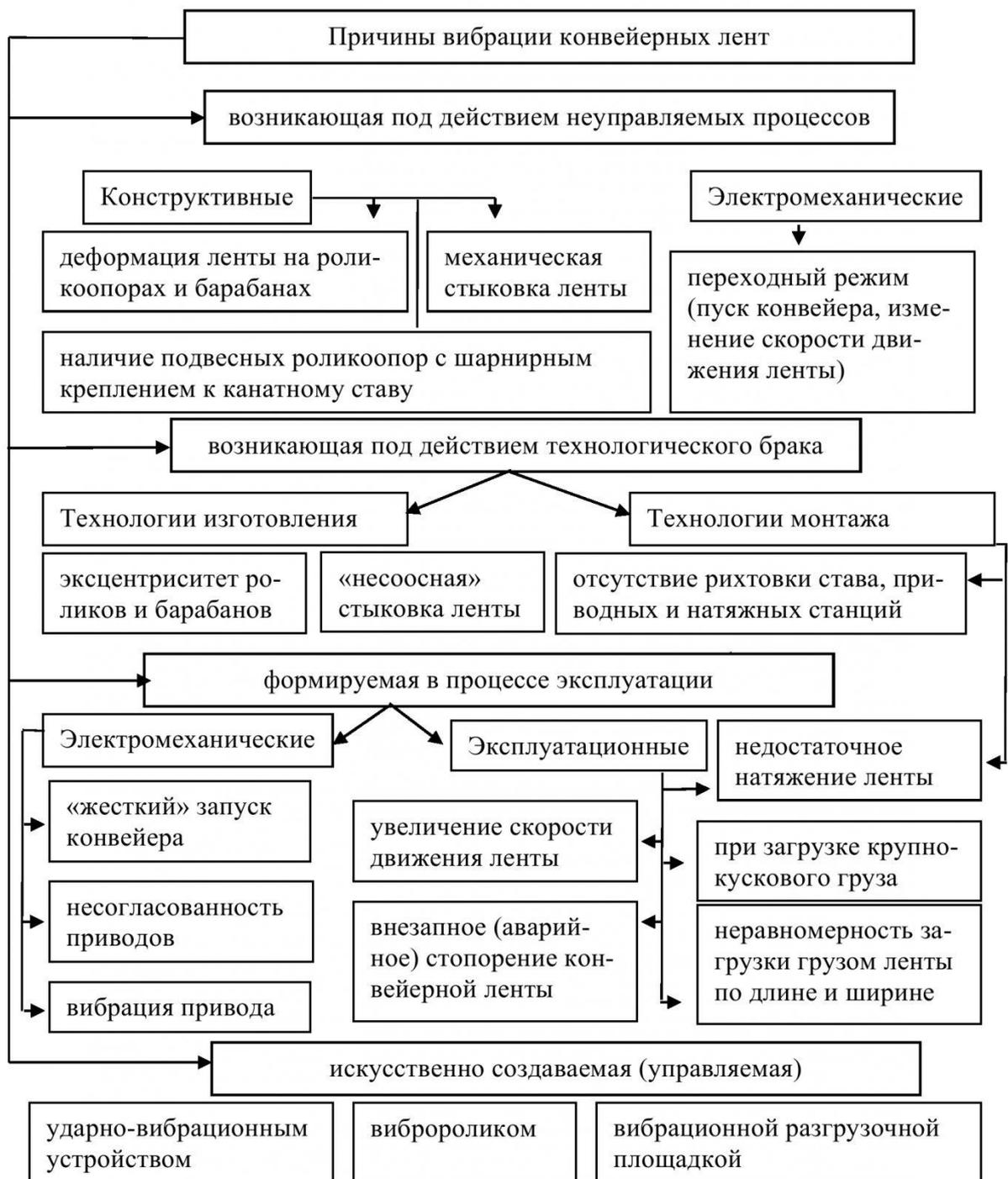


Рис. 6.1 – Причины вибрации конвейерных лент

### 6.1.3 Защита от механического травмирования

Механическое травмирование в цехе может быть вызвано при соприкосновении с вращающимися частями конвейера:

- клиноременной передачей редуктора;
- натяжным барабаном;
- приводным барабаном.

Для обеспечения безопасности при эксплуатации и обслуживании ЛК предусмотрены следующие мероприятия:

- на все клиноременные передачи устанавливаются защитные кожухи;
- вокруг концевых барабанов устанавливается защитное ограждение.

#### 6.1.4 Требования к освещенности

Требования к освещению помещений устанавливает СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».

В цехе предусмотрено совместное освещение, то есть в дневное время суток используются и естественное, и искусственное, так как бокового солнечного света недостаточно.

В бытовых и подсобных помещениях используются лампы накаливания. Кроме того, цех имеет аварийное освещение, наименьшая освещенность которого составляет 5% рабочей освещенности. Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность в помещениях, на полу основных проходов и на ступенях не менее 0,5 лк.

Таблица 6.1 – Освещенность рабочих мест

Объект	Освещенность, лк
Пульт управления	30
Пульт управления со средствами отображения информации	150
Стол для записей	150
Зона объекта различения	75
Зона ремонтных и профилактических работ	100

#### 6.1.5 Требования к электробезопасности

Электробезопасность обеспечивается соблюдением ряда условий, согласно ГОСТ 12.1.038-82.

- предусмотрена электроизоляция токоведущих частей;
- электроаппаратура размещена в защитных шкафах;
- все элементы оборудования имеют защитные заземления и зануление по ГОСТ 12.1.019 – 79 и ГОСТ 12.1.030 – 081.

Основными нормативными документами по защите от поражения электрическим током являются ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность: Общие

требования» и ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», ПУЭ «Правила устройства электроустановок. Издание 7».

При выполнении работ по ремонту и наладке электрооборудования на конвейере, строго выполнять требования правил безопасности по снятию напряжения ограждению мест работы и вывешиванию предупредительных плакатов с надписями «Не включать - работают люди», «Стой - высокое напряжение», «Стой - опасно для жизни», «Работать здесь», и др.

На конвейере всегда должны иметься в наличии исправные и прошедшие испытания в установленные сроки изолирующие защитные средства, диэлектрические боты, перчатки, резиновые коврики, указатели напряжения штанги, переносные защитные заземления и др.

Переносные заземления изготавливаются на месте и должны удовлетворять следующим условиям:

- провода для закорачивания и заземления должны быть выполнены из гибких медных жил сечением не менее 25 мм<sup>2</sup>;
- зажимы для присоединения закорачивающих проводов должны быть такой конструкции, чтобы при прохождении тока короткого замыкания переносное заземление не было сорвано с места динамическими усилиями;
- все присоединения элементов переносного заземления должны быть выполнены прочно и надежно путем опрессования, сваривания, скручивания с последующей пайкой (применение одной только пайки запрещается).

При наложении заземления сначала присоединяют заземляющих провод к земле, затем проверяют отсутствие напряжения на заземляемых токоведущих частях, после чего зажимы закорачивающих проводов с помощью штанги накладывают на токоведущие части и закрепляют там этой же штангой или руками, в диэлектрических перчатках.

Все работы, связанные с измерением переносными приборами: токоизмерительными клещами, мегомметром и др. производится в установках

напряжением свыше 1000 В двумя лицами: одно из которых должно иметь квалификацию не ниже IV группы, а в установках ниже 1000 В – одним лицом, с квалификацией не ниже III-й группы.

При работах со снятием напряжения с конвейера или участков схем для выполнения работ следует:

1. Отключить напряжение, при этом должны быть обесточены токоведущие части, на которых будут производиться работы.

2. Вывесить плакаты на всех рукоятках приводов распределительных устройств с надписями «не включать – работают люди» и т.д. Снимать плакаты может только то лицо, которое их выносило.

3. Проверить отсутствие напряжения исправным и проверенным указателем напряжения.

4. Разрядить кабель от емкостных токов.

5. Наложить переносные заземления.

6.1.6 Требования к пожарной безопасности

Регламентирующий документ: ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования; Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 "О противопожарном режиме" (с изменениями и дополнениями).

При работе конвейера опасность возникновения пожара в большинстве случаев возникает из-за перегрузок, возникающих в электродвигателях, электрооборудовании, электросетях. В результате этого возможен их нагрев или искрение, что в последствии может привести к короткому замыканию. При коротком замыкании сопротивление электрической цепи уменьшается, приближаясь к нулю и, согласно закону Ома, электрический ток возрастает до величины много превышающей номинальное значение. По закону Джоуля-Ленца, количество выделяемого тепла пропорционально силе тока, поэтому происходит быстрое выделение тепла, загорается изоляция или другие горючие материалы.

Допустимой по условиям пожаробезопасности является температура нагрева приводных барабанов конвейеров  $65 \pm 10$  °С. Так как такая температура возникает при пробуксовках свыше 25%, то средства защиты должны отключать привод конвейера при снижении скорости ленты до 75% номинальной ее величины. Для этого используются датчики (реле) скорости типа УПДС, оборудованные устройствами блокировки, исключающими возможность повторного включения конвейера в случае превышения регулируемого параметра в установленных пределах. Выходной сигнал от датчика скорости (пробуксовки) поступает в цепи управления магнитной станции или пускатель.

В случае возгорания электрооборудования запрещается тушить его водой, пенными огнетушителями или другими жидкостями. Следует в первую очередь отключить поврежденный участок, тушение пожара производить углекислотными огнетушителями или песком, не касаясь электроустановки.

При тушении электроустановок напряжением свыше 1000 В, в целях предотвращения поражения электрическим током, людям, работающим со стволками, следует надевать поверх электротехнических перчаток перчатки из латунной сетки. Последние заземляют проводом под спецодеждой с подошвами из латуни или меди.

## **6.2 Прогнозирование чрезвычайных ситуаций**

Возникновение чрезвычайных ситуаций по техническим причинам в пределах допустимого риска. Наиболее вероятно возникновение пожара. Также возможно возникновение чрезвычайных ситуаций, связанных с природными явлениями (ураган, наводнение, пожар, вызванный грозой), социальными, политическими и экологическими.

Для предотвращения ударов молнии в здании цеха выполнена молнезащита 3-й категории.

На случай возникновения чрезвычайной ситуации предусмотрены маршруты эвакуации, схемы которых отображены на специальном плакате, находящемся в помещении цеха. В цехе ответственность за координацию действий персонала в случае возникновения ЧС возложена на определенного человека.

## 7 ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### 7.1 Экологичность проекта

Так как в цехе добавок открыто перемещаются мелкодисперсные пылящие материалы, необходимо спроектировать эффективное очищение воздуха внутри помещения без выброса вредных веществ в атмосферу.

7.1.1 Краткая природно-климатическая характеристика района расположения предприятия

ООО «АСК Цемент» расположен в пределах Сысертского района Свердловской области, поселок Габиевский, Юго-Западнее 700 метров.

Район строительства, согласно СНиП 2.01.01 – 82 IV, характеризуется резко континентальным климатом.

Основные климатические характеристики:

1. Средняя температура наиболее холодных суток - 39°C;  
Средняя температура наиболее холодной пятидневки - 35°C  
Расчетные параметры наружного воздуха:
  - для проектирования отопления - 31°C
  - для проектирования вентиляции:
    - холодный период при общеобменной вентиляции - 20°C
    - то же при наличии местных отсосов - 31°C
    - теплый период +20,7°C
2. Расчетное барометрическое давление 730 мм. рт. ст.;
3. Средняя температура отопительного сезона - 6,4°C;
4. Продолжительность отопительного периода 228 суток;
5. Господствующее направление ветров – западное и юго-западное.  
Расчетная скорость ветра в холодный период года – 5 м/сек, в теплый период года – 1 м/сек;  
Ветровая нагрузка принята для второго географического района 35 кг/м<sup>2</sup> по СНиП 11-6-74;

6. Снеговая нагрузка принята для третьего географического района 100 кг/м<sup>2</sup> по СНиП 11-6-74;
7. Сейсмичности нет. Глубина промерзания – 1,9 м;
8. Зона влажности – сухая;
9. Климатическая зона – III.

#### 7.1.2 Описание системы очистки воздуха

На каждом ленточном конвейере в зоне загрузки и разгрузки материала установлены трубы пневмотранспорта. Нагнетатель отсасывает по трубам пыль и подает ее в рукавный фильтр под давлением, где происходит очищение воздуха. Крупная фракция, скапливаемая на тканевых рукавах фильтра, поступает обратно на конвейер, а очищенный воздух попадает в атмосферу. Система пневмотранспорта производит очистку с определенных конвейеров, транспортирующих один и тот же материал, таким образом, возвращая его на нужный конвейер.

#### 7.1.3 Аспирация и обеспыливание воздуха

Основное количество загрязнителей от предприятий стройиндустрии поступает в атмосферу в виде пыли. В ряде производственных процессов им сопутствуют газообразные загрязнители. Содержание пыли и других загрязнителей в газовых выбросах определяется опытным путем по стандартным методикам. Ориентировочные объемы загрязнителей указаны в таблице 7.1 [19].

Таблица 7.1 – Выброс пыли цементного производства

Производство, процесс, оборудование	Концентрация пыли, г/м <sup>3</sup>
Подготовка сырья	10-20
Дробилки	
Узлы перегрузки	20
Мельницы	80-100
Обжиг	40-50
Вращающиеся печи обжига	
Клинкерные холодильники	20-25
Узлы перегрузки	10
Сушка добавок в сушильном барабане	20 35 40 10 5
Шлак	
Опока	
Известняк	
Мергель	
Глина	

Помол клинкера и добавок	
Мельницы с центральной разгрузкой	600
– с периферийной	300
– сепараторные	700
Пост погрузки цемента	40
Упаковочные машины	95

Как можно заметить из выше представленной таблицы, основное количество выбросов на цементном производстве приходится на цех помола клинкера и добавок.

Чтобы обеспечить допустимое содержание пыли в воздухе, требуется провести комплекс мероприятий:

- максимальная герметизация технологического оборудования;
- увлажнение горной массы (гидрообеспыливание);
- аспирация;
- уборка помещений от осевшей пыли;
- приточная вентиляция.

Таким образом, клинкерная мельница и конвейерные узлы являются наиболее пылящим оборудованием в цехе. Транспортеры перемещают в бункеры гипс и клинкер, а в мельнице происходит их совместный помол с выходом готового цемента. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) этих веществ определим по ГН 2.1.6.695-98 (414) [20] и ГН 2.2.5.978-00 (10). [21] Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны и воздухе населенных мест не должно превышать установленных ПДК.

Таблица 7.2 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест

№ п/п	Наименование вещества	№ по CAS	Формула	Величина ПДК (мг/м <sup>3</sup> )		Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
				Максимальная разовая	среднесуточная		
1	2	3	4	5	6	7	8
414	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %:						

	- 70-20 (шамот, цемент, пыль цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и др.)			0,3	0,1	Рез.	3
10	Кальций сульфат дигидрат (Гипс)	10101-41-4	CaO <sub>4</sub> S × Н <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	2	0,6	Рез.	3

Очищение воздуха от клинкера осуществляет обеспыливающая установка, состоящая из:

- вентилятора производительностью 12500 м<sup>3</sup>/ч, напор 3,3 кПа, привод мощностью 18,5 кВт, 1500 об/мин, 380 В;
- газоотборного тракта d = 250мм, предназначенного для транспортировки крупных фракций просыпи порошка (до 2-3мм), со скоростью потока в нем 15-20 м/с;
- осадительной камеры для осаждения крупных фракций (>100мм);
- фильтра рукавного производительностью 12500 м<sup>3</sup>/ч, расход сжатого воздуха 16 нм<sup>3</sup>/ч, давление 6,0 бар, предназначенного для улавливания тонких фракций пыли (<100мм) через фильтровальные рукава на каркасе из ткани, через которую со скоростью 15 м/с (на свободное сечение) проходит запыленный газовый поток.

Очищение воздуха от гипса осуществляет обеспыливающая установка, состоящая из:

- вентилятора производительностью 10000 м<sup>3</sup>/ч, напор 3,2 кПа, привод мощностью 30 кВт, 1500 об/мин, 380 В;
- газоотборного тракта d = 250мм, предназначенного для транспортировки крупных фракций просыпи порошка (до 2-3мм), со скоростью потока в нем 15-20 м/с;
- осадительной камеры для осаждения крупных фракций (>100мм);
- фильтра рукавного производительностью 10000 м<sup>3</sup>/ч, расход сжатого воздуха 16 нм<sup>3</sup>/ч, давление 6,0 бар, предназначенного для

улавливания тонких фракций пыли (<100мм) через фильтровальные рукава на каркасе из ткани, через которую со скоростью 15 м/с (на свободное сечение) проходит запыленный газовый поток.

Регенерация фильтровальных рукавов осуществляется периодически по заданному циклу без отключения секций односторонней импульсной продувкой сжатым воздухом, поступающим внутрь рукавов сверху через отверстия в продувочных коллекторах. Длительность импульсов 0,1-0,2 с. Система регенерации рассчитана на использование сжатого воздуха давлением 0,3-0,6 МПа (3-6 кгс/см<sup>2</sup>). Сжатый воздух, поступающий на фильтры, должен быть осушен и очищен не ниже 10 класса по ГОСТ 17433-80.

## **7.2 Природопользование и ресурсо- и энергосбережение**

В постановлении Правительства РФ от 28 марта 2019 г. №335 "О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. №321" [22] в паспорте государственной программы "Развитие энергетики" поставлены следующие «задачи:

- обеспечение потребности внутреннего рынка в надежном, качественном и экономически обоснованном снабжении электроэнергией;
- повышение эффективности производства, добычи и переработки углеводородных ресурсов для удовлетворения внутреннего и внешнего спроса на них;
- повышение эффективности производства, добычи и переработки угольного сырья для удовлетворения внутреннего и внешнего спроса на них;
- содействие инновационному и цифровому развитию топливно-энергетического комплекса.»

Главными потребителями электрической энергии являются мельницы, вытяжные вентиляторы и дымососы (печи, сырьевые и цементные мельницы), которые все вместе потребляют более 80% электрической энергии. Величина потребляемой электрической энергии колеблется от 90 до 150 кВт·ч/т цемента.

Использование электрической энергии может быть минимизировано путем установки систем управления мощностью и применения энергетически эффективных технологических схем измельчения и оборудования, такого как роликовые мельницы высокого давления для предварительного измельчения клинкера, вентиляторов с переменной скоростью вращения. Применение улучшенной системы контроля и снижение подсоса воздуха также позволяют оптимизировать потребление электрической энергии.

«Наилучшей доступной технологией (НДТ) для снижения удельного расхода энергии на производство 1 т портландцемента является применение отдельно или совместно технических решений» [23], представленных в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – НДТ 6

	Метод/оборудование	Применимость
А	Разработка, внедрение и использование на предприятии системы энергетического менеджмента	Для всех предприятий
Б	Использование помольного и другого оборудования с высокой энергетической эффективностью.	Для вновь строящихся и модернизируемых предприятий
В	Использование высокоэффективных технологических схем измельчения, оптимизированных для измельчения конкретных видов материалов	Для вновь строящихся и модернизируемых предприятий
Г	Применение высокоэффективных интенсификаторов процесса измельчения материалов	Для всех предприятий

Поскольку ООО «АСК Цемент» – это новое предприятие, на нем используется современное помольное оборудование с высоким показателем энергосбережения.

Технологические показатели, получаемые при реализации НДТ, приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Технологические показатели для НДТ 6

Технологический показатель	Единица измерения	Значение
Удельный расход энергии на производство 1 т портландцемента:		
– для заводов сухого способа производства	кВт·час/т	110-140
– для заводов мокрого способа производства		100-135

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были рассмотрены общие сведения о ленточных конвейерах, дана характеристика основных элементов, а также были произведены расчеты ленточного конвейера с целью его оптимизации и выбор оборудования.

В первой части пояснительной записки была рассмотрена классификация конвейеров, их области назначения, дан обзор ленточных конвейеров и рассмотрены современные конструкторские решения ленточных конвейеров.

В расчётной части были выбраны основные узлы ленточного конвейера, включающие в себя ленты, роlikоопоры, электродвигатель, редуктор, вал приводного барабана, подшипники, тормоз и натяжное устройство.

Раздел «Автоматика» включает в себя разработку системы автоматизации работы конвейера и предупреждения аварийных ситуаций.

В разделе «Монтаж и ремонт оборудования» рассмотрен алгоритм выполнения монтажа и наладки конвейеров перед пуском, а также разработан ремонтный цикл оборудования и основных его узлов.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» рассмотрены основные опасные и вредные факторы, влияющие на здоровье человека: электробезопасность, пожарная безопасность, шумы и вибрация, оценка возможных аварийных ситуаций. Раскрыты общие требования по охране труда и мерах противодействия опасным и аварийным ситуациям при эксплуатации ленточного конвейера.

Раздел «Природопользование и охрана окружающей среды» включает в себя разработку системы аспирации запыленного воздуха, его очистки и контроля выброса вредных веществ, а также предложения для энергоэффективности предприятия.

На основании проекта выполнена графическая часть.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Цитируемая литература

1. Зозуля П.В. Проектирование цементных заводов: Учеб. пособие / П.В. Зозуля, Ю.В. Никифоров – СПб.: Синтез, 1995. – 445 с.
2. Зенков Р.Л. Машины непрерывного транспорта: Учеб. пособие для вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов. – М.: Машиностроение, 1980. – 304 с. ил.
3. Плановский А.Н. и др. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для техникумов. Изд. 2-е, пер. и доп. – М.: ГНТИХЛ, 1962. – 845 с.
4. Портаков А.Б. Механика. Детали машин и основы конструирования. Часть 2 Подъемно-транспортирующие машины: Учеб. пособие / А.Б. Портаков, И.В. Исупова. – зерноград: Азово Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 145 с.
5. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины: Учеб. пособие для машиностроительных вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с. ил.
6. Кожушко, Г.Г. Расчет и проектирование ленточных конвейеров: Учеб. пособие / Г. Г. Кожушко, О. А. Лукашук. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 232 с.
7. Шахмейстер Л. Г., Дмитриев В. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. – М.: Машиностроение, 1987. – 336 с.
8. Тарнопольский А.В. Проектирование ленточного конвейера: Методические указания к проектированию / Н.Е. Курносов, Л.П. Корнилаева, Ю.К. Измайлов – Пенза: Изд. ПензГУ, 2009. – 60 с.
9. Зенков, Р.Л. Машины непрерывного транспорта: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.

10. Роликоопоры ленточных конвейеров [Электронный ресурс] – Северо-западный центр металлообработки – СПб., 2020. Режим доступа: <https://xn--g1aknv.com/produkcija/konvejernoje-oborudovanie/rolikoopory/>
11. Асинхронные мотор-редукторы типа DRS. – Электрон. каталог. – СПб.: АО «СЕВ-ЕВРОДРАЙФ», 2009. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
12. Васильев К.А. Транспортные машины и оборудование шахт и рудников: Учеб. Пособие. 1-е изд. / К.А. Васильев, А.К. Николаев, К.Г. Сазонов – СПб.: Лань, 2012. – 544 с.
13. Редукторы цилиндрические, коническо-цилиндрические серии ES. – Электрон. каталог. – СПб.: НТЦ «Редуктор», 2004. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
14. Епифанцев Ю.А. Механическое оборудование для обогащения руд. – Кемерово: КузПИ, 1978. – 52 с.
15. Проект «Положения о техническом обслуживании и ремонте механического оборудования металлургических предприятий» (первая редакция) [Государственный институт труда и социально-экономических исследований: Ж. Водопьян, Л. Гончарук, В. Коваль, Т. Сыркина (к.э.н., руководитель разработки), Л. Тарасенко, В. Шевченко]. – Харьков: ГИТ СЭИ, 2011. – 204 с.
16. Ящура А. И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. Справочник. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 504 с. ил.
17. Гельберг Б.Т. Ремонт промышленного оборудования. Изд. 9-е, перераб. и доп. / Гельберг Б.Т., Пекелис Г.Д. – М.: Высшая школа, 1988. – 304 с.: ил.
18. Захаров А.Ю. Вибрация ленты и рабочие процессы конвейера / Захаров А.Ю., Ерофеева Н.В. // Вестник КузГТУ. – 2015. – №6 – с. 78-82

19. Пономарев В.Б. Аспирация и очистка промышленных выбросов и сбросов: методические указания по курсу «машины и агрегаты предприятий строительных материалов» / В.Б. Пономарев, А.Е. Замураев. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2007. – 44 с.
20. ГН 2.1.6.695-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест – М.: Минздрав России, 1998. – 36 с.
21. ГН 2.2.5.978-00 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Дополнение N 3 к гигиеническим нормативам "ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны: ГН 2.2.5.686-98" – М.: Минздрав России, 2000. – 5 с.
22. О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. №321: постановление Правительства РФ от 28.03.2019 №335 // Собрание законодательства. – 2019.
23. Росстандарт. ИТС 6 – 2015 Производство цемента / Росстандарт – М.: Бюро НДТ, 2015. – 306 с.

#### Не цитируемая литература

Ананьев В.П. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Машины непрерывного транспорта» – М.: Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ), 2011. – 75 с.

Золотников Е.Г. Расчет вертикальных транспортно-распределительных систем на основе конвейеров с прижимной лентой / Е.Г. Золотников // Молодой ученый. – 05.2012. – №5 – с. 25-29.

Шишкин С.Ф. Оформление учебных текстовых графических документов: методические указания / Ф.Л. Капустин, С.Ф. Шишкин, А.Б. Лошкарев, Е.Ю. Васина. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 72 с.

#### Нормативные документы

ГОСТ 7.32 – 2001. СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления – Взамен ГОСТ 7.1-1984, ГОСТ 7.16-

1979; Введ. 2002–01–06. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 19 с.

ГОСТ Р 7.0.5 – 2008. СИБИБД. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 19 с.

ГОСТ 7.82 – 2001. СИБИБД. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления – Минск: ИПК Изда-во стандартов, 2001. – 23 с.

ГОСТ 20 – 2018. Ленты конвейерные резиноканевые. Технические условия – Взамен ГОСТ 20-85, Введ. 2019-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 38 с.

ГОСТ 22644 – 77. Конвейеры ленточные. Основные параметры и размеры – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 3 с.

Пособие по проектированию конвейерного транспорта. Ленточные конвейеры (к СНиП 2.05.07 – 85): Промтрансниипроект – М.: Стройиздат, 1988. – 48 с.

ГОСТ 12.2.044 – 80. ССБТ. Машины и оборудование для транспортирования нефти. Требование безопасности – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 13 с.

ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности – Взамен ГОСТ 12.1.003-76, Введ. 1984-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 13 с.

СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 46 с.

СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 – М.: Изд-во стандартов, 2017. – 121 с.

ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 7 с.

ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 7 с.

ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 10 с.

ПУЭ «Правила устройства электроустановок. Издание 7» - М.: НЦ ЭНАС, 2003. – 512 с.

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 68 с.

О противопожарном режиме (с изменениями и дополнениями): постановление Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 // Собрание законодательства. – 2012. – № 19. – Ст. 2415.

#### Электронные ресурсы

##### Локального доступа

Устройство контроля скорости РДКС-03. [Электронный ресурс]: техн. паспорт – М.: Промрадар, 2020. – 12 с.

Датчик контроля схода ленты ДКСЛ-7502. [Электронный ресурс]: техн. паспорт – Челябинск: Научно-производственная компания «ТЕКО», 2019. – 4 с.

Приборы контроля движения транспортерной ленты немецкой фирмы MESKOTEX. [Электронный ресурс]: каталог – М.: Техноснаб, 2020. – 20 с.

##### Удаленного доступа

Оборудование конвейерных линий средствами защиты от бокового схода ленты и пробуксовки [Электронный ресурс] – Путеводитель в мире угольной промышленности – М., 2020. Режим доступа: <http://coalguide.ru/vnutrishahitny-transport/171-oborudovanie-konvejnykh-linij-sredstvami-zashchity-ot-bokovogo-skhoda-lenty-i-probuksovki/>

Тросовые выключатели аварийного останова Omron ER [Электронный ресурс] – ПРОМЭНЕРГО Автоматика – М., 2020. Режим доступа: <http://www.proenergo.ru/safety/vyklyuchateli-avariynogo-ostanova/trosovyevyvklyuchateli-avariynogo-ostanova-omron-er/>

Расчёт ленточного конвейера [Электронный ресурс] – Механизмы и технологии – Киев, 2020. Режим доступа: <https://mehanik-ua.ru/tekhnicheskie-raschety/1789-raschjot-lentochnogo-konvejera.html>

Расчет ленточного конвейера (рабочий пример) [Электронный ресурс] – Развитие – Ростов-на-Дону, 2020. Режим доступа: [https://razvitie-pu.ru/?page\\_id=6721](https://razvitie-pu.ru/?page_id=6721)

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Технические характеристики оборудования цеха добавок

Наименование механизмов	Кол-во	Техническая характеристика	
1. Ленточный конвейер клинкера 2.1	1	Производительность, т/ч	240
		Ширина ленты, мм	800
		Длина, м	18,3
		Скорость, м/с	1
		Угол наклона, °	13
		Потребляемая мощность, кВт	15
		Частота вращения, об/мин	1500
2. Ленточный конвейер клинкера 2.2	1	Производительность, т/ч	240
		Ширина ленты, мм	800
		Длина, м	11,85
		Скорость, м/с	1
		Угол наклона, °	13
		Потребляемая мощность, кВт	15
		Частота вращения, об/мин	1500
3. Рукавный фильтр Шлюзовый затвор Вентилятор	1	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	7000
		Мощность привода, кВт	0,37
		Сечение, мм	250x250
		Мощность привода, кВт	15
4. Двухрукавная течка	2	Сечение на входе/выходе, мм	500x500
		Мощность привода, кВт	1,5
5. Бункер клинкера	2	Объем, м <sup>3</sup>	200
		Насыпная плотность материала, т/м <sup>3</sup>	1,7
6. Рукавный фильтр Шлюзовый затвор Вентилятор	1	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	12500
		Расход сжатого воздуха, нм <sup>3</sup> /ч	16
		Давление, бар	6
		Мощность привода, кВт	0,75
		Сечение, мм	250x250
		Мощность привода, кВт	18,5
		Напор, кПа	3,3
7. Шнековый питатель	1	Диаметр, мм	200
		Длина между фланцами загр. и разгр., м	2
		Мощность привода, кВт	3
8. Ленточный конвейер гипса 11.1	1	Производительность, т/ч	100
		Ширина ленты, мм	800
		Длина, м	6,4
		Скорость, м/с	1
		Угол наклона, °	15
		Потребляемая мощность, кВт	5,5
		Частота вращения, об/мин	1500
9. Ленточный конвейер гипса 11.2	1	Производительность, т/ч	50
		Ширина ленты, мм	800
		Длина, м	12,7
		Скорость, м/с	1

		Угол наклона, °	15
		Потребляемая мощность, кВт	7,5
		Частота вращения, об/мин	1500
10. Рукавный фильтр Шлюзовый затвор  Вентилятор	1	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	5000
		Мощность привода, кВт	0,37
		Сечение, мм	250x250
		Мощность привода, кВт	11
		Напор, кПа	3,2
11. Бункер гипса	2	Объем, м <sup>3</sup>	70
		Насыпная плотность материала, т/м <sup>3</sup>	1,4
12. Устройство разгрузки	2	Производительность, т/ч	20
		Диаметр, мм	2700
		Мощность привода, кВт	5,5
13. Ручной шиберный затвор	4		
14. Рукавный фильтр  Шлюзовый затвор  Вентилятор	1	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	10000
		Расход сжатого воздуха, нм <sup>3</sup> /ч	16
		Давление, бар	6
		Мощность привода, кВт	0,75
		Сечение, мм	250x250
		Напор, кПа	3,2
15. Ленточный весовой дозатор гипса	2	Производительность, т/ч	2,5-25
		Ширина ленты, мм	800
		Длина, м	3,55
		Точность дозирования, %	1
		Мощность привода, кВт	2,2
16. Ленточный весовой дозатор клинкера	2	Производительность, т/ч	10-110
		Ширина ленты, мм	800
		Длина, м	8,5
		Точность дозирования, %	1
		Мощность привода, кВт	2,2
17. Ленточный конвейер загрузки мельницы из бункеров 13.1, 7.1	1	Производительность, т/ч	120
		Ширина ленты, мм	800
		Длина, м	4,5
		Скорость, м/с	1
		Потребляемая мощность, кВт	4
18. Ленточный конвейер загрузки мельницы из бункеров 13.2, 7.2	1	Производительность, т/ч	120
		Ширина ленты, мм	800
		Длина, м	9
		Скорость, м/с	1
		Потребляемая мощность, кВт	7,5
19. Шаровая мельница	1	Диаметр, м	4
		Длина, м	13,5
		Производительность, т/ч	100
20. Главный привод	1	Мощность, кВт	3150
		Частота вращения, об/мин	500
21. Вспомогательный привод	1	Мощность, кВт	55
		Частота вращения, об/мин	1000
22. Станция жидкой смазки	1	Производительность, л/мин	125

		Мощность, кВт	7,5
		Частота вращения, об/мин	1450
23. Станция жидкой смазки	1	Производительность, л/мин	200
		Мощность, кВт	11
24. Система гидropодпора	1	Производительность, л/мин	88
		Рабочее давление, МПа	12,5
		Мощность привода, кВт	7,5
		Частота вращения, об/мин	1500
25. Двойной клапан-мигалка	1		
26. Аэрожелоб от мельницы в ковшовый элеватор	1	Производительность, т/ч	300
		Ширина, мм	300
		Угол наклона, °	12
Вентилятор		Мощность привода, кВт	4
		Частота вращения, об/мин	3000
27. Ковшовый элеватор	1	Производительность, т/ч	300
		Ширина ковша, мм	400
		Межосевое расстояние, м	2
Главный привод		Номинальная мощность, кВт	37
		Частота вращения, об/мин	1500
Вспомогательный привод		Номинальная мощность, кВт	1,5
28. Комплект аэрожелобов с двумя поворотными секци- ями с разделением потоков	1	Производительность, т/ч	300
		Ширина, мм	300/200
		Угол наклона, °	12
Вентилятор		Мощность привода, кВт	7,5
		Частота вращения, об/мин	3000
29. Уловитель инородных тел: корпус, два пневматиче- ских клапана, желоб для воз- врата материала	1		
30. Рукавный фильтр	1	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	55000
		Расход сжатого воздуха, нм <sup>3</sup> /ч	78
		Давление, бар	6
Шлюзовый затвор		Мощность привода, кВт	0,75
		Сечение, мм	400x250
Вентилятор		Мощность привода, кВт	110
		Напор, кПа	4,6
Шнек		Частота вращения, об/мин	1500
		Диаметр, мм	400
		Длина, м	5,625
		Производительность, м <sup>3</sup> /ч	20,63
		Мощность привода, кВт	11,0
31. Сепаратор	1	Производительность по загрузке, т/ч	258
		по готовому продукту, т/ч	115
		Тонкость помола по Блейну, см <sup>2</sup> /г	3000
		Объем сепараторного воздуха, м <sup>3</sup> /ч	143350
		Окружная скорость, об/с	40
Привод		Номинальная мощность, кВт	200
		Частота вращения, об/мин	1500
Частотный преобразователь Центр. смаз. устройство			
		Мощность, кВт	0,12

Вентилятор уплот. возд.		Мощность, кВт	5,5
32. Аэрожелоб	1	Производительность, т/ч	150
		Ширина, мм	200
		Угол наклона, °	12
		Мощность привода, кВт	5,5
		Частота вращения, об/мин	3000
33. Расходомер	1	Производительность, т/ч	180
		Аналоговый выходной сигнал, мА	4-20
34. Комплект аэрожелобов с поворотной секцией	1	Производительность, т/ч	150
		Ширина, мм	200
		Угол наклона, °	12
35. Пара циклонов	1	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	143350
		Температура, °	110
		Максимальная концентрация на входе, г/м <sup>3</sup>	1000
36. Аэрожелоб	1	Производительность, т/ч	115
		Ширина, мм	200
		Угол наклона, °	8
		Мощность привода, кВт	4
		Частота вращения, об/мин	3000
37. Ковшовый элеватор  Главный привод Частотный преобразователь	1	Производительность, т/ч	115
		Ширина ковша, мм	355
		Межосевое расстояние, м	15
		Номинальная мощность, кВт	7,5
		Частота вращения, об/мин	1500
38. Аэрожелоб готового продукта к цементным силосам	1	Производительность, т/ч	115
		Ширина, мм	200
		Угол наклона, °	8
		Мощность привода, кВт	3x3
		Частота вращения, об/мин	3000
39. Рукавный фильтр  Шлюзовый затвор  Вентилятор	1	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	12500
		Расход сжатого воздуха, нм <sup>3</sup> /ч	16
		Давление, бар	6
		Мощность привода, кВт	0,37
		Сечение, мм	250x250
		Мощность привода, кВт	30
		Напор, кПа	3,3
Частота вращения, об/мин	1500		

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Комплектующие ленточного конвейера

Вид комплектующей	Наименование	Кол-во	Вес, кг
<b>1. Конвейерная лента</b>			
Конвейерная лента (резинотканевая) ГОСТ 20-2018	2.1-800-3-ТК-200-2-6-2-А-РБ	1	1
<b>2. Приводная станция</b>			
Приводной барабан	8050Ф-80 (труба $\varnothing$ -530)	1	320
Привод. станция (без барабана, привода)	8050-80	1	120
Привод - SEW EURODRIVE	( $\varnothing$ -70) КА 97 DRS132M4 BE 11 7,5 кВт. 35 об./мин. 2,1 с/ф.	1	1
Сбрасывающая коробка	В-800	1	75
<b>3. Натяжная станция</b>			
Барабан натяжной	8040-60, (труба $\varnothing$ -426)	1	185
Натяжная станция винтовая (без барабана)	8040-60-30	1	120
Натяжное винтовое устройство	8040-60-30	1	42
Укрытие натяжной станции	В-800 Сетчатое	1	30
<b>4. Роликоопоры</b>			
Роликоопоры с амортизирующими роликами	ЖА80-102-30	20	552
Желобчатая роликоопора	ЖГ80-102-30	6	165,6
Ролик дефлекторный сдвоенный	ДЖ80-102-30	2	30
Нижняя прямая роликоопора	НГ80-102	5	78
Ролик дефлекторный нижний	ДН80-102	4	32
<b>5. Магистральная часть конвейера</b>			
Секции+стойки	Став-800 (ШВ.№16) L=3000мм	4,23	441,1
<b>6. Очистные устройства</b>			
Скребок для очистки ленты (пружинный)	В-800 (полимерная накладка)	1	12,5
Скребок приводного барабана	В-800 (полимерная накладка)	1	15
<b>7. Загрузочные устройства</b>			
Загрузочный лоток	В-800 5м.	1	270
<b>8. Разгрузочные устройства</b>			
Воронка разгрузочная	В-800 Воронка разгрузочная	1	60
<b>9. Страхочные ограждения и устройства</b>			
Ограждение верхних и нижних роликоопор	934x1000мм. С двух сторон (сетчатая проволока)	12	172,8
<b>10. Электрооборудование</b>			
Шкаф управления	Шкаф управления (местный)	1	1
Выключающее устройство тросовое (ручное отключение)	ВК с правой и левой стороны (комплект) (Аварийное отключение привода) ВП16Г23Б231-55У2.3	2	2
Выкл. устройство рычажное (при сходе ленты)	Выкл. уст-во рычажное (отключение привода при сходе ленты)	4	4

	ISBA62A8-11G-7-LZ IP67, температура окр. среды -45°...+65		
Устр. контроля скорости (вращения)	РДКС-03 (отключение привода при пробуксовке ленты). Датчик - IP 68, реле скорости IP 54. Рабочие температуры -40°С...+40°С	1	1
Выключатель конечный ВК	ВК-300--БР-11-67У2-24. IP 67, рабочие температуры -50°С...+50°С	2	2
Преобразователь частотный	Устройство плавного пуска	1	1