

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

Д. А. Хабибуллин, Л. В. Веппер, А. В. Козлов

ЭЛЕКТРОПРИВОД ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к курсовому проекту

**по дисциплине «Автоматизированный электропривод
производственных и транспортных механизмов»**

для студентов специальности 1-53 01 05

«Автоматизированные электроприводы»

дневной и заочной форм обучения

Гомель 2009

УДК 62-83-52+621.867.2(075.8)
ББК 31.291+39.12я73
Х12

*Рекомендовано научно-методическим советом
факультета автоматизированных и информационных систем
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 1 от 22.09.2008 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого
Ю. А. Рудченко

- Хабибуллин, Д. А.**
Х12 Электропривод ленточных конвейеров большой мощности : метод. указания к курсовому проекту по дисциплине «Автоматизированный электропривод производственных и транспортных механизмов» для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» днев. и заоч. форм обучения / Д. А. Хабибуллин, Л. В. Веппер, А. В. Козлов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. – 93 с. – Систем. требования: РС не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

Представлены задания к курсовому проекту, даны подробные рекомендации по выполнению проекта, а также приведен расчет электропривода конвейера большой мощности.

Для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной и заочной форм обучения.

УДК 62-83-52+621.867.2(075.8)
ББК 31.291+39.12я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Машины непрерывного транспорта перемещают груз по заранее определенной трассе. Это облегчает совмещение транспортирования с распределением и складированием грузов по заданным пунктам, накоплением и складированием их, выполнением в необходимом ритме технологических операций с грузами (механической обработки, сборки, сортирования, окраски, сушки и т.д.)

Машины непрерывного транспорта получили широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Особенно перспективно использование машин непрерывного транспорта в составе транспортно-перегрузочных и транспортно-складских гибких автоматизированных производств.

Ленточные конвейеры являются основным средством непрерывного транспорта, особенно на горных предприятиях. Характерной тенденцией современного развития ленточных конвейеров в странах СНГ и за рубежом является значительное увеличение их производительности, длины и мощности, что связано с увеличением грузопотоков и длины транспортирования. Так, на открытых горных разработках применяют конвейеры производительностью 20000 т/ч и более с шириной ленты 3000 мм и скоростью 6-8 м/с. Для дальних перевозок применяются конвейерные линии длиной более 100 км при длине става одного конвейера 8-10 км. [1]

Нагрузки на современных высокопроизводительных ленточных конвейерах настолько велики, что создать необходимое тяговое усилие с помощью одного приводного барабана при допустимых натяжениях ленты не всегда удается. Поэтому высокопроизводительные конвейеры, особенно на горных предприятиях, имеют по два и более приводных барабана. В связи с этим возникает задача рационального распределения суммарного тягового усиления, тягового фактора и общей мощности на приводных барабанах, взаимодействующих через ленту.

В данном методическом пособии рассматриваются вопросы теории и расчета двух барабанных приводов ленточных конвейеров.

Задания на курсовой проект содержит 100 вариантов. *Вариант определяется по двум последним цифрам зачетной книжки студента (табл. 1)*

Графическая часть проекта включает два листа формата А1. На первом листе вычерчивается головная часть конвейера, и проставля-

ются установочные размеры, на втором листе вычерчиваются трасса конвейера, диаграмма натяжения ленты, приводятся схемы силовой части конвейера и цепи управления.

Второй лист разрешается выполнять на миллиметровой бумаге того же формата.

Пояснительная записка оформляется на листах писчей бумаги формата А4.

Оформление графического материала и пояснительной записки осуществляется в соответствии с ЕСКД.

В качестве примера в методическом пособии приведен расчет наклонного конвейера большой мощности.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Ленточные конвейеры нашли широкое применение во всех отраслях промышленности благодаря своим качествам. Отличительными особенностями современных ленточных конвейеров является их эксплуатационная надежность и экономичность, обусловленная малыми удельными затратами энергии на транспортирование груза и нетребовательностью к уходу, что обеспечивается высоким уровнем автоматизации контроля и управления (рис.1)[2].

Рабочим органом ленточного конвейера является гибкая лента 5, несущая на себе транспортируемый груз. Она расположена между барабанами 2 и 7 натяжной 1 и приводной 6 станций. Барабан 2, ось которого может перемещаться в направляющих 12, под действием груза 13 создает предварительное натяжение ленты. Это натяжение обеспечивает передачу без проскальзывания тягового усилия от барабана приводной станции. Чтобы исключить провисание верхней рабочей и нижней холостой ветвей ленты, вдоль трассы устанавливаются поддерживающие ролики 11. Барабан приводной станции через редуктор 8 соединен с двигателем 10. Для сглаживания возможных ударов в процессе пуска и торможения валы двигателя и редуктора соединяют упругой муфтой 9. Транспортируемый груз подается на ленту через загрузочную воронку 3 и выгружается плужком 4.

Кроме конвейеров описанного типа, называемых просто ленточными, существуют еще ленточно-канатные и ленточно-цепные конвейеры, у которых лента выполняет функции лишь несущего органа, а канаты или цепи, соединенные с лентой, являются тяговыми органами.

Классификация ленточных конвейеров. По характеру установки конвейеры принято делить на стационарные и передвижные. Последние принято относить к категории погрузочных машин. С увеличением ширины ленты и мощности двигателя соответственно изменяются конструктивные черты конвейеров, а поэтому их условно делят на конвейеры общего назначения и так называемые конвейеры большой мощности. Конвейеры для открытых и подземных горных работ, на которые разработаны специальные типы и проекты ГОСТ-ов определяются в группы специальных конвейеров.

Конвейеры общего назначения называются так ввиду их широкого распространения во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства, например, для механизации транспорта на топливоподачах электростанций, в литейных цехах (транспортирование земли), в угледобывающей и рудной промышленности (транспортирование угля, руды, породы), на шахтах и обогатительных фабриках, в карьерах не рудных ископаемых (выдача из карьера песка, гравия и т.п.), в пищевой промышленности и сельском хозяйстве (транспортирование зерна, сахарной свеклы, сырья, полуфабрикатов и готовой продукции на перерабатывающих предприятиях, мельницах, крупозаводах и т.п.), на строительстве для перемещения грунта и строительных материалов. Узлы оборудования конвейеров общего назначения являются объектами массового производства.

К конвейерам общего назначения относятся также катучие конвейеры, которые в отличие от передвижных привязаны к постоянно-му месту работы и служат обычно для питания бункерных установок, перемещаясь по рельсам. Катучие конвейеры перемещаются по рельсам. Катучие конвейеры перемещаются в продольном направлении по рельсам, уложенным над бункерами, и распределяют насыпные грузы по бункерам (например, в котельных). Конвейеры этого типа, находящиеся в циклическом, возвратно-поступательном движении и носят название «челночных». Катучие ленточные конвейеры имеют широкое распространение (например, на топливоподаче электростанций), но они значительно сложнее по конструкции, чем стационарные ленточные конвейеры. В ряде случаев катучие ленточные конвейеры, обслуживающие бункерные установки или склады, могут быть заменены значительно более простыми по конструкции стационарными ленточными конвейерами с устройствами для промежуточной разгрузки ленты – двухбарабанными сбрасывающими тележками или плужковыми сбрасывателями.

Конвейеры большой мощности имеют значительно меньшее распространение и используются преимущественно в горном деле для перемещения насыпных грузов (уголь, руда) с высокой производительностью (2000 т/ч и выше) на большие расстояния, измеряемые километрами. Например, современный ленточный конвейер на открытых разработках угля может транспортировать до 30000 т/ч вскрышной породы, обеспечивая загрузку десяти железнодорожных вагонов за 1 мин. [3]

По виду грузов различают конвейеры насыпных грузов и штучных грузов. Первые имеют обычно желобчатую ленту, а вторые – полосу.

По типу ленты конвейеры бывают с прорезиненной, стальной цельнопрокатной и проволочной лентой. Наибольшее распространение получили конвейеры с прорезиненной лентой.

По числу приводных станций – одноприводные и многоприводные.

По типу приводных устройств – с одним приводным барабаном, с двумя или тремя приводными барабанами.

По профилю трассы ленточные конвейеры разделяются на горизонтальные, наклонные и комбинированные и со сложной трассой. Сложную трассу имеют магистральные конвейеры в соответствии с профилем местности.

По способу разгрузки – с разгрузкой на концевом барабане, с промежуточной разгрузкой барабанной сбрасывающей тележкой или плужковыми сбрасывателями.

Помимо этого конвейеры можно классифицировать по конструкции отдельных узлов.

Широкое внедрение комплексной механизации и автоматизации транспортных и погрузочно-разгрузочных операций, задачи повышения производительности труда и снижения стоимости продукции определяют и обуславливают следующие основные направления развития транспортирующих машин непрерывного действия.

1. Создание конвейеров для бесперегрузочного транспортирования от начального до конечного пунктов по прямолинейной и сложной пространственным трассам большой протяженности, т.е. замена нескольких отдельных конвейеров одним конвейером или единой транспортной системой без промежуточных перегрузок. Работы в этом направлении ведутся по пути создания и внедрения многопри-

водных конвейеров различных типов, в том числе мощных ленточных конвейеров со сверхпрочными лентами.

2. Повышение производительности конвейеров. Это направление реализуется путем выбора наиболее рациональной формы грузонесущего элемента конвейера для увеличения количества груза на единице его длины, а также путем увеличения скорости движения грузонесущего элемента.

3. Создание конвейеров с крутонаклонной и сложнокомбинированной горизонтально-вертикально-горизонтальной трассой для высокопроизводительного транспортирования насыпных и штучных грузов.

4. Повышение надежности машин и упрощение их обслуживания в тяжелых условиях эксплуатации. Создание машин с минимальным количеством обслуживающего персонала, с самообслуживанием, с составными элементами долговременной эксплуатации. Работы в этом направлении являются основными предпосылками для перехода к полной автоматизации управления машинами и их комплексами.

5. Широкое использование современных ЭВМ для расчета и выбора оптимальных вариантов сложных машин, проектирования конвейеров в транспортно-технологических системах, например, литейных цехов, цехов топливоподач, обогатитель-фабрик и т.п.

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

7. Создание высокоскоростных магистральных конвейеров на базе линейных асинхронных двигателей.

8. Создание специализированных типов роботов – манипуляторов для выполнения автоматической загрузки и разгрузки конвейеров в процессе их непрерывного движения.

9. Улучшение условий труда обслуживающего персонала, исключение возможности потерь транспортируемого груза, полная герметизация транспортирующих устройств и изоляция от окружающей среды пылевидных, горячих, газифицирующих и химически агрессивных грузов, снижение шума при работе машин.

10. Унификация и нормализация оборудования с одновременным увеличением числа его типоразмеров на базе единых унифицированных узлов.

2. ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

Исходными данными для расчета ленточного конвейера, которые должны содержаться в техническом задании, являются:

1. Расчетная производительность конвейера V ($\text{м}^3/\text{ч}$) или Q ($\text{т}/\text{ч}$, $\text{т}/\text{смена}$, $\text{т}/\text{год}$). Если производительность носит неравномерный вероятностный характер, как например, при безбункерной погрузке сыпного груза, то следует указывать поступающий грузопоток и его основные статические расчетные характеристики.

2. Схема трассы конвейера с указанием всех ее основных размеров (рис.2)[1], максимальная длина, угол наклона (высота подъема), длина отдельных сопрягаемых прямолинейных и криволинейных участков и др.

3. Физико-механическая характеристика транспортируемого груза: насыпная плотность (объемная масса), углы естественного откоса в покое и движении, наибольший размер характерных кусков и указание о гранулометрическом составе (рядовой, сортированный) и процентное содержание крупных фракций, влажность груза, образивность, налипаемость и коэффициенты трения.

4. Режим работы конвейера: число часов работы в сутки, чистое машинное время работы, число дней работы в году и т.д.

5. Характер установки и условия работы, например, штрековый, уклонный, полустационарный в шахте; передвижной забойный, передаточный, отвальный в карьере; магистральный в наклонном стволе, уклоне, капитальном бремсберге, главном откаточном штреке в мачте, магистральный на вскрышном комплексе; стационарный, сборный в неотапливаемой галерее на поверхности; стационарный в помещении горно-обогажительного комбината и т.п. Особые условия (влажность, пыльность, взрывоопасность и т.п.); температура окружающей среды и пределы ее колебания.

6. Способы подачи и разгрузки груза.

К расчетным нормативам относятся: допустимые углы наклона конвейера к горизонту, минимальная ширина ленты в зависимости от крупности кусков транспортируемого груза, допустимые запасы прочности ленты; число прокладок в зависимости от ширины ленты, максимально допустимая стрела провеса ленты в минимальной точке натяжения грузовой ветви и др.

Так, например, диаметры роликов следует выбирать из следующего ряда, установленного ГОСТ 22644 – 77: $D_p = 89; (90); 108; (127); 133; 159; 194$ мм.

Конвейерные ленты согласно ГОСТ 20 – 76 изготавливаются резилотехнической промышленностью шириной $B = 400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600; (1800); 2000; (2250); 2500; (2750); 3000$ мм.

Скорость движения ленты следует выбирать из нормативного ряда предпочтительных чисел: $V = 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0$ м/с.

Номинальный диаметр (без футеровки) приводных и неприводных барабанов по ГОСТ 22644 – 77: $D_6 = 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1400; 1600; 2000$ мм.

Мощность приводных двигателей следует выбирать из следующего ряда $P = 30; 40; 55; 75; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000$ кВт.

Для проектирования карьерных ленточных конвейеров существует следующий нормальный ряд производительности: $V = 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10000; 12500; 16000; 20000; 25000$ м³/ч.

ГОСТ 22647 – 77 устанавливает нормативы на строки службы: роликов без ремонта не менее 3 лет, стационарных и катучих конвейеров – 8 лет и передвижных для карьеров – 4 года. Коэффициент готовности конвейера должен быть не менее 0,96 для стационарных и катучих конвейеров и не менее 0,90 - передвижных для карьеров.

ГОСТ 22647 – 77 устанавливает также нормативы на длины барабанов и роликов, допустимое радиальное биение барабанов и роликов.

Все указанные нормативы необходимо учитывать при расчете и выборе конструктивных и силовых параметров конвейеров.

Для всех вариантов курсового проекта характеристика производственных, температурных и климатических условий одинакова и дана в приведенном примере.

Варианты отличаются друг от друга производительностью конвейера, длиной трассы, углом наклона, плотностью транспортируемого груза и схемой приводов ленточных конвейеров (рис.12). Для вариантов 1-10 – схема рис.12а; 11-20 – схема рис.12б; 21-30 – схема рис.12в; 31-40 – схема рис.12г; 41-50 – схема рис.12д; 51-60 – схема

рис.12е; 61-70 – схема рис.12ж; 71-80 – схема рис.12з; 81-90 – схема рис.12и; 91-100 – схема рис.12к.

Таблица 1

Исходные данные на проектирование

№ вар	Q_c	Q_m	L_T	β^0	P	№ схе- МЫ
1	75000	112500	600	5°	3,2	а
2	70000	105000	600	5°	3,2	а
3	65000	97500	600	5°	3,2	а
4	60000	90000	600	5°	3,2	а
5	55000	82500	600	5°	3,2	а
6	50000	75000	600	5°	3,2	а
7	45000	67500	600	5°	3,2	а
8	40000	60000	600	5°	3,2	а
9	35000	52500	600	5°	3,2	а
10	30000	45000	600	5°	3,2	а
11	75000	112500	700	4°50'	3,1	б
12	70000	105000	700	4°50'	3,1	б
13	65000	97500	700	4°50'	3,1	б
14	60000	90000	700	4°50'	3,1	б
15	55000	82500	700	4°50'	3,1	б
16	50000	75000	700	4°50'	3,1	б
17	45000	67500	700	4°50'	3,1	б
18	40000	60000	700	4°50'	3,1	б
19	35000	52500	700	4°50'	3,1	б
20	30000	45000	700	4°50'	3,1	б
21	75000	112500	800	4°40'	3,0	в
22	70000	105000	800	4°40'	3,0	в
23	65000	97500	800	4°40'	3,0	в
24	60000	90000	800	4°40'	3,0	в
25	55000	82500	800	4°40'	3,0	в
26	50000	75000	800	4°40'	3,0	в
27	45000	67500	800	4°40'	3,0	в
28	40000	60000	800	4°40'	3,0	в
29	35000	52500	800	4°40'	3,0	в

Продолжение табл. 1

№ вар	Q_c	Q_m	L_T	β^0	P	№ схе- мы
30	30000	45000	800	4°40'	3,0	в
31	75000	112500	900	4°30'	2,9	г
32	70000	105000	900	4°30'	2,9	г
33	65000	97500	900	4°30'	2,9	г
34	60000	90000	900	4°30'	2,9	г
35	55000	82500	900	4°30'	2,9	г
36	50000	75000	900	4°30'	2,9	г
37	45000	67500	900	4°30'	2,9	г
38	40000	60000	900	4°30'	2,9	г
39	35000	52500	900	4°30'	2,9	г
40	30000	45000	900	4°30'	2,9	г
41	75000	112500	1000	4°20'	2,8	д
42	70000	105000	1000	4°20'	2,8	д
43	65000	97500	1000	4°20'	2,8	д
44	60000	90000	1000	4°20'	2,8	д
45	55000	82500	1000	4°20'	2,8	д
46	50000	75000	1000	4°20'	2,8	д
47	45000	67500	1000	4°20'	2,8	д
48	40000	60000	1000	4°20'	2,8	д
49	35000	52500	1000	4°20'	2,8	д
50	30000	45000	1000	4°20'	2,8	д
51	75000	112500	600	4°10'	3,4	е
52	70000	105000	600	4°10'	3,4	е
53	65000	97500	600	4°10'	3,4	е
54	60000	90000	600	4°10'	3,4	е
55	55000	82500	600	4°10'	3,4	е
56	50000	75000	600	4°10'	3,4	е
57	45000	67500	600	4°10'	3,4	е
58	40000	60000	600	4°10'	3,4	е
59	35000	52500	600	4°10'	3,4	е
60	30000	45000	600	4°10'	3,4	е
61	75000	112500	700	4°	3,3	ж
62	70000	105000	700	4°	3,3	ж
63	65000	97500	700	4°	3,3	ж
64	60000	90000	700	4°	3,3	ж
65	55000	82500	700	4°	3,3	ж

Окончание табл. 1

№ вар	Q_c	Q_m	L_T	β^0	P	№ схе- мы
66	50000	75000	700	4°	3,3	ж
67	45000	67500	700	4°	3,3	ж
68	40000	60000	700	4°	3,3	ж
69	35000	52500	700	4°	3,3	ж
70	30000	45000	700	4°	3,3	ж
71	75000	112500	800	3°50'	3,2	з
72	70000	105000	800	3°50'	3,2	з
73	65000	97500	800	3°50'	3,2	з
74	60000	90000	800	3°50'	3,2	з
75	55000	82500	800	3°50'	3,2	з
76	50000	75000	800	3°50'	3,2	з
77	45000	67500	800	3°50'	3,2	з
78	40000	60000	800	3°50'	3,2	з
79	35000	52500	800	3°50'	3,2	з
80	30000	45000	800	3°50'	3,2	з
81	75000	112500	900	3°40'	2,7	и
82	70000	105000	900	3°40'	2,7	и
83	65000	97500	900	3°40'	2,7	и
84	60000	90000	900	3°40'	2,7	и
85	55000	82500	900	3°40'	2,7	и
86	50000	75000	900	3°40'	2,7	и
87	45000	67500	900	3°40'	2,7	и
88	40000	60000	900	3°40'	2,7	и
89	35000	52500	900	3°40'	2,7	и
90	30000	45000	900	3°40'	2,7	и
91	75000	112500	1000	3°30'	2,6	к
92	70000	105000	1000	3°30'	2,6	к
93	65000	97500	1000	3°30'	2,6	к
94	60000	90000	1000	3°30'	2,6	к
95	55000	82500	1000	3°30'	2,6	к
96	50000	75000	1000	3°30'	2,6	к
97	45000	67500	1000	3°30'	2,6	к
98	40000	60000	1000	3°30'	2,6	к
99	35000	52500	1000	3°30'	2,6	к
100	30000	45000	1000	3°30'	2,6	к

Примечание. Здесь приняты следующие обозначения:

Q_c – плановая средняя массовая производительность конвейера, т/сутки;

Q_m – максимальная производительность по пропускной способности загрузочного устройства, т/сутки;

L_r – длина горизонтальной проекции расстояния между осями концевых барабанов конвейера, м;

β – наклон конвейера, град;

ρ – плотность груза, т/м³.

3. СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Составными частями конвейеров с гибким тяговым элементом являются: грузонесущий или рабочий элемент, который непосредственно несет на себе транспортируемый груз, тяговый элемент, передающий движение грузонесущему органу, роlikоопоры и направляющие шины, натяжное устройство, создающее необходимое первоначальное напряжение тягового элемента, привод, сообщаящий движение тяговому элементу, поддерживающая металлоконструкция (станина) конвейера, загрузочные и разгрузочные узлы; устройства безопасности.

Для обеспечения надежной и экономичной работы конвейера его тяговый элемент должен обладать гибкостью, обеспечивающей свободное сгибание барабанов и блоков малого диаметра, высокой прочностью в сочетании с малой собственной массой, низкой стоимостью, высокой долговечностью при работе в тяжелых условиях окружающей среды.

Тяговый элемент является основной частью конвейера. От надежности его работы зависит общая работоспособность конвейера.

В качестве гибкого тягового элемента конвейеров применяют ленты и цепи различных типов или стальные канаты.

Преимуществами лент являются возможность сочетания функций тягового и несущего элементов, малая масса, простота конструкции и эксплуатации, отсутствия быстроизнашивающихся шарниров.

Наиболее часто применяемые ленты делят на прорезиненные и резиноканатные. Прорезиненная (резиноканатная) лента состоит из нескольких пропитанных резиной тканевых прокладок. Сверху и снизу лента покрыта обкладками из резины: рабочей поверхностью обращенной к транспортируемому грузу, и нерабочей поверхностью – обращенной к роlikоопорам грузовой ветви.

Резинотросовые ленты состоят из стальных тросов, покрытых с обеих сторон резиной, в которой завулканизированы тканевые прокладки, обеспечивающие прочность ленты в поперечном направлении.

Для ленточных конвейеров в качестве опорных устройств применяют стационарные ролики, опираясь на которые движется лента. Для надежной работы конвейера, уменьшения натяжения тягового элемента, снижения расхода энергии и увеличения срока службы к опорным устройствам предъявляют следующие требования: а) легкость вращения, т.е. малый коэффициент сопротивления движению; б) простота, экономичность конструкции и малая масса в сочетании с высокой прочностью и износостойкостью; в) надежная работа в тяжелых условиях эксплуатации, надежная защита подшипников от проникновения в них пыли; г) простота обслуживания и удобство подачи смазки к подшипникам, возможность использования долгодействующей смазки; д) простота ремонта и замены изнашивающихся частей.

Для выполнения этих требований применяют подшипники качения закрытого типа или с надежным лабиринтным уплотнителем, передовые методы технологии изготовления деталей массового производства (например, штамповку), термообработку рабочих поверхностей и т.п. Большую роль играет также организация эксплуатаций машины: регулярная подача смазки, очистка машины от пали, грязи и просыпи груза, а также профилактический ремонт ее сборочных единиц. Следует иметь в виду, что качество конструкции, изготовление и состояние ходовых устройств в значительной степени определяет сопротивление движению тягового и грузонесущего элементов с транспортируемым грузом и, следовательно, расчетное натяжение, мощность привода и степень изнашивания составных частей конвейера.

Роликоопоры выпускаются трех типов: тяжелые, нормальные и легкие.

Желобчатые роликоопоры изготавливают трехроликовыми, с расположением роликов в одной плоскости, со встроенными подшипниками, на сквозных невращающихся осях. Роликоопоры легкого и нормального типов выпускают на шарикоподшипниках, а тяжелого типа – на конических роликоподшипниках. Прямые роликоопоры изготавливают только легкого и нормального типов, двух исполнений – со встроенными или выносными шарикоподшипниками.

К опорным устройствам принадлежат направляющие, а также станины конвейеров.

Натяжные устройства служат для создания необходимого линейного натяжения гибкого органа. Эти устройства разделяют на грузовые, механические, гидравлические и пневматические. Минимальное натяжение гибкого органа обуславливается необходимостью ограничения стрелы прогиба провисающих участков, динамическими процессами, тяговой способностью фрикционного привода и т.п.

Натяжные устройства обеспечивают нормальную работу фрикционных приводов. На коротких стационарных (до 60 м), катучных, передвижных и переносных конвейерах применяют механические натяжные устройства [4].

На конвейерах, длина которых превышает 40-50 м., следует устанавливать грузовые натяжные устройства, а на конвейерах большой мощности – автоматически работающие устройства лебедочного типа (рис.3). Последние могут увеличивать натяжение в ленте в период пуска и поддерживать необходимое соотношение между натяжениями ${}^0\delta_{нб}$ (натяжение в набегающей ветви) и ${}^0\delta_{сб}$ (натяжение в сбегающей ветви) на приводном барабане в соответствии с фактической загрузкой ленты, способствуя тем самым увеличению срока ее службы. Длина хода натяжного барабана зависит от упругого и остаточного удлинений ленты. Длина хода натяжного барабана выбирается с учетом материала прокладок каркаса ленты: для тканевых лент:

$$X = (1 \div 2) \cdot B + 0,015 L_k,$$

для резиновых лент:

$$X = (1 \div 2) \cdot B + 0,002 L_k,$$

где B – ширина ленты; L_k – длина конвейера (расстояние по контуру между концевыми барабанами).

В качестве натяжного барабана используют концевой барабан, устанавливаемый в начале конвейера. Для горизонтальных и слабонаклонных конвейеров большой длины и слабонаклонных конвейеров большой длины натяжное устройство следует монтировать в непосредственной близости от приводных барабанов. Такое расположение натяжного барабана обеспечит постоянство натяжения на сбегающей ветви ленты, исключив влияние на него изменяющегося во времени сопротивления на роликовых опорах, находящихся между концевыми барабанами.

Ленточные конвейеры оборудованы фрикционными приводами с приводными барабанами, передающими тяговое усилие и движение ленте трением. На ленточных конвейерах применяют одно – и двухбарабанные, редко трехбарабанные привода. Фрикционный привод дает возможность получить высокие скорости движения рабочего органа. Работа привода не зависит от вытягивания ленты. Создание в ленте предварительного натяжения является обязательным условием действия фрикционного привода. Предварительное натяжение должно быть таким, чтобы полностью исключить проскальзывание (пробуксовку) ленты на барабане.

Привод конвейера может иметь один, два или три отдельных электродвигателя. Два двигателя устанавливают на один приводной вал при использовании типовых двигателей и редукторов меньшей мощности (вместо одного большого) и для более компактной планировки привода. Три двигателя применяют в двухбарабанном приводе ленточного конвейера.

В электроприводах, получивших преимущественное распространение в конвейерных установках, используют трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Мощность этих двигателей обычно ограничивается несколькими сотнями киловатт.

Использование двигателей большей мощности приводит к заметному снижению коэффициента мощности питающей сети, а также к существенному падению напряжения в сети при пуске конвейера. Применение синхронного двигателя для более мощных установок позволяет существенно повысить энергетические показатели привода. Однако установки такой мощности обладают большой механической инерционностью и характеризуются тяжелым продолжительным пуском, достигающим 30-100 с. Такой пуск может вызвать недопустимое превышение температуры синхронного двигателя, а также недопустимое снижение напряжения сети на относительно большом интервале времени разгона. Поэтому синхронные двигатели, несмотря на ряд их очевидных преимуществ, широкого распространения в качестве привода конвейерных установок не получили.[5]

Проблема пуска мощных конвейеров успешно решается применением асинхронного двигателя с фазным ротором, при котором достигается ограничение пусковых токов и обеспечивается формирование требуемой характеристики привода.

Загрузочные устройства применяют для подачи груза на движущуюся ленту. Конструкция этих устройств зависит от характеристики транспортируемого груза и способа его подачи на конвейер. Штучные грузы подаются на конвейер при помощи различных направляющих спусков или укладываются непосредственно на него. Насыпные грузы подаются на конвейер при помощи загрузочной воронки и направляющего лотка. От работы загрузочного устройства зависит обеспечение расчетной производительности конвейера и долговечность ленты. Загрузочное устройство должно удовлетворять требованиям наименьшего износа ленты, возможно малого местного сопротивления ее движению, равномерной подачи и центрирования груза. Для обеспечения высокого срока службы ленты и роликсопор высота падения груза из воронки на ленту должна быть минимально возможной, а скорость и направление подачи груза должно быть близко к скорости и направлению движения загруженной ленты. Это условие наиболее точно выполняется при параболическом очертании направляющей стенки воронки, которая воспринимает удары падающего груза.

При транспортировании грузов с пылевидными частицами загрузочную воронку делают герметичной и снабжают устройством для принудительного отсоса пыли. От конструкции и выбора размеров и углов наклона загрузочной воронки во многом зависит общая надежность работы конвейера.

Разгрузочные устройства служат для концевой или промежуточной разгрузки сыпучих и штучных грузов. Концевая разгрузка осуществляется с головного барабана при помощи разгрузочной головки. Для предотвращения разрушения передней стенки коробки, о которую может ударять струя сбрасываемого груза, часто устанавливают сменный отбойный щит из износостойкой стали или толстого листа технической резины.

Разгрузка конвейера на трассе (промежуточная) производится при помощи плужковых и барабанных разгрузателей.

Плужковый разгрузатель (см. рис.4) состоит из сбрасывающего щита, установленного под углом 30° - 45° к продольной оси ленты, опорного стола, приемной воронки и подъемного механизма. В рабочем положении он опирается на ленту и двигает с нее груз в разгрузочную воронку. В нерабочем положении он приподнят и свободно пропускает под собой ленту с грузом. По направлению разгрузки ленты различают двухсторонние и односторонние. Первые более пред-

почтительнее т.к. у них силы бокового сдвига ленты уравновешены. Опорный стол служит для выпрямления ленты в месте установки разгрузателя. Пружковые разгрузатели применяют в основном на горизонтальных конвейерах с лентой шириной 400-2000 мм для разгрузки пылевидных, зернистых и мелкокусковых грузов при скорости движения ленты не более 2 м/с.

Барабанный разгрузатель состоит из тележки, установленных на ней двухоборотных барабанов и разгрузочной воронки. Транспортируемый груз сбрасывается с верхнего барабана в воронку и направляется ею вправо или влево или одновременно в обе стороны от конвейера. Тележка движется вдоль горизонтального участка конвейера по всему фронту разгрузки. Она приводится от ленты конвейера через барабан или от отдельного двигателя. Рельсовые пути устанавливают на станине конвейера или на полу разгрузочной эстакады. В последнем случае металлоконструкция тележки делается в виде портала, внутри которого проходит станина конвейера типовой конструкции.

Барабанные разгрузатели применяют для широкой номенклатуры насыпных грузов при загрузке длинных бункерных эстакад или открытых складов. Разгрузатели имеют реверсивное движение вдоль всего фронта разгрузки длиной 100 м и более с автоматическим управлением с центрального пульта.

К вспомогательным устройствам относятся остановы, ловители, очистные устройства. Остановы обратного хода применяются на наклонных конвейерах для предотвращения самопроизвольного движения ленты с грузом вниз при нарушении кинематической связи. Остановы бывают точные, роликовые, храповые. На случай обрыва ленты на наклонных конвейерах применяют ленты, которые обеспечивают остановку конвейерной ленты.

Очистка ленты от прилипших частиц транспортируемого груза является важной задачей обеспечения надежной и экономичной эксплуатации ленточных конвейеров. Частицы груза, прилипшие к ленте, напрессовываются на поверхность роликов обратной ветви, вызывают сбег ленты на сторону, сыпаются с ленты под конвейер, образуя завалы груза. На уборку груза из под конвейера и очистку роликов требуется большие затраты ручного труда. Для очистки наружной (грузонесущей) поверхности ленты применяют скребки и вращающиеся щетки из износостойких материалов, не вызывающих чрезмерного износа ленты. Очистные устройства устанавливают у концевого барабана, с которого происходит разгрузка конвейера, и счищаемый груз падает в воронку.

Конвейеры большой мощности (см. рис.5), работающие на ответственных участках производства, должны быть оборудованы средствами контроля: датчиком завала загрузочного устройства, датчиком контроля схода ленты, датчиком на приводном барабане, ограничивающим повышение температуры обода до 70°C в результате проскальзывания ленты, датчиком скорости ленты, датчиком, обеспечивающим контроль целостности конвейерных тросов.

На конвейерах с наклонными участками в приводе устанавливают тормоз для ликвидации самопроизвольного движения ленты при остановке загруженного конвейера. Вдоль конвейера кроме периодически расположенных кнопок «Стоп», протягивается трос для аварийной остановки. Трос соединен с рычагами путевых выключателей, размещенных на расстоянии 10-25 м вдоль всего конвейера. При возникновении аварийного положения достаточно потянуть за трос и это вызовет срабатывание одного из путевых выключателей и остановку конвейера.

4. РЕЖИМЫ РАБОТЫ И КЛАССЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНВЕЙЕРОВ

Характеристики нагружения и продолжительность действия нагрузок является основными показателями для расчета конвейера и его узлов на прочность и долговечность, по ним можно дать обоснованную регламентированную оценку проектного и эксплуатационного использования конвейера.

Работу конвейера характеризуют три группы показателей: 1) фактическое (эксплуатационное) время работы; 2) нагрузки, действующие на конвейер и его элементы при обеспечении заданной грузоподъемности и производительности, продолжительность их действия; 3) условия производства и окружающей среды, в которой работает конвейер. Совокупность этих показателей определяет классы использования, расчетные и эксплуатационные режимы работы конвейера.

Использование конвейера во времени характеризуется коэффициентами $K_{в.с.}$ и $K_{в.г.}$, представляющими собой отношение планового времени работы конвейера в сутки ($t_{п.с.}$) или в год ($t_{п.г.}$) к календарному (t_c или t_r) времени за этот же период:

$$K_{в.с.} = t_{п.с.} / t_c = t_{п.с.} / 24;$$

$$K_{в.г.} = t_{п.г.}/t_{г} = t_{п.с.}/8760. \quad (1)$$

Расчетный коэффициент фактического использования конвейера по времени $K_{в}$ определяют как отношение времени фактической (машинной) работы конвейера $t_{м}$ к заданному плановому времени работы $t_{п}$ в рассматриваемый период:

$$K_{в} = t_{м}/t_{п} \leq 1. \quad (2)$$

На основе анализа статических данных и существующей регламентации рабочего времени по сменам устанавливается пять классов использования конвейеров по времени работы в сутки и год (табл.2)

Таблица 2

Время фактической работы	Класс использования конвейера по времени				
	В1	В2	В3	В4	В5
В сутки:					
абсолютное $t_{п.с.}$, ч	До 5	От 5 до 8	От 8 до 16	От 16 до 24	24
относительное $K_{в.с.}$	$\gg 2$	$\gg 0,2$ $\gg 0,32$	$\gg 0,32$ $\gg 0,63$	$\gg 0,63$ $\gg 1$	1
В год:					
абсолютное $t_{п.г.}$, ч	$\gg 1600$	$\gg 1600$ $\gg 2500$	$\gg 2500$ $\gg 4000$	$\gg 4000$ $\gg 6300$	$\gg 6300$ $\gg 8000$
относительное $K_{в.г.}$	$\gg 0,2$	$\gg 0,2$ $\gg 0,32$	$\gg 0,32$ $\gg 0,5$	$\gg 0,5$ $\gg 0,8$	$\gg 0,8$ $\gg 1$

Классы использования конвейера по производительности характеризуется общим коэффициентом загрузки:

$$K_{п} = Q_{с}/Q_{max} = Z_{с}/Z_{max} \quad (3)$$

где $Q_{с}$ и Q_{max} – средняя и максимальная массовые производительности конвейера, т/ч; $Z_{с}$ и Z_{max} - средняя и максимальная штучные производительности, шт/ч.

Класс использования конвейера по производительности	П1	П2	П3
Коэффициент K_{Π}	До 0,25	От 0,25 до 0,63	От 0,63 до 1

Максимальной считается такая производительность, которую конвейер может обеспечить при полном использовании загрузочного устройства (например, питателя, загрузчика и т.п.). Конвейер не может подать груза больше, чем на него может погрузить установленное перед ним загрузочное устройство при своей наибольшей производительности.

Средняя производительность конвейера (т/ч)

$$Q_c = \frac{1}{t_{\text{см}}} \sum Q_i \cdot t_i, \quad (4)$$

где Q_i - производительность конвейера в характерный промежуток времени t_i (ч) и в общем периоде рабочей смены, т/ч.; $t_{\text{см}} = \sum t_i$ - общее машинное время работы конвейера в смену, ч.

Подобным же образом конвейеры по грузоподъемности грузонесущего элемента (тележки, подвески, каретки, настиле платформы и т.п.) при транспортировании штучных грузов характеризуются коэффициентом максимальной $K_{\text{м.н.}}$ и эквивалентной $K_{\text{э.н.}}$ загрузки грузонесущего элемента:

$$K_{\text{м.н.}} = \frac{\Gamma_{\text{max}}}{\Gamma}; \quad (5)$$

$$K_{\text{э.н.}} = \sqrt{\frac{1}{T_{\text{ц}}} \sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{\Gamma_i}{\Gamma} \right)^2 \cdot t_i}, \quad (6)$$

где Γ_{max} - максимальная фактическая нагрузка на одну тележку на рабочей ветви, Н; Γ - номинальная грузоподъемная сила или расчетная нагрузка тележки, Н; Γ_i - фактическая нагрузка на тележку на отдельных участках трассы конвейера, Н; t_i - время движения тележки с нагрузкой Γ_i в одном цикле, с; n - число участков с различными нагрузками Γ_i ; $T_{\text{ц}}$ - время одного полного цикла работы тележки, т.е. время ее полного кругооборота по всей трассе конвейера, с.

Ниже приведены классы использования конвейеров по грузоподъемности:

Класс использования конвейера по грузоподъемности	Н1	Н2	Н3
$K_{м.н.}$	до 0,5	от 0,5 до 0,63	от 0,63 до 1
$K_{э.н.}$	до 0,25	от 0,25 до 0,5	от 0,5 до 0,8

Использование конвейера по нагружению (натяжению) тягового элемента характеризуется коэффициентами максимального $K_{ц}$ и эквивалентного $K_{э.ц.}$ натяжения:

$$K_{ц} = \frac{S_{\max}}{S_{д}}; \quad (7)$$

$$K_{э.ц.} = \frac{1}{T_{ц}} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{S_i}{S_{д}} \right) \cdot t_i, \quad (8)$$

где $S_{д}$ и S_{\max} – соответственно допускаемое и максимальное фактическое натяжение тягового элемента выбранного типоразмера, Н; S_i – натяжение тягового элемента на отдельном участке трассы (по диаграмме натяжения), Н; t_i – время действия S_i , с; n – количество участков трассы с различными натяжениями S_i .

Ниже приведены классы использования конвейеров по нагружению тягового элемента:

Класс использования конвейера по нагружению тягового элемента	Ц1	Ц2	Ц3
$K_{ц}$	до 0,63	от 0,63 до 0,8	от 0,8 до 1
$K_{э.ц.}$	до 0,16	от 0,16 до 0,32	от 0,32 до 0,63

Установленные классы использования регламентируют пять режимов работы конвейеров (табл.3):

ВЛ – весьма легкий, Л – легкий, С – средний, Т – тяжелый и ВТ – весьма тяжелый

Таблица 3

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

Основными определителями режима являются классы использования конвейера по времени (В) и производительности (П). Они пригодны для всех видов конвейеров.

Классы использования конвейера по грузоподъемности (Н) и по натяжению тягового элемента (Ц) являются дополнительными признаками и учитываются в проверочных расчетах и сравнительном анализе эксплуатируемых конвейеров, а также в расчетах долговечности элементов конвейера.

В таблице 4 приведена характеристика режимов работы ленточных конвейеров.

Таблица 4

Время работы конвейера в сутки	Класс использования конвейера по времени	Режимы работы конвейера	Характерные примеры конвейеров
Менее одной смены	В1	ВЛ	Периодически работающие конвейеры, например, на отдельных секциях склада, для уборки стружки или просыпи земли.

Время работы конвейера в сутки	Класс использования конвейера по времени	Режимы работы конвейера	Характерные примеры конвейеров
Одна смена	В2	Л, С	Конвейеры всех видов, непрерывно работающие (в заданное время) на предприятиях различных отраслей промышленности.
Две смены	В3	С, Т	
Три смены	В4	Т, ВТ	
Круглосуточно	В5	ВТ	Конвейеры для непрерывных технологических процессов в химической, металлургической и других отраслях промышленности, например, конвейер для подачи шихты в доменную печь.

5. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОНВЕЙЕРНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Целью автоматизации механизмов непрерывного транспорта является повышение их производительности и надежности работы. Требования к уровню автоматизации данных механизмов определяются прежде всего характером выполняемых ими функций.

Для конвейеров, которые выполняют часть функций в общем технологическом процессе производства, автоматизация подчинена задачам комплексной автоматизации данного производства. Входящие в технологические комплексы конвейерные установки могут представлять собой сложные поточные транспортные системы большой протяженности. Управление ими и контроль исправности механического и электрического оборудования сосредотачивается в диспетчерском пункте, где с помощью световых табло, мнемонических схем и звуковой сигнализации диспетчер следит за работой конвейеров. В эксплуатационных целях, для ремонта, ревизии и наладки отдельных механизмов конвейерных линий наряду с централизованным

предусматривается также местное управление с пульта, расположенного непосредственно в границах приводной станции.

Автоматизированная система управления (АСУ) конвейерных установок выполняет следующие функции: автоматизация пуска и останова групп машин с центрального щита управления; контроль вступления в работу каждой машины; контроль состояния механизмов всех машин группы; выполнение отдельных вспомогательных операций при непрерывном движении грузов (учет, дозирование, регулирование производительности и т.п.); автоматизацию операций загрузки, разгрузки и распределения грузов по заданным пунктам - адресам с помощью систем автоматического адресования грузов; контроль заполнения бункеров и выдачи грузов в зависимости от их заполнения.

По типу структур АСУ конвейерными установками делятся на системы централизованного и децентрализованного управления, а также системы со смешанной структурой, причем все три типа структур могут быть одноуровневыми и многоуровневыми. Для сложных АСУ конвейерными установками целесообразно рекомендовать децентрализованную многоуровневую АСУ с информационно вычислительными машинами и логическими управляющими устройствами.

В структуру АСУ конвейерными установками входят ряд практически автономных подсистем. Обычно выделяют четыре таких подсистемы: технологического контроля и представления информации; автоматизированного управления; регулирования; технологических защит и блокировок.

Подсистема технологического контроля и представления информации выполняет контроль (измерение, представление), сигнализацию, регистрацию, расчет технико-экономических показателей, связь с другими подсистемами АСУ конвейерными установками.

Информация о состоянии конвейерных установок и их исполнительных механизмов поступает от датчиков, указателей положения, от конечных и путевых выключателей, блок-контактов пускателей, контакторов и функциональной аппаратуры. Контроль параметров конвейерных установок, сведения от которых требуется оперативно персоналу постоянно, дублируется индивидуальными комплектами непрерывного действия.

Контроль наличия груза на ленте осуществляется с целью предотвращения перегрузки рабочего органа, а также переполнение пересыпных устройств в точках перегрузки. В качестве датчика наличия

груза в рассматриваемой подсистеме применяются контактные (датчики нажимного типа) и бесконтактные датчики. В качестве бесконтактных используются индуктивные, радиоактивные емкостные и фотоэлектрические датчики.

Наличие груза на ленте контролируется при помощи датчиков, замыкающих электрическую цепь при отклонении импульсного прибора массой перемещаемого груза. Импульсный элемент в частном случае может быть выполнен в виде лопатки или ролика. При определенной нагрузке провисающая ветвь движущейся ленты приводит во вращение ротор датчика, включает сигнализацию и отключает электропривод конвейера. При транспортировании штучных грузов, если производится их перегрузка с одного конвейера на другой, осуществляется контроль минимально допустимых интервалов между отдельными грузами.

Контроль грузопотока на ленте конвейера может быть осуществлен при использовании соосно расположенных источников и приемников радиоактивных излучений. Сигнал радиоактивного излучения, уровень которого зависит от толщины слоя материала на ленте, преобразуется и поступает на устройство индикации, а затем на сервомотор, управляющий задвижкой бункера. Одновременно сигнал из преобразователя подается на интегрирующее устройство, которое показывает количество транспортируемого груза.

Контроль сбегания ленты осуществляется с помощью датчика, принцип действия которого основывается на перекатывании контролирующего ролика по нерабочей стороне ленты. При отсутствии ленты над роликом рычаг датчика поворачивается и происходит отключение электропривода конвейера. Для контроля сбегания ленты могут также применяться бесконтактные, например фотоэлектрические датчики, которые выполняются в виде фотоэлементов с внешним фотоэффектом, фотосопротивления или фотоэлементы с запирающим слоем.

Контроль пробуксовки и обрыва ленты осуществляется аппаратом, который реагирует также на нарушение целостности ролика опор и работы двигателей. Принцип работы оператора заключается в определении времени оборота рычага, закрепленного на оси ведомого барабана. При увеличении времени оборота рычага, что может быть вызвано только пробуксовкой ленты, подается сигнал на отключение подающего и буксирующего конвейера.

Контроль движения тяговых органов осуществляется с помощью реле скорости, которые подразделяются на механические (динамические, центробежные, гидравлические) и электрические (индуктивные и тахогенераторные). На ленточном конвейере место установки реле скорости можно выбрать произвольно, т.к. скорость ленты по длине конвейера при любом режиме не меняется (обычно его ставят на валу хвостового барабана).

Контроль мет перегрузки осуществляется с помощью сигнализаторов завалов перегрузочных пунктов, работа которых основывается на отклонении подвижного элемента, например, до лотка датчика, который отключает электродвигатель подающего конвейера.

Контроль степени заполнения бункерных установок осуществляется установкой датчиков верхнего и нижнего уровня материала, что позволяет автоматически отключать двигатель загрузочного конвейера при переполнении бункера и двигатель конвейера, на который производится разгрузка, при отсутствии материалов в бункере.

Датчики путевой автоматики определяют постоянную связь отдельных механизмов конвейера с подсистемой технологического контроля.

Движущийся элемент тем или иным способом (чаще всего механическим контактом) воздействует на щуп датчика, который передает сигнал непосредственно в датчик, например, в контактной или бесконтактной конечный выключатель. В датчиках путевой автоматики мощных конвейеров собственно датчикам часто служит индуктивный датчик с бесконтактным переключателем типа БВК-24М.

Устройства представления информации могут быть в виде традиционных измерительных приборов (показывающих, самопишущих и интегрирующих), а также с использованием современных дисплеев или электронно-лучевых индикаторов. На последних с помощью вызывных устройств могут быть представлены интересующие оператора параметры или фрагменты мнемосхемы конвейерных установок. Срабатывание защит, а также отклонившиеся за заданные пределы параметры автоматически выводятся на дисплей. При отказе какого-либо управляющего устройства на дисплее автоматически высвечивается программа работы данного устройства с указанием места, в котором произошел отказ, и «совет» оператору по управлению конвейерными установками. Дистанционный контроль за вступлением в работу каж-

дого конвейера должен отражаться на мнемосхеме, устанавливаемой на центральном щите управления.

Подсистема технологического контроля и представления информации должна быть снабжена двухсторонней звуковой оперативной и предупредительной сигнализацией, в частности, пуску конвейера должна предшествовать звуковая сигнализация.

Подсистема автоматизированного управления конвейерными установками выполняет следующие функции: последовательный пуск двигателей конвейерной линии в порядке обратном направлению грузопотока, с необходимой выдержкой между включением; остановка всей линии с центрального щита управления и каждого конвейера с места установки; местный пуск каждого конвейера (с отключением блокировок) в обоих направлениях при наладке, регулировании и опробовании линии; автоматическое приведение схемы управления в положение «выключено» при отсутствии напряжения.

Программное управление следует рассматривать как частный случай автоматического управления, при котором на различных программносителях записывается программа работы конвейерных систем.

Обычно пусковую кнопку ставят на центральном щите управления, а кнопку «Стоп» располагают в нескольких местах каждого отдельного производственного помещения, в переходных галереях, у приводных механизмов, на участке загрузки и разгрузки – для быстрой аварийной остановки конвейера и предотвращения несчастных случаев. При аварийной остановке одного конвейера в поточной линии немедленно останавливаются все предыдущие конвейеры.

В случае использования односекционной конвейерной линии для мощных установок, где применяется двух или трехдвигательный привод с несколькими приводными барабанами (см. раздел 8), то подсистема автоматизированного управления обеспечивает, при нажатии кнопки «Пуск», одновременное включение всех электродвигателей.

Подсистема регулирования выполняет следующие функции: получение информации о текущем значении регулируемых параметров; сравнение текущих значений регулируемых параметров с заданными значениями; формирование закона регулирования; обмен информацией с другими подсистемами. Например, системами автоматического регулирования производительности конвейерной установки организуется на основе информации, получаемой от датчиков, изменяющих

скорость движения груза, линейную нагрузку, и воздействует на скорость питателей.

Подсистема защит и блокировок определяет минимизацию экономических потерь на восстановление работоспособности оборудования конвейерных установок. Свое назначение подсистема защит и блокировок выполняет путем предотвращения или устранения ситуаций, приводящих к нарушению технологического процесса или к повреждению оборудования. Особую роль играет надежное функционирование блокировок в период проведения пуско-наладочных операций. Конвейерные установки оборудуются блокировками, которые отключают привод конвейера при пробуксовке ленты, поперечном или продольном прорыве ленты, сходе ленты в сторону свыше установленных допусков, повышение температуры барабанов или других механизмов конвейера сверх допустимой величины, а также при децентрировании ленты на приводном и отклоняющих барабанах.

Технические реализации подсистемы защит и блокировок осуществляется рядом унифицированных каналов с принятием мероприятий по повышению их надежности.

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНВЕЙЕРОВ

Вопросам техники безопасности при проектировании и эксплуатации транспортирующих машин уделяется большое внимание. На всех стадиях создания машин – от проектирования, монтажа и до постоянной эксплуатации – закладываются условия ее безопасной работы и обслуживания.

Общие требования безопасности к конструкции и размещению конвейеров всех видов и назначений, применяемых в любой отрасли народного хозяйства устанавливает ГОСТ 12.2.022-80. ГОСТ включает требования к конструкции (по назначению конвейера, особенностям транспортируемых грузов и безопасности эксплуатации) и размещению конвейеров в производственном помещении (устройству проходов, переходов для обслуживания и т.п.). Требования к электрооборудованию регламентированы «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ). Безопасность при эксплуатации машин определяется соответствующими правилами эксплуатации и подробным инструктажем рабочих и обслуживающего персонала.

Конвейеры, предназначенные для транспортирования горячих грузов, должны иметь закрытые или защищенные трассы в зоне горячих мест. При этом температура нагретых нагруженных поверхностей кожухов или ограждения не должна превышать 45⁰С.

Конвейеры, предназначенные для транспортирования пылевидных, пыле-, пара- и газовыделяющих грузов должны иметь укрытия, снабженные местными отсосами для подключения аспирационных устройств и оросительных систем.

Конструкция конвейеров должна предусматривать установку загрузочных и разгрузочных устройств для равномерной и централизованной подачи груза на конвейер в направлении его движения. Загрузочные и разгрузочные устройства должны исключать заклинивание и зависание в них груза, образование просыпей (выпадение летучих грузов) и перегрузку конвейера. В местах передачи транспортируемого груза с одного конвейера на другой конвейер или машину должны быть предусмотрены устройства, исключающие падение грузов с конвейера или машины. Приемная часть конвейеров, загружаемых вручную штучными грузами, должна быть выполнена так, чтобы обеспечивалась загрузка конвейера горизонтальным перемещением груза или с небольшим уклоном в сторону загрузки и исключался подъем груза с пола (погрузочной площадки, транспортных средств).

На наклонных конвейерах (наклонных участках конвейеров) при транспортировании штучные грузы должны находиться в неподвижном состоянии по отношению к плоскости грузонесущего элемента конвейера и не менять положение, принятое при загрузке. В конвейерах, установленных с наклоном, должна быть исключена возможность самопроизвольного перемещения грузонесущего элемента с грузом при отключении привода.

Ленточные конвейеры, предназначенные для транспортирования мокрых и липких грузов, должны иметь устройства для очистки от налипшего груза с обеих сторон нижней ветви ленты, приводных, концевых и отклоняющих барабанов. Ленточные конвейеры должны иметь также устройства для удаления с поверхности нижней ветви просыпавшихся и упавших грузов.

На ленточных конвейерах длиной более 15м для предотвращения боковых смещений ленты должна быть предусмотрена установка направляющих и центрирующих устройств. Не допускается буксование ленты на приводном барабане. В случае возникновения буксова-

ние должно быть ликвидировано способами, предусмотренными конструкцией конвейера (увеличением натяжения ленты, увеличением давления прижимного ролика и т.п.).

На трассах конвейеров с передвижными загрузочными и разгрузочными устройствами должны быть установлены конечные выключатели и упоры, ограничивающие ход загрузочно-разгрузочных устройств.

Наклонные участки конвейеров должны быть снабжены ловителями для захвата тягового элемента в случае его обрыва. Возможность установки конвейера без ловителя проверяют расчетом предельного угла наклона конвейера для каждого конкретного случая. Многоприводные конвейеры должны иметь тормозные устройства на каждом приводе.

Скорость движения ленты конвейеров при ручной грузоразборке должна быть не более: 0,5 м/с – при массе отбираемого груза до 5 кг; 0,3 м/с – при массе наибольшего груза, превышающего 5 кг.

Уровни вибрации на рабочих местах обслуживания конвейеров не должны превышать значений, установленных санитарными нормами СН245-71 [6].

Движущиеся части конвейеров (приводные, натяжные и отклоняющие барабаны, натяжные устройства, опорные ролики и ролики нижней ветви ленты в зонах рабочих мест, ременные и другие передачи, шкивы, муфты и т.п.), к которым возможен доступ обслуживающего персонала и лиц, работающих вблизи конвейеров, должны быть ограждены.

Защитные ограждения должны быть откидные (на петлях, шарнирах) или съемные, изготовленные из отдельных секций. Для удобства обслуживания защитных частей конвейеров в ограждениях должны быть предусмотрены дверцы и крышки. Ограждения, дверцы и крышки должны быть снабжены приспособлениями для надежного удержания их в закрытом (рабочем) положении и в случае необходимости быть сброшены с приводом конвейера для его отключения при снятии (открытия) ограждения. Ограждения приводных, натяжных и отклоняющих барабанов ленточных конвейеров должны закрываться сверху и с торцов барабаны и участки ленты, набегающей на барабаны по длине не менее $R + 1$ м от линии касания барабана с лентой (R – радиус барабана, м), чтобы исключить доступ обслуживающего персонала в эти места для ручной уборки просыпи при работе конвей-

ера. Ограждения следует изготавливать из металлических листов или сетки с размерами ячеек не более 20x20 мм. Не допускается изготавливать ограждения из наваренных на каркас прутков и полос.

В зоне возможного нахождения людей должны быть ограждены:

- канаты и блоки натяжных устройств, груз натяжных устройств на высоту его перемещения и участок пола над ним;
- загрузочные устройства для насыпных грузов, периодически очищаемые обслуживающим персоналом;
- приемные устройства (бункеры, горловины машин и т.п.), установленные в местах сброса грузов с конвейеров;
- нижние выступающие части конвейеров пересекающих проходы для людей (проезды), при помощи устройства навесов, продолженных за габариты конвейеров не менее чем на 1,0 м;
- участок трассы конвейеров, на которых запрещен проход людей, при помощи установки вдоль трассы перил высотой не менее 0,9 м от уровня пола.

Ленточные конвейеры, предназначенные для эксплуатации на открытых площадках должны быть оборудованы защитными средствами, предотвращающими возможность сброса ветром ленты или транспортируемого груза.

На конвейерах, входящих в автоматизированные транспортные или технологические линии, должны быть предусмотрены автоматические устройства для остановки привода при появлении аварийной ситуации.

На технологической линии, состоящей из нескольких последовательно установленных и одновременно работающих конвейеров или из конвейеров в сочетании с другими машинами (питателями, дробилками и т.п.), приводы конвейеров и всех машин необходимо заблокировать так, чтобы в случае внезапной остановки какой-либо машины или конвейера предыдущие машины или конвейеры автоматически отключались, а последующие продолжали работать до полного схода с них транспортируемого груза.

С мест обслуживания должна быть предусмотрена возможность отключения каждого конвейера. Конвейеры в головной и хвостовой частях должны быть оборудованы кнопками «Стоп».

Конвейеры с открытой трассой длиной более 30м должны быть дополнительно оборудованы включающими устройствами, позво-

ляющими останавливать конвейер в аварийных ситуациях с любого места по его длине со стороны прохода для обслуживания.

В схеме управления конвейерами должны быть предусмотрены блокировка или установка предупредительной сигнализации, исключающие возможность повторного включения привода до ликвидации аварийной ситуации.

На участках трассы конвейеров, находящихся вне зоны видимости оператора с пульта управления, должна быть установлена двухсторонняя предупредительная предупредительная звуковая или световая сигнализация, включающаяся автоматически перед выключением привода конвейера.

Окраска в сигнальные цвета опасных частей конвейеров, средств обеспечения безопасности, съемной (навесной) тары и нанесение знаков безопасности производится по ГОСТ 12.4.026-76.

На рабочих местах должны быть помещены таблички, поясняющие значения применяемых средств сигнализации и режим управления конвейером.

Конвейеры необходимо устанавливать так, чтобы расстояние по вертикали от наиболее выступающих частей конвейера (транспортируемого груза) до нижних поверхностей выступающих строительных конструкций (коммуникационных систем) было не менее 0,6 м.

При размещении стационарных конвейеров должна быть предусмотрена возможность применения в доступных местах трассы конвейера механизированной уборки из-под него просыпавшегося груза без остановки конвейера.

В производственных зданиях, галереях, тоннелях и на эстакадах вдоль трассы конвейеров при их размещении должны быть предусмотрены проходы по обе стороны конвейера для безопасного монтажа, обслуживания и ремонта.

Ширину проходов следует определять как расстояние от выступающих строительных конструкций (коммуникационных систем) до наиболее выступающих частей конвейера (транспортируемого груза).

Высоту проходов следует определять как расстояние от уровня пола до низа выступающих строительных конструкций (коммуникационных систем). В наклонных галереях высоту следует измерять по нормали к полу.

Ширина проходов для обслуживания конвейеров должна быть не менее: 0,7 м - для конвейера, обслуживаемого с одной стороны;

1,0м – между параллельно установленными конвейерами (ширина прохода между параллельно установленными конвейерами, закрытыми по всей трассе жесткими и сетчатыми ограждениями, может быть уменьшена до 0,7м).

Ширина проходов для монтажа и ремонта конвейеров должна быть не менее 0,4м. Высота проходов должна быть не менее: 2,2м – для конвейеров, установленных в производственных помещениях, 1,8м – для конвейеров, установленных в галереях, тоннелях или на эстакадах.

По ширине прохода вдоль трассы конвейеров, размещенных в галереях, имеющих наклон к горизонту 6-12° должны быть установлены настилы с поперечинами, а при наклоне более 12° – лестничные марши.

Через конвейеры длиной свыше 20м, размещенные на высоте не более 1,2м от уровня пола до низа наиболее выступающих частей конвейера, в необходимых местах трассы должны быть сооружены мостики для перехода людей и обследования конвейеров, огражденные поручнями высотой не менее 0,9м.

Мостики через конвейеры необходимо располагать на расстоянии друг от друга: 30-50м – в помещениях; не более 100м – в галереях, на эстакадах; 250м – в карьерах.

Мостики должны располагаться так, чтобы расстояние от их настилов до более выступающей части транспортируемого груза было не менее 0,6м, а до низа наиболее выступающих строительных конструкций (коммуникационных систем) – не менее 2м.

Ширину мостиков следует брать не менее 1,0м.

Конвейеры, установленные на такой высоте, при которой оси приводных натяжных барабанов, шкивов находятся выше 1,5м от уровня пола, должны иметь площадки для обслуживания, огражденные поручнями высотой не менее 0,9м.

Необходимо, чтобы расстояние вертикали от настила до низа выступающих строительных конструкций (коммуникационных систем) было не менее 2,0м.

Лестницы мостиков и площадок должны иметь ширину не менее 0,7м, наклоном к горизонту – не более 45°, поручни высотой не менее 0,9м. На участках конвейеров, осмотр которых проводят реже одного раза в смену, допускается устанавливать мостики с вертикальными

лестницами шириной не менее 0,6м. Настилы мостиков и площадок должны быть сплошными нескользкими.

Контроль выполнения требований безопасности должен производиться: при проверке конструкторской документации на конвейеры и их размещение; после изготовления конвейеров, транспортируемых в собранном виде предприятием – изготовителем, при приемочных испытаниях; после окончания монтажа, наладки и обработки вновь устанавливаемых конвейеров; после аналогичных работ, вызванных переносом на другое место конвейера или расширением конвейерной линии; после капитального ремонта и реконструкции конвейера.

Контроль должен включать проверку конвейеров как в нерабочем, так и рабочем состоянии внешним осмотром и замером контролируемых параметров.

Методы определения шумовых характеристик конвейеров приведены в ГОСТ 8.055-73, изменение вибрации – в ГОСТ 1.3731-68.

7. РАСЧЕТ КОНВЕЙЕРА

Расчет ленточных конвейеров ведут в два этапа:

А) Предварительно определяют основные параметры – допустимый угол наклона конвейера, скорость и ширину ленты, толщину ее обкладок, тяговое усилие, мощность привода, натяжение ленты, число ее прокладок, диаметры барабанов и роликов, шаг роликоспор, тормозной момент, выбирают электродвигатели, редукторы, тормоза, уточняют скорость ленты.

Б) Производят поверочный расчет конвейера по уточненным формулам – проверяют производительность, выполняют тяговый расчет конвейера методом обхода по характерным точкам трассы, уточняют значение мощности привода, проверяют прочность ленты, рассчитывают натяжное устройство. Тяговый расчет конвейера большой мощности (более 200 кВт) выполняют в двух вариантах при установившемся режиме и в момент трогания с места при полной нагрузке. Все коэффициенты сопротивления при трогании конвейера с места принимают обычно в полтора раза большими, чем в установившемся режиме движения. Если по условиям эксплуатации конвейер может быть остановлен под нагрузкой с заполненной нагрузочной воронкой, то тяговый расчет его в пусковом режиме должен быть выполнен независимо от мощности привода (даже при малой мощности), с учетом

трения ленты о насыпной груз, лежащий в загрузочной воронке (в расчет принимается коэффициент трения в покое).

На первом этапе расчета используют нормативные данные и ряд эмпирических формул. В результате выполнения первого этапа расчета получают параметры конвейера, нужные для поверочного расчета. Последний необходимо выполнять для проектирования крупноконвейерных установок. Это обуславливается тем, что, пользуясь при выполнении первого этапа расчета приближенными эмпирическими формулами, зачастую получают решение, отличающееся от оптимального. Поверочный расчет помогает выправить эту погрешность и создать наиболее экономичный проект конвейерной установки.

А.1. Определение ширины ленты.

При транспортировании насыпных грузов ширину ленты определяют по максимальной расчетной производительности загрузочного устройства и крупности кусков транспортируемого груза, а для штучных грузов – в зависимости от количества и габаритных размеров грузов и способа их подачи на ленту конвейера.

Необходимая ширина (м) ленты:

$$B = 1,1 \cdot b + 0,056 = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{Q}{K \cdot V \cdot p \cdot K_{\beta}}} + 0,05 \right), \quad (9)$$

где $Q = \frac{Q}{T \cdot K}$ – расчетная производительность конвейера, т/ч; Q –

максимальная производительность, т/сутки; T – время работы конвейера в сутки, ч; $K = K_{\beta} \cdot K_{\Gamma} \cdot K_{\text{H}}$ – общий эксплуатационный коэффициент; K_{β} – расчетный коэффициент фактического использования конвейера, принимаем равным 0,85; K – коэффициент готовности, для ленточных стационарных конвейеров принимается равным 0,96; K_{H} – коэффициент неравномерности загрузки, берется равным 0,92;

$K_{\text{nc}} = \frac{3600 \cdot F}{b^2}$ – коэффициент площади поперечного сечения груза на ленте (табл.5); V – скорость движение ленты, м/с. выбирают по таблице 6 в зависимости от характеристики транспортируемого груза, ширины ленты наличия промежуточной разгрузки, назначения, местоположения конвейера. Для конвейеров, имеющих промежуточную нагрузку при помощи барабанных разгрузателей, принимают ско-

рость ленты не более 2 м/с, плужковых разгрузателей – 1,0 – 1,6 м/с. Наиболее употребительный нормальный ряд скоростей по ГОСТ 22644-77 приведен в разделе 2; ρ – плотность груза, т/м³; K_{β} – коэффициент уменьшения сечения груза на наклонном конвейере, берется из таблицы 7

Таблица 5

Роликоопора	Угол наклона боковых роликов α , град	Подвижность частиц		
		легкая	средняя	малая
Прямая (рис 3а)	0	158	240	328
Желобчатая трехро- ликовая (рис 3б)	20	393	470	550
	30	480	550	625
	45	580	633	692
	60	582	620	692

Таблица 6

Рекомендуемые скорости движения ленты, м/с

Транспортируемые грузы	Ширина ленты, мм				
	400 - 500	650 - 800	1000 - 1200	1400 - 1600	2000 - 2500
Порошкообразные и зернистые, крашение которых не понижает их качества	1,25 - 1,6	2 - 2,5	2,5 - 4	3,15 - 4	3,15 - 5
Мелко и среднекусковые	1,25 - 1,6	1,6 - 2	2 - 2,5	2,5 - 3,15	3,15
Крупнокусковые	-	-	1,6 - 2	2 - 2,5	2,5 - 3,15
Пылевидные и порошковые образные, сухие, пылящиеся	0,8	0,8	1	1	1
Хрупкие, кусковые, крошение которых снижает их качество	1,25	1,6	1,6	2	2
Зерно	1,6	2 - 2,5	3,15 - 4	-	-
Овощи	0,8	0,8	1	-	-

Таблица 7

Подвижность частиц груза	φ_1 , град	Угол наклона конвейера, град				
		1 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 24
Легкая	10	0,95	0,9	0,83	0,8	-
Средняя	15	1	0,97	0,95	0,9	0,85
Малая	20	1	0,98	0,97	0,95	0,9

В таблице 6 приведены рекомендуемые скорости движения (м/с) ленты конвейера при транспортировании насыпных грузов без промежуточной разгрузки.

В таблице 7 под φ_1 понимают угол свободного расположения насыпного груза в поперечном сечении движущейся ленты (см. рис. 6)

С увеличением ширины ленты повышается устойчивость и центрирование ее движения и понижается возможность просыпи груза. Поэтому для широких лент возможны более высокие скорости (в заданных пределах), чем для узких, при прочих равных условиях. Для конвейеров, расположенных в закрытых помещениях, принимают меньшие скорости, чем для конвейеров, работающих на открытой местности. Для конвейеров с наибольшим углом наклона целесообразны меньшие скорости, чем для горизонтальных конвейеров, чтобы избежать возможной просыпи груза. В современных установках стремятся повысить скорость движения ленты для увеличения производительности конвейера. Однако повышение скорости предъявляет более жесткие требования к качеству изготовления роlikоопор и барабанов, т.к. необходима их динамическая балансировка.

При транспортировании кусковых грузов полученную по формуле (9) ширину ленты необходимо проверить по кусковатости груза согласно условию

$$B = X \cdot a + 200, \quad (10)$$

где B_k - ширина ленты с учетом кусковатости груза, мм; X - коэффициент крупности груза (принимают для сортированного груза принимают $X = 3,5$, для рядового груза $X = 2,5$); a - максимальный линейный размер типичных кусков груза, мм.

Если вычисленная по формуле (9) ширина ленты $B > B_k$, то надо принять ширину B_k и соответственно уменьшить скорость движения ленты для обеспечения заданной производительности. Окончательно ширину ленты выбирают из нормального ряда по ГОСТ 22644-77, приведенного в разделе 2.

При транспортировании штучных грузов ширину ленты определяют в зависимости от габаритных размеров груза и способа загрузки его на ленту так, чтобы по обе стороны от грузов оставались свободные поля ленты шириной не менее 50 – 100 мм. Загрузочное устройство должно обеспечивать наибольшее рациональное положение груза на ленте минимальной ширины, например, направить груз длинной стороной вдоль, а не поперек ленты. Скорость ленты выбирают в пределах 0,5 – 1 м/с в зависимости от характера груза, его массы и производительности конвейера. Если на конвейере выполняется какой-либо технологический процесс, то скорость ленты определяют по его ритму.

А.2. Приближенное определение натяжения ленты и мощности привода.

Для опоры ленты на участке между концевыми барабанами устанавливают роlikоопоры. По расположению на конвейере роlikоопоры разделяют на верхние (для опоры грузонесущей ветви ленты) и нижние (для опоры обратной ветви). Тип роlikоопоры (желобчатая или прямая) и диаметр ролика D_p выбирают в зависимости от ее назначения, характеристики транспортируемого груза, ширины и скорости движения ленты (табл. 8).

Таблица 8

Диаметр ролика D_p , мм	Ширина ленты, мм	Плотность транспортируемого груза, т/м ³ , не более	Максимальная скорость движения ленты, м/с
89	400; 500; 650;	1,6	2,0
	800	1,6	1,6
108	400; 500; 650	2,0	2,5
	800; 1000; 1200	1,6	2,5
133	800; 1000; 1200	2,0	2,5
159	800; 1000; 1200	3,5	4,0
	1400;	3,5	3,2
	1600; 2000	3,5	3,2
194, 219, 245	800; 1000; 1200	3,5	4,0
	1600; 2000	4,0	6,3

Ролик должен иметь такой диаметр, при котором выполняется два условия: 1) момент трения ленты без груза о ролик больше момента трения в подшипниках и уплотнения, иначе лента будет скользить по роликам; 2) под действием центробежной силы вращающегося ролика груз не дол-

жен отрываться от ленты при огибании ролика. Диаметр ролика повышается с увеличением скорости ленты, плотности и кусковатости груза и коэффициента трения в подшипнике и при снижении коэффициента сцепления ленты с роликом. Однако значительное увеличение диаметра ролика нежелательно, так как при этом увеличивается его масса и стоимость.

Нагрузка на роликкоопору определяется суммой сил тяжести ленты и груза, находящегося в пролете между роликкооперами. На участках перегиба ленты к этим нагрузкам добавляется еще составляющая сила от натяжения ленты.

В трехроликовой желобчатой опоре вертикальная нагрузка на средний (горизонтальный) ролик составляет примерно 70%, а на боковые – 15% общей нагрузки на роликкоопору.

Расстояния между роликкооперами на верхней ветви ленты выбирают в зависимости от характеристики транспортируемых грузов (табл. 9). Расстояния между роликкооперами на нижней ветви принимают в 2 – 2,5 раза большими, чем на верхней, но не более 3,5м.

Рекомендуется применять желобчатые роликкоопору в рабочей ветви ленты с углом наклона бокового ролика в 30^0 (см. рис. 6, $\alpha_{ж} = 30^0$).

Таблица 9

Ширина ленты, мм	Плотность груза, т/м ³				
	До 0,8	0,81 - 1,6	1,61 - 2	2,1 - 2,5	Более 2,5
400	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2
500	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2
650	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
800	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1
1000	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
1200	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
1400	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
1600	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
2000	1,3	1,2	1,2	1,0	1,0

Общее сопротивление при установившемся движении ленты по всей трассе загруженного конвейера, равное тяговому усилию привода определяют по обобщенной формуле:

$$W \approx K_d \cdot L_r \cdot [(q_r + q_{p.v.} + q_l) \cdot \omega_v + (q_n + q_{p.n.}) \cdot \omega_n] \pm q_r \cdot H, \text{ Н} \quad (11)$$

где K_d - обобщенный коэффициент местных сопротивлений на оборотных барабанах, в местах загрузки и других пунктах:

Длина конвейера, м	10	20	30	40	50	100	200	300	500	1000 и более
K_d	4,5	3,2	2,8	2,6	2,4	1,7	1,5	1,4	1,3	1,1

L_T - длина горизонтальной проекции расстояния между осями концевых барабанов конвейера (см. рис. 2); H – длина вертикальной проекции, м;

$q_T, q_L, q_{p.v.}, q_{p.n.}$ - линейные силы тяжести соответственно груза, ленты и вращающихся частей роlikоопор на верхней и нижней ветвях ленты, Н/м;

ω_v - коэффициент сопротивления движению верхней ветви ленты; при движении ленты на желобчатых трехроlikовых опорах значение ω_v следующее:

Условия работы конвейера	Хорошие	Средние	Тяжелые (летом)	Тяжелые (зимой)
Длина конвейера, м:				
до 100 включительно	0,02	0,025	0,035	0,045
более 100м	0,018	0,022	0,032	0,042

ω_n - коэффициент сопротивления движению нижней ветви ленты (для ветви на прямых однороlikовых опорах для хороших условий работы конвейера $\omega_n = 0,018$, средних $\omega_n = 0,022$, тяжелых $\omega_n = 0,03$, тяжелых зимой $\omega_n = 0,04$); знак «+» перед последним членом ставится при подъеме груза, а «-» при спуске.

Условия работы	Характеристика условий работы
Хорошие	Чистое, сухое отапливаемое, беспыльное, хорошо освещенное помещение, удобный доступ для обслуживания
Средние	Отапливаемое помещение, но пыльное или сырое, средняя освещенность, удобный доступ для обслуживания
Тяжелые	Работа в неотапливаемом помещении и на открытом воздухе, плохая освещенность и удобный доступ для обслуживания

Линейная сила тяжести (Н/м) насыпного груза определяем по формуле

$$q = \frac{g \cdot Q}{3,6 \cdot V}, \quad (12)$$

где Q - расчетная средняя производительность конвейера, т/ч
 $Q = \frac{Q}{T \cdot K}$; T - время работы конвейера в сутки; K_3 - общий эксплуатационный коэффициент; $K_3 = K_3 \cdot K_r \cdot K_n = 0,85 \cdot 0,96 \cdot 0,92 = 0,75$; V_1 - скорость движения ленты конвейера, м/с; g - ускорение свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Для штучных грузов:

$$q = \frac{g \cdot m}{l}, \quad (13)$$

где m_r - масса одного наиболее тяжелого груза или комплекта грузов, кг;

l_0 - расстояние между отдельными грузами в направлении движения ленты, м.

Для вращающихся частей роликоопор на верхней и нижней ветвях:

$$q = \frac{g \cdot m}{l}; \quad (14)$$

$$q = \frac{g \cdot m}{l}, \quad (15)$$

где $l_{p.v}$ и $l_{p.n}$ - расстояния между роликоопорами соответственно на верхней и нижней ветвях ленты, м (см. табл.9); $m_{p.v}$ и $m_{p.n}$ - массы вращающихся частей соответственно верхней и нижней роликоопоры, кг (принимают по каталогам завода изготовителя).

При отсутствии числовых данных массу вращающихся частей можно определить по приближенным эмпирическим формулам:

для трехроликовой опоры

$$m_p \approx [A_m + B_m \cdot (B - 0,4)] \cdot D_p^2 \cdot 10^{-4} \quad (16)$$

для однороликовой опоры

$$m_p \approx [6 + 14 \cdot (B - 0,4)] \cdot D_p^2 \cdot 10^{-4}$$

(17)

где B – ширина ленты, м; D_p – диаметр ролика, мм; A_m и B_m – эмпирические коэффициенты: для легкого ролика $A_m = 8$, $B_m = 9$; среднего $A_m = 10$, $B_m = 10$; тяжелого $A_m = 15$, $B_m = 12$.

Линейная сила тяжести резинокросовой ленты находится:

$$q_l = g \cdot m_l \cdot B,$$

(18)

где m_l – масса 1 м^2 ленты, кг (см. табл.10).

Таблица 10

Характеристики резинокросовых лент

Параметр	2РТЛ-1500	2РТЛ-1600	2РТЛ-2500	2РТЛ-3150	2РТЛ-4000	2РТЛ-5000	2РТЛ-6000
Диаметр троса, мм	4,2	4,65	7,5	8,25	10,6	10,6	11,6
Шаг между тросами, мм	9	9	14	14	17	17	18
Прочность ленты S_p , кН/мм ширины	1,5	1,6	2,5	3,15	4	5	6
Максимальное допустимое натяжение на 1мм ширины ленты $S_{p.t.}$, Н/мм	180	190	300	380	450	600	700
Расчетная масса m_l 1 м^2 ленты, кг/ м^2	28	29	37	43	50	53	65
Рекомендуемый диаметр приводного барабана $D_{б,м}$	0,8	0,8	1	1,25	1,6	1,6 - 2	2 - 2,5

Мощность приводного двигателя определяется по следующему выражению:

$$N = \frac{K \cdot W \cdot V}{1000 \cdot \eta}, \quad (19)$$

где K_3 – коэффициент запаса, $K_3 = 1,15$;

η – общий К.П.Д. механизмов привода $\eta = 0,8 \div 0,9$.

А.3. Выбор схемы приводных механизмов.

Приводы ленточных конвейеров очень разнообразны. Они различаются числом приводных барабанов, типом передаточного механизма, взаимным расположением частей, наличием или отсутствием турбомуфт, тормозных устройств, мощностью двигателей и пр.

По числу приводных барабанов различают одно-, двух- и трехбарабанные приводы (см. рис. 7,8,9,10). Отдельную группу составляют приводы прижимным роликом (или батареей роликов), с прижимной и приводной лентами, предназначенными для повышения тяговой способности привода.

Барабанный привод состоит из барабана, передаточных механизмов (муфт и редукторов) и двигателя. В приводах наклонных конвейеров устанавливают также стопное устройство (останов) и тормоз, препятствующие в случае включения двигателя самопроизвольному движению ленты вниз под действием силы тяжести находящегося на ней груза.

Однобарабанные приводы бывают с одним (см. рис.7) или с двумя (см. рис.11) двигателями: двухбарабанные с близко расположенными друг около друга приводными барабанами (см. рис.8,9) и с отдельным расположением приводных барабанов на переднем и заднем концах конвейера (см. рис.10); трехбарабанные с близко расположенными друг около друга барабанами (см.рис.8б) или с отдельным расположением двух приводных барабанов на переднем (головном) и одного на заднем концах конвейера. Трехбарабанные приводы из-за сложности многократных перегибов ленты и недостаточной надежности применяют крайне редко.

К преимуществам однобарабанного привода относятся простота конструкции, высокая надежность, небольшие габаритные размеры, единственный перегиб ленты, оптимальная возможность использования силы тяжести спускающейся обратной ветви ленты, как части тяговой силы для наклонных горизонтально-наклонных конвейеров. Недостатками являются ограниченный угол обхвата лентой приводного барабана (обычного до 240°) и обусловленный этим пониженный коэффициент использования прочности ленты.

К преимуществу двухбарабанного привода (по сравнению с однобарабанным) относится увеличенный общий угол обхвата лентой приводных барабанов (обычно до 400°), обуславливающий возможность выбора менее прочной ленты. К недостаткам двухбарабанного привода можно отнести увеличенные габариты и усложнение конструкции, пониженную надежность работы, повышенную стоимость, многократный перегиб ленты, обуславливающий снижение срока ее службы.

При выборе однобарабанного или двухбарабанного привода учитывают коэффициенты трения между лентой и поверхностью приводного барабана и использования прочности ленты, профиль и протяженность трассы конвейера и, в отдельных случаях, местные условия расположения конвейера. Двухбарабанный привод обычно устанавливают на горизонтальных и горизонтально-наклонных конвейерах большой протяженности, когда при однобарабанном приводе нельзя использовать ленту имеющейся прочности.

В конвейерных установках для открытых разработках и горнообогатительных комбинатов получили применение многодвигательные однобарабанные, двухбарабанные и трехбарабанные приводные станции, причем для последних распространены схемы с установкой всех трех приводов в головной части, а также двух в головной и одного в хвостовой части конвейера. Схемы наиболее распространенных приводов ленточных конвейеров приведены на рис.12.

А.4. Тяговая способность приводных барабанов.

По общей теории фрикционного однобарабанного привода соотношение между натяжениями ветвей ленты (набегающей на приводной барабан $S_{нб}$ и сбегаящей $S_{сб}$ (см. рис.7)) при отсутствии скольжения определяется выражением:

$$S_{нб} \leq S_{сб} \cdot e^{\mu\alpha} \quad (20)$$

где μ - коэффициент трения (сцепления) ленты по поверхности барабана (см. табл.11); α – угол обхвата лентой барабана, рад.

Соотношение (20) выведено русским ученым Л. Эйлером.

Величину $e^{\mu\alpha}$, определяющую тяговую способность приводного барабана, называют тяговым фактором.

Значение тягового фактора $T = e^{\mu\alpha}$ и коэффициента $\Gamma = 1/(e^{\mu\alpha} - 1)$ определяют из табл.12.

Тяговое (окружное) усилие, которое может передать приводной барабан, без учета потерь на самом барабане из-за жесткости ленты

$$W = S_{\text{нб}} - S_{\text{сб}} = S_{\text{сб}} \cdot (e^{\mu\alpha} - 1) \quad (21)$$

или

$$W \leq (e^{\mu\alpha} - 1) \cdot S_{\text{нб}} / e^{\mu\alpha} \quad (22)$$

Как видно из формул (21) и (22), тяговое усилие, которое может быть передано с приводного барабана на ленту, возрастает с увеличением угла обхвата, коэффициента трения μ и первоначального натяжения ленты. Коэффициент трения зависит от рода поверхности барабана и состояния соприкасающихся поверхностей ленты и барабана, а угол обхвата – от схемы огибания лентой приводного барабана. Для повышения коэффициента трения поверхность обода приводного барабана покрывают (футеруют) фрикционными материалами (например, резиной) с канавками (насечками) глубиной 3-4мм, образующими прямоугольные или ромбические клетки для сбора грязи и отвода влаги. При нефутерованном барабане коэффициент трения небольшой и требуется значительное первоначальное натяжение, поэтому использование нефутерованных барабанов неэффективно.

Для обеспечения необходимого запаса силы трения на приводном барабане расчетное натяжение сбегавшей ветви ленты принимают несколько увеличенным:

$$S_{\text{сб}} = K_3 \cdot W / (e^{\mu\alpha} - 1) \quad (23)$$

Таблица 11

Поверхность приводного барабана	Состояние соприкасающихся поверхностей ленты и барабана	Атмосферные условия	Условия работы конвейера	μ
Стальная или чугунная, без футервки	Чистые	Сухо	Х	0,35
	Пыльные	Сухо	С	0,3
	Загрязненные не липким грузом (песком, углем и т.п.)	Влажно	Т	0,2
	Загрязненные липким грузом (глиной и т.п.)	Влажно	Т	0,1

Окончание табл. 11

Футерованная резиной	Чистые	Сухо	Х	0,5
	Пыльные	Сухо	С	0,4
	Загрязненные не липким грузом	Влажно	Т	0,25
	Загрязненные липким грузом	Влажно	Т	0,15
Поверхность приводного барабана	Состояние соприкасающихся поверхностей ленты и барабана	Атмосферные условия	Условия работы конвейера	μ
Футерованная прорезиненной лентой без обкладки	Чистые	Сухо	Х	0,45
	Пыльные	Сухо	С	0,35
	Загрязненные не липким грузом	Влажно	Т	0,25
	Загрязненные липким грузом	Влажно	Т	0,1

Таблица 12

Коэффициент трения μ	Величина	Углы обхвата лентой барабана α , градус				
		200	240	300	360	400
0,15	Т	1,69	1,88	2,2	2,57	2,85
	Г	1,45	1,14	0,84	0,64	0,54
0,25	Т	2,4	2,85	3,71	4,82	5,74
	Г	0,72	0,54	0,37	0,26	0,21
0,3	Т	2,85	3,52	4,82	6,6	8,14
	Г	0,54	0,4	0,26	0,18	0,14
0,35	Т	3,4	4,34	6,27	9,05	11,55
	Г	0,42	0,3	0,19	0,13	0,08
0,4	Т	4,05	5,35	8,14	12,39	16,38
	Г	0,33	0,23	0,14	0,09	0,07

Примечание. Коэффициент $\mathcal{K} = e^{\mu\alpha} / (e^{\mu\alpha} - 1) = \Gamma + 1$.

Тогда расчетное натяжение набегающей ветви ленты

$$S_{\text{нб}} = S_{\text{сб}} \cdot e^{\mu\alpha} = K_3 \cdot W \cdot e^{\mu\alpha} / (e^{\mu\alpha} - 1), \quad (24)$$

где $K_3 = 1,1 \div 1,2$ - коэффициент запаса сцепления ленты с барабаном;

W – тяговое усилие, равное общему сопротивлению движения ленты, определяемое тяговым расчетом конвейера, Н.

Значения коэффициента сцепления μ , приведенные в табл.10 можно рекомендовать для скорости движения ленты близкой к 2..3 м/с, при повышенной скорости движения ленты ($V_{л} = 3$ м/с) на основе экспериментальных данных рекомендуется следующие значения коэффициента μ (табл.13) [4].

Таблица 13

Условия работы	Чистый стальной барабан без насечек	Резина гладкая (стреловидные желобки). Толщина обкладки 8мм	Полиуретан, слегка волнистый, желобки стреловидные
Чисто, сухо	0,4 - 0,5	0,5 - 0,6	0,5 - 0,6
Слегка влажно, количество воды 1-2 г/м ² поверхности ленты	0,1 - 0,15	0,4	0,4
Очень влажно, количество воды 50 г/м ²	0,1	0,25 - 0,3	0,3 - 0,35
Очень сильное загрязнение суглинком, количество глины 100 г/м ² +30% воды	0,05	0,2 - 0,25	0,15
Очень сильное загрязнение глиной, количество глины 150 г/м ² + 40% воды	0,05	0,15	0,1 - 0,15

Нагрузки на современных высокопроизводительных ленточных конвейерах настолько велики, что создать необходимое тяговое усилие с помощью одного приводного барабана при допустимых натяжениях ленты не всегда удастся. Поэтому высокопроизводительные конвейеры, особенно на горных предприятиях имеют по два и более приводных барабана. В связи с этим возникает задача рационального распределения суммарного тягового

усилия, тягового фактора и общей мощности на приводных барабанах, взаимодействующих через ленту.

Рассмотрим двухбарабанный привод конвейера с близко расположенными друг около друга приводными барабанами (рис.8а и 9).

В двухбарабанном приводе имеем:

$$S_{нб1} \leq S_{сб2} \cdot e^{(\mu_1 \cdot \alpha_1 + \mu_2 \cdot \alpha_2)}, \quad (25)$$

где $S_{нб1}$ – натяжение ветви ленты, набегающей на первый по ходу ленты приводной барабан, Н; $S_{сб2}$ – натяжение ветви ленты, сбегающей со второго приводного барабана, Н; μ_1 и μ_2 – коэффициенты трения ленты соответственно о поверхность первого и второго барабанов; α_1 и α_2 – углы обхвата лентой соответственно первого и второго барабанов, рад.

Для обеспечения более высокого коэффициента трения обводка должна быть такой, чтобы лента соприкасалась с поверхностью барабана нижней (внутренней «чистой») стороной, как показано на рис.8а.

Общая потребная мощность двигателей определенная по формуле (19), распределяется между барабанами следующим образом:

$$N = N_1 + N_2; \quad (26)$$

$$N_1 = NK_{\phi} / (K_{\phi} + 1) \approx N_{1д}; \quad (27)$$

$$N_2 = N / (K_{\phi} + 1) \approx N_{2д}, \quad (28)$$

где $K_{\phi} = N_{1д} / N_{2д}$ - коэффициент соотношения мощностей принятых электродвигателей на первом и втором барабанах; $N_{1д}$ и $N_{2д}$ - принятые по каталогу мощности электродвигателей.

Обычно принимают $K_{\phi} = 1 \div 3$ в зависимости от коэффициента использования прочности ленты. Для наибольшей унификации оборудования часто принимают $K_{\phi} = 2$, тогда на первом барабане устанавливают два одинаковых приводных механизма и электродвигателя, а на втором – один такой же комплект (см. рис.9б).

Общее суммарное тяговое усилие W , необходимое для преодоления всех сопротивлений движению ленты на трассе конвейера, распределяется на два окружных усилия W_1 и W_2 , создаваемых первым и вторым барабанами:

$$W = W_1 + W_2; \quad (29)$$

$$W_1 = W \cdot K_\phi / (K_\phi + 1); \quad (30)$$

$$W_2 = W / (K_\phi + 1). \quad (31)$$

Расчетное натяжение ветви ленты, сбегаящей со второго барабана:

$$S_{сб2} = W_2 \cdot K_3 / (e^{\mu_2 \cdot \alpha_2} - 1). \quad (32)$$

Натяжение ленты, набегающей на второй и сбегаящей с первого барабана

$$S_{нб2} = S_{сб1} = S_{сб2} \cdot e^{\mu_2 \cdot \alpha_2}. \quad (33)$$

Натяжение ветви ленты, набегающей на первый барабан

$$S_{нб1} = S_{сб1} + K_3 \cdot W_1 = S_{сб2} \cdot e^{\mu_2 \cdot \alpha_2} + K_3 \cdot W_1. \quad (34)$$

Так как

$$S_{нб1} / S_{сб2} \leq e^{(\mu_1 \cdot \alpha_1 + \mu_2 \cdot \alpha_2)} \leq e^{\mu_1 \cdot \alpha_1} \cdot e^{\mu_2 \cdot \alpha_2},$$

то тяговый фактор для первого приводного барабана

$$e^{\mu_1 \cdot \alpha_1} \geq S_{нб1} / S_{сб2} \cdot e^{\mu_2 \cdot \alpha_2}. \quad (35)$$

По натяжению $S_{нб1}$ рассчитывают ленту на прочность.

Необходимая прочность резинотросовой ленты определяется:

$$S_{рт} = S_{\max} \cdot K'_0 / B, \quad (36)$$

где B – ширина ленты, мм;

$$K'_0 = K_0 / (K_{ст} \cdot K_T \cdot K_p). \quad (37)$$

K'_0 - расчетный коэффициент запаса прочности ленты; $K_{ст}$ - коэффициент прочности стыкового соединения концов ленты (для вулканизированного стыка $K_{ст} = 0,9 \div 0,85$), K_T – коэффициент конфигурации трассы (для горизонтального конвейера $K_T = 0,9$), K_p - коэффициент режима работы конвейера:

Режим работы	Весьма легкий (ВЛ)	Легкий (Л)	Средний (С)	Тяжелый (Т)
K_p	1,2	1,1	1,0	0,95

K_0 - номинальный запас прочности (при расчете по нагрузкам установившегося движения $K_0 = 7$, при проверочных расчетах по максимальным пусковым нагрузкам принимают $K_0 = 5$).

Коэффициент полезного использования прочности ленты в общем виде:

$$\Phi = W/S_{нб} = W/(W + S_{сб}) = (e^{\sum \mu \alpha} - 1) / e^{\sum \mu \alpha} \quad (38)$$

Для однобарабанного привода:

$$\Phi_1 = (e^{\sum \mu \alpha} - 1) / e^{\sum \mu \alpha} \quad (39)$$

Для двухбарабанного привода:

$$\Phi_2 = (e^{(\mu_1 \cdot \alpha_1 + \mu_2 \cdot \alpha_2)} - 1) / e^{(\mu_1 \cdot \alpha_1 + \mu_2 \cdot \alpha_2)} \quad (40)$$

Коэффициенты Φ для различных значений μ и K_ϕ даны в табл.14.

Таблица 14

Привод	μ				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Однобарабанный	0,34	0,57	0,72	0,82	0,88
Двухбарабанный при K_ϕ					
1	0,51	0,73	0,84	0,9	0,94
1,5	0,57	0,77	0,87	0,91	0,94
2	0,5	0,82	0,89	0,93	0,95
3	0,45	0,76	0,92	0,94	0,96

Анализ данных табл.14 показывает, что при $\mu \geq 0,3$ коэффициенты использования прочности ленты для однобарабанного и двухбарабанного приводов приблизительно одинаковы и, следовательно, целесообразно применять однобарабанный привод.

Важной задачей при проектировании конвейерных установок является выбор диаметра барабанов. Диаметр барабана определяется

его назначением, действующим на барабане натяжением, шириной и типом тягового каркаса ленты.

Для резиновой ленты

$$D = D_6 \cdot K_6, \quad (41)$$

где D_6 – диаметр приводного барабана; K_6 – коэффициент, зависящий от назначения барабана (для концевых, оборотных и натяжных барабанов при натяжении ленты до 60% от допускаемого $K_6 = 0,8 \div 0,85$, а более 60% от допускаемого $K_6 = 0,9$; для отклоняющегося барабана $K_6 = 0,5$).

Полученный по формуле (41) диаметр барабана надо округлить до ближайшего большего или меньшего размера из нормального ряда размеров барабанов по ГОСТ 44644-77.

Выбранный диаметр приводного барабана D_6 (мм) проверяют по действующему давлению ленты на поверхность барабана $P_{л}$, которое не должно превышать допускаемого $P_{д.л.}$:

$$P_{л} = \frac{360}{\alpha \cdot \pi \cdot B \cdot D_6} \cdot (S_{нб} + S_{сб}) = \frac{360}{\alpha \cdot \pi \cdot B \cdot D_6} \cdot \left(\frac{e^{\mu\alpha} + 1}{e^{\mu\alpha}} \right), \quad (42)$$

где $S_{нб}$ и $S_{сб}$ – натяжение соответственно ветвей ленты набегающей и сбегавшей с барабана при установившемся движении, Н; α – угол обхвата лентой барабана, град; B – ширина ленты, мм.

Б. Проверочный расчет конвейера.

Б.1. Подробный тяговый расчет

Для подробного тягового расчета всю трассу конвейера разделяют на отдельные участки по виду сопротивлений – прямолинейные (горизонтальные, наклонные), повороты – отклонение ленты на роликах или барабанах, узлы загрузки и разгрузки и т.п. Расчет конвейера выполняют методом последовательного суммирования сил сопротивления движению ленты по всей трассе конвейера.

Нумерацию и расчет начинают от точки сбегания ленты с приводного барабана и продолжают по всему контуру трассы до конечной точки набегающей ленты на приводной барабан.

Сопротивление движению ленты на прямолинейных участках: на нижней (обратной) ветви

$$W_{\text{н}} = w_{\text{н}} \cdot (q_{\text{л}} + q_{\text{р.н}}) \cdot l \pm q_{\text{л}} \cdot h, \quad (44)$$

на верхней (рабочей) ветви

$$W_{\text{в}} = w_{\text{в}} \cdot (q_{\text{л}} + q_{\text{г}} + q_{\text{р.н}}) \cdot l \pm (q_{\text{л}} + q_{\text{г}}) \cdot h, \quad (45)$$

где кроме величин, обозначенных ранее, l и h – горизонтальная и вертикальная проекции длины рассматриваемого прямолинейного участка, м.

Для горизонтального участка $h = 0$, для незагруженной верхней ветви $q_{\text{г}} = 0$.

Натяжение ленты, сбегаящей с отклоняющего или оборотного барабана

$$S_2 = \xi \cdot S_1, \quad (46)$$

где ξ – коэффициент сопротивления движению ленты на барабане (обычно принимают $\xi = 1,02 \div 1,06$ в зависимости от угла обхвата и условий работы конвейера); S_1 – натяжение ленты, набегающей на отклоняющийся барабан, Н.

Натяжение ленты, сбегаящей с роликовой батареи

$$S_2 = \lambda \cdot S_1, \quad (47)$$

где λ – коэффициент сопротивления движению ленты на роликовой батарее (обычно принимают $\lambda = 1,02 \div 1,06$ в зависимости от угла отклонения и условий работы конвейера); S_1 – натяжение ленты набегающей на роликовую батарею.

Сопротивление движению ленты в месте загрузки конвейера транспортируемым грузом

$$W_3 = W_{3.у} + W_{3.б} + W_{3.л}, \quad (48)$$

где $W_{3.у}$ – сопротивление, возникающее от сообщения грузу необходимого ускорения при подаче его на ленту и неизбежного при этом трения частиц груза о ленту

$$W_{3.у} \approx q_{\text{гр}} \cdot (V^2 + V_0^2) / g; \quad (49)$$

$q_{\text{гр}}$ – линейная сила тяжести насыпного груза, Н/м; V_0^2 – проекция скорости движения частиц груза при поступлении его на ленту из загруженной воронки, м/с; $W_{3.б}$ – сопротивление трению частиц груза о неподвижные борта направляющего лотка воронки:

$$W_{з.б} = f_1 \cdot h_6^2 \cdot p \cdot g \cdot l_{л} \cdot \eta_6; \quad (50)$$

f_1 – коэффициент трения частиц груза о стенку борта лотка (рекомендуется принимать для камня и руды $f_1 = 0,8 \div 0,9$; для песка, щебня и цемента $f_1 = 0,7$; для угля $f_1 = 0,4$); h_6 – высота груза у борта лотка, м; $l_{л}$ – длина бортов лотка, м; η_6 – коэффициент бокового давления ($\eta_6 \approx 0,6 \div 0,9$); $W_{з.п}$ – сопротивление трению уплотнительных полос загрузочного лотка о ленту

$$W_{з.п} = K_{п.л} \cdot l_{л}; \quad (51)$$

$K_{п.л}$ – удельное сопротивление трению (принимают для конвейеров с лентой $B \leq 1000$ мм $K_{п.л} = 30 \div 50$ Н/м; $B > 1000$ мм $K_{п.л} = 60 \div 100$ Н/м соответственно ширине ленты).

Обычно величина $\Delta V^2 = V^2 - V_0^2$ изменяется от $2 \text{ м}^2/\text{с}^2$ при высоте наклонной стенки воронки $h_в = 1$ м до $10 \text{ м}^2/\text{с}^2$ при $h_в = 6$ м.

Для уменьшения величины $W_{з.у}$ необходимо так проектировать загрузочную воронку, чтобы скорость поступления груза была близка к скорости движения ленты $V_0 = V$, тогда $W_{з.у} = 0$.

Сопротивление движению ленты в месте разгрузки насыпного груза при помощи плужкового разгрузителя с неподвижным щитом:

$$W_{п.р} \approx K_{с.п} \cdot q_r \cdot B, \quad (52)$$

где $K_{с.п}$ – коэффициент удельного сопротивления (для пылевидных и зернистых грузов принимают $K_{с.п} = 2,7$; для кусков $K_{с.п} = 3,6$).

В фрикционном барабанном приводе натяжение $S_{сб}$ ветви ленты, сбегаящей с приводного барабанного, зависит от необходимого тягового усилия, равного сумме всех сопротивлений движению ленты на трассе конвейера и тягового фактора привода, определяемого углом обхвата и коэффициентом трения ленты о поверхность барабана. Сопротивления движению ленты на отклоняющих и поворотных барабанах и роликовых батареях зависят от натяжения ленты в местах их установки. Следовательно, в процессе выполнения тягового расчета взаимосвязанные натяжения сбегаящей $S_{сб}$ и набегающей на приводной барабан $S_{нб}$ ветвей ленты являются неизвестными величинами, которые можно определить из решения двух уравнений.

Первое уравнение получаем в результате тягового расчета конвейера:

$$S_{\text{нб}} = \sum \xi \cdot S_i + \sum \lambda_i \cdot S_i + \sum W_{\text{ли}} = K_m \cdot S_{\text{сб}} + \sum W_{\text{ли}}, \quad (53)$$

где ξ и λ_i – коэффициенты сопротивлений движению ленты на барабанах и батареях участках трассы конвейера и определяющие так называемые местные сопротивления;

S_i – натяжение ленты на отдельном участке трассы, Н;

$W_{\text{ли}}$ – сопротивления движению ленты на прямолинейных горизонтальных и наклонных участках, не зависящие от натяжения ленты (называемые линейными), Н;

$K_m = \prod \xi_i \cdot \lambda_i > 1$ – общий коэффициент местных сопротивлений.

Второе уравнение получаем из теории фрикционного барабанного привода $S_{\text{нб}} \leq S_{\text{сб}} \cdot e^{\sum \mu \alpha}$ (см. формулу 20).

Задавшись типом привода и выбрав μ и α определяем значение величины $e^{\sum \mu \alpha}$. Из решения уравнений (53) и (20) получим формулы для нахождения величин $S_{\text{сб}}$ и $S_{\text{нб}}$ с учетом коэффициента запаса K_3 :

$$S_{\text{сб}} \cdot e^{\sum \mu \alpha} = (K_m \cdot S_{\text{сб}} + \sum W_{\text{ли}}) \cdot K_3, \quad (54)$$

$$S_{\text{нб}} = S_{\text{сб}} \cdot e^{\sum \mu \alpha}. \quad (55)$$

Общее окружное усилие на приводном барабане рассчитывают по выражению (21).

Выполненный тяговый расчет необходимо проверить по минимальному натяжению ленты на трассе конвейера. Лента на всем контуре трассы должна быть натянута и минимальное натяжение не должно быть меньше определенного значения.

Минимальное натяжение ленты S_{min} обуславливается допустимым провесом ее между роlikоопорами. Для верхней загруженной ветви ленты при транспортировании *насыпных* грузов

$$S_{\text{вmin}} \geq K_e \cdot (q_{\text{г}} + q_{\text{л}}) \cdot l_{\text{р.в}} \cdot \cos \beta, \quad (56)$$

где K_e – коэффициент (для конвейеров длиной до 100м с простой трассой $K_e = 5$; для конвейеров длиной более 100м и со сложной трассой $K_e = 8 \div 10$).

При транспортировании *штучных* грузов по одному массой m_T в пролете между роlikоопорами:

$$S'_{\text{vmin}} \geq 10 \cdot (q_{\text{л}} \cdot l_{\text{р.в}} \cdot \cos \beta + 2 \cdot g \cdot m_T). \quad (57)$$

Для нижней (обратной) ветви:

$$S_{\text{hmin}} \geq 8 \cdot q_{\text{л}} \cdot l_{\text{р.н}} \cdot \cos \beta \quad (58)$$

При размещении в пролете между роlikоопорами нескольких штучных грузов S'_{vmin} определяют по формуле (56). Формулы (56) – (58) выведены из приближенного допущения, что лента провисает между роlikоопорами по параболе. Фактически лента, особенно желобчатая, провисает по более сложной кривой.

Если полученные в тяговом расчете значения минимальных натяжений меньше (в пределах 10%) значений, вычисленных по формулам (56) – (58), то необходимо в точках минимальных натяжений на трассе конвейера принимать значения S_{vmin} и S_{hmin} и сделать перерасчет натяжения ленты по всему контуру трассы. Можно также уменьшить расстояния между роlikоопорами в зоне минимальных натяжений.

Б.2. Определение дополнительных усилий при пуске конвейера

Процесс пуска конвейера состоит из двух периодов: трогания с места и разгона всех движущихся масс до номинальной скорости. При приложении к упругой ленте тягового импульса от привода вдоль ленты распространяется динамический импульс деформации (упругая волна) с последующими колебаниями.

По выполненным исследованиям установлено, что динамические нагрузки на ленту и механизмы привода значительно уменьшаются, если принять такое ускорение движения ленты при пуске, при котором время $t_{\text{п}}$ пуска конвейера в 5-10 раз больше времени t_y распространения динамического импульса, т.е. времени изменения натяжения ленты по всему контуру трассы конвейера. Для этого должно быть выдержано условие:

$$t_{\text{п}}/t_y \geq 5. \quad (59)$$

При выполнении условия (59) максимальное натяжение ленты при пуске конвейера может быть определено по приближенной формуле

$$S_{\text{пуск}} \approx S_{\text{н.п}} + W_{\text{н.п}} + W_{\text{в.п}} + j \cdot (2 \cdot q_{\text{л}} + q_{\text{г}}) \cdot (1 + K_{\text{н}}) \cdot L/g, \quad (60)$$

где $S_{\text{н.п}}$ – первоначальное пусковое натяжение сбегавшей ленты, создаваемое натяжным устройством, Н; $W_{\text{н.п}}$ и $W_{\text{в.п}}$ – статические сопротивления движению ленты соответственно на нижней и верхней ветвях конвейера.

ра, подсчитанные по пусковому коэффициенту сопротивления $\omega_{\text{п}}$, Н; j – ускорение ленты при пуске конвейера, м/с²; $K_{\text{н}} = 0,05 \div 0,8$ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс роликов и барабанов (меньшее значения принимают при длине конвейера до 100м, большее – при длине более 100м.)

Расчетный коэффициент сопротивления движению ленты по роликоопорам на подшипниках качения при пуске конвейера

$$W_{\text{п}} \approx K_{\text{п.с}} \cdot W, \quad (61)$$

где $K_{\text{п.с}} = 1,2 \div 1,5$ - коэффициент увеличения сопротивления (меньшее значение принимают при температуре окружающей среды выше 0⁰С, большее при температуре ниже 0⁰С и использования обычных смазок); W – коэффициент сопротивления движению ленты при установившемся ее движении (для верхней ветви $W = W_{\text{в}}$, для нижней $W = W_{\text{н}}$).

По величине $S_{\text{пуск}}$ проверяют выбор прочности ленты при номинальном запасе прочности $K_0 = 5$ (см. формулу 37).

Ускорение при пуске конвейера, обеспечивающее выполнения условия (57):

$$j = B_1 \cdot g \cdot \sqrt{(\omega_{\text{п}} \cdot \cos \beta + \sin \beta) / (L \cdot \varepsilon)} \quad (62)$$

где $B_1 = 0,4 \div 0,8$ – коэффициент (меньшее значение принимают для конвейеров длиной более 300м, большее – при длине менее 300м); L – длина конвейера, м; ε – относительное удлинение ленты.

Рекомендуется принимать $j = 0,1 \div 0,2$ м/с², что должно быть обеспечено соответствующей электросхемой и пусковыми устройствами. Принятое ускорение не должно превышать максимально возможного ускорения, при котором сохраняются надежное положение груза на ленте при пуске конвейера:

$$j_{\text{max}} = B_2 \cdot g \cdot (f_2 \cdot \cos \beta - \sin \beta), \quad (63)$$

где $B_2 = 0,6 \div 0,8$ - коэффициент безопасности; $f_2 = 0,8 \div 1$ - коэффициент трения груза о ленту; β - угол наклона конвейера, град.

При равноускоренном движении ленты при пуске конвейера минимальная продолжительность пуска:

$$t_{\text{п min}} \geq V / j. \quad (64)$$

Время пуска конвейера по пусковым характеристикам электродвигателя привода:

$$t_{\text{пд}} = \frac{J_{\text{к}} \cdot n_{\text{н}}}{9,55 \cdot (M_{\text{пс}} - M_{\text{ст}}) \cdot K_{\text{у}}}, \quad (65)$$

где $J_{\text{к}}$ - момент инерции всех движущихся частей конвейера, приведенный к валу электродвигателя, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; $n_{\text{н}}$ - номинальная частота вращения электродвигателя, $\text{об}/\text{мин}$; $M_{\text{пс}}$ - средний пусковой момент электродвигателя, $\text{Н} \cdot \text{м}$; $M_{\text{ст}}$ - момент статических сил сопротивления при установившемся движении конвейера, приведенный к валу электродвигателя, $\text{Н} \cdot \text{м}$; $K_{\text{у}}$ - коэффициент, учитывающий упругое удлинение ленты, обеспечивающее неодновременность приведения масс конвейера в движение (для резинотросовых $K_{\text{у}} = 0,9 \div 1$).

Для электродвигателей с короткозамкнутым ротором, включаемого в сеть непосредственно, без пусковых устройств, значение $M_{\text{пс}}$ принимают по каталогам электродвигателей. Для электродвигателей с фазным ротором, включаемых в сеть через пусковое устройство (роторную станцию с набором ступеней сопротивлений или тиристорное устройство), принимают $M_{\text{пс}} = (1,2 \div 1,5)M_{\text{ст}}$.

Момент инерции движущихся частей конвейера:

$$J_{\text{к}} \approx K_{\text{к}} \cdot J_{\text{р}} + \frac{91,25 \cdot V^2 \cdot \eta}{n_{\text{н}}^2} \times \left[(q_{\text{г}} + 2 \cdot q_{\text{л}}) \cdot L \cdot \frac{1}{g} + \left(\sum m_{\text{р.н}} + \sum m_{\text{р.в}} + \sum m_{\text{б}} \right) \right], \quad (66)$$

где $K_{\text{к}} = 1,1 \div 1,2$ - коэффициент приведения вращающихся частей механизма привода к ротору двигателя; $J_{\text{р}}$ - момент инерции ротора двигателя (принимают по каталогу электродвигателей), $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; η - общий КПД механизмов привода; $m_{\text{р.н}}$, $m_{\text{р.в}}$, $m_{\text{б}}$ - массы вращающихся частей соответственно роликкоопор на верхней и нижней ветвях и барабанов, установленных на конвейере, кг .

При вычислении $m_{\text{б}}$ длина барабана берется равной:

$$l_{\text{б}} = 150 + 200 + \text{Вл}, \text{ мм};$$

$$m_{\text{б}} = \left(D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2 \right) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot l_{\text{б}} \cdot \rho_{\text{б}},$$

где D_n - наружный диаметр барабана, м; $D_{вн}$ - внутренний диаметр барабана, м; $p_б$ - удельная масса, для стального барабана $p_б = 7800 \text{ кг/м}^3$.

Для выполнения условия (57) соответствующей электросхемой должно быть обеспечено условие:

$$t_{пд} \geq t_{пд \min} \quad (67)$$

По пусковым нагрузкам определяют необходимый пусковой момент, который должен преодолеть электродвигатель по перегрузочной способности. По максимальному пусковому моменту электродвигателя находят максимальное натяжение ленты, которое может создать электродвигатель в период пуска и проверяют прочность ленты.

Б3. Определение тормозного момента

На конвейере с наклонными участками при условии:

$$g_{г \max} \sum h \geq \sum W, \quad (68)$$

где $g_{г \max} \sum h$ - составляющая силы тяжести наклонных участков конвейера при максимальной загрузке, Н; $\sum W$ - сопротивление движению ленты на всех участках конвейера, Н.

В приводном механизме устанавливают тормоз во избежание самопроизвольного обратного движения ленты при случайной остановке конвейера. Тормоза ставят также у горизонтальных и пологонаклонных конвейеров для ограничения выбега ленты конвейера после выключения электродвигателя.

Расчетный тормозной момент на валу приводного барабана при выполнении условия (68) определяют:

$$M_T = 0,5(g_{г \max} \sum h - K_{тр} \sum W) \cdot D_б \cdot \eta / i_p \quad (69)$$

где $g_{г \max}$ - линейная сила тяжести транспортируемого груза при максимальной загрузке ленты конвейера, н/м; $\sum h$ - суммарная высота подъема груза на конвейере, м; $K_{тр} = 0,5 \div 0,6$ - коэффициент возможного уменьшения сопротивления на трассе конвейера (меньшее значение для тяжелых условий); η - общий КПД механизмов привода, $\eta = 0,8$; $D_б$ - диаметр приводного барабана, м; i_p - передаточное число редуктора (передачи от вала барабана к тормозному валу)

Время торможения t_T (с) до полной остановки конвейера:

$$t_T = \frac{J_k \cdot n_H}{9,55 \cdot (M_T + M_{CT})}. \quad (70)$$

После определения M_T и времени торможения t_T осуществляют выбор колодочного тормоза типов ТКТ и ТКТГ. В случае невыполнения условия (68) с целью ограничения выбега ленты и быстрой остановки конвейерной установки при аварийных ситуациях устанавливают тормоза без кранового останова.

В этом случае для машин непрерывного транспорта тормозной момент определяют [8]:

$$M_T = M_{CT} = (S_{H61} - S_{C66}) \cdot D_6 \cdot \eta / 2 \cdot i, \quad (71)$$

где η - общий КПД механизмов привода, $\eta = 0,8$; i - передаточное число от вала барабана до тормозного вала.

Максимальный тормозной момент для обеспечения нормальной работы конвейера не должен превышать значения, определенного из условия возникновения пробуксовки ленты по барабану.

8. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ

В схемах управления двигателями одиночных конвейеров и их защиты обычно используют магнитные пускатели с тепловой защитой и максимально-токовые автоматы. Для коммутации цепей двигателей мощных конвейеров применяют масляные выключатели.

При пуске двигателей широко используют контакторы и реле, позволяющие обеспечить централизованное и дистанционное управление конвейерами, а также аварийное отключение их из любой точки вдоль ленты, для чего последовательно в цепь основной кнопки "Стоп" включается необходимое количество дополнительных.

В конвейерах, приводимых двигателями с контактными кольцами, применяют в качестве пусковых сопротивлений обычные масляные пусковые реостаты с барабанными переключателями (обычные схемы одиночных конвейеров), контакторные панели (схемы управления мощными конвейерами) в комплекте с ящиками сопротивлений или жидкостные реостаты. Для всех машин непрерывного транспорта преобладает контакторное управление. Использование силовых контроллеров встречается очень редко.

Довольно сложны схемы управления системами, которые имеют несколько двигателей. Если ленточные конвейеры работают на одной линии, то пуск двигателей возможен, лишь в таком порядке, чтобы на линии не образовалось завала транспортируемого материала. Сначала пускают двигатели конвейеров, более удалённых от места начала погрузки, и только после этого начинают погрузку материалов на линию. При выходе из строя одного из двигателей все двигатели конвейеров, подающих материал на остановившийся конвейер, должны остановиться, а остальные двигатели могут продолжать работу. Блокировка может быть выполнена с помощью блок-контактов контакторов. Чтобы при остановке конвейерной линии не образовался завал транспортируемого материала, первым отключают двигатель того конвейера, начиная с которого поступает материал, а затем поочередно отключают и остальные двигатели.

Вращение двигателя не означает того, что конвейер работает нормально (лента может быть оборвана или снята и т.п.). Блокировочные устройства лучше связывать непосредственно с барабаном конвейера, вращающимся от транспортирующей ленты. При соскальзывании ленты и в других случаях остановок конвейера действует система блокировки при помощи реле скорости. Двигатель отключается от сети и останавливается. Включение контактора не означает обязательного пуска двигателя (подгорание контактов и их приваривание может нарушить необходимую блокировку) и поэтому используются различные средства механической блокировки.

При наличии двух параллельно транспортирующих линий требуется обеспечить их взаимную блокировку. В таких случаях пользуются теми же способами, как и при взаимной блокировке двигателей конвейеров, работающих на одной линии. Управление группой двигателей конвейеров может производиться как кнопками так и командами аппаратами.

Схемы управления группой двигателей составляют с учётом требований, предъявляемых технологическим процессом к отдельным механизмам и к элементам производственной связи между механизмами и аппаратами (воронки, задвижки и т.п.). Это выполняется на основании технологических чертежей отдельных механизмов и данных о производительности конвейеров и погрузочных машин, о ёмкости бункеров и грузопотоках. Отдельные участки технологического потока, имеющие бункера, могут работать более или менее длительно независимо от остальных механизмов. Система управления преду-

смаатривает возможность продолжать работу некоторое время в том случае, если механизм, принимающий материал из бункера вышел из строя (имеется возможность получить небольшой запас транспортируемых материалов на случай выхода из строя перерабатывающих и подающих материал механизмов). Обычно технологические схемы транспортирования материалов начинаются и заканчиваются бункерами. После разработки технологической схемы очень важно установить порядок пуска и остановки отдельных двигателей, их расположение, необходимость переключения при наличии по пути ответвлений, места расстановки постов управления.

При составлении схем управления конвейерными системами и взаимной блокировки двигателей следует проводить их анализ с точки зрения возможности возникновения ложных цепей при замыкании на корпус, коротких замыканий, приваривания контактов и т.д. При нескольких кнопках. Пуск двигателей возможен как с рабочих мест, так и из одного пункта, при расположении кнопок в одном месте. Централизованное управление осуществляется одной кнопкой, при нажатии на которую двигатели включаются в определённой последовательности автоматически. Чтобы уменьшить пики пускового тока, создают интервалы между пусками отдельных двигателей. Это выполняется при помощи центробежных, гидравлических или термических реле с выдержкой времени.

Аппаратуру кнопочного управления размещают на центральном пункте. Здесь же устанавливают мнемоническую схему, отображающую работу и обеспечивающую наглядность управления, что уменьшает возможность ошибочных включений.

Сигнальные лампы включают параллельно силовой цепи через блок-контакты, через промежуточные реле, при помощи трансформаторов тока, дополнительных катушек контакторов (выполняющих роль обмоток трансформатора) или через специальные контакты механических выключателей. Используют при этом, как правило, неоновые лампы. Чтобы уменьшить количество ламп, можно одной лампой подавать два сигнала: один непрерывным светом и второй – пульсирующим. Для создания пульсирующего напряжения можно использовать электромеханический прерыватель, состоящий из двух электромагнитных реле времени (пульспара).

При управлении несколькими конвейерами из одного центрального пункта важно иметь наименьшее число соединений. Известны схемы управления с передачей большого числа команд по двум про-

водам. Часто по тем же проводам производят передачу телефонных переговоров и различных сигналов. Применительно к управлению конвейерными установками пригоден способ, основанный на временном разделении командных сигналов. Для этой цели могут быть использованы как шаговые искатели, так и бесконтактная аппаратура.

Для опробования и ремонта системы, состоящей из нескольких конвейеров, необходим отдельный пуск каждого из них. С этой целью используют деблокирующие переключатели, которые при обычной работе бывают разомкнуты и заблокированы во избежание ошибочных включений.

Для аварийной остановки предназначены выключатели, расположенные около конвейеров. Иногда вдоль конвейера протягивают трос, связанным с выключателем, и остановка привода производится с помощью этого троса вручную с любого места трассы конвейера. Аварийные предохранители в узлах перегрузки могут быть выполнены из подвешенных штанг, которые при чрезмерном увеличении загрузки поворачиваются и, воздействуя на выключатели, останавливают привод конвейера. В случае загрузки магистрального конвейера несколькими питающими конвейерами применяют специальные предохранительные устройства. Если лента магистрального конвейера загружена первым питающим конвейером, работа последующих замедляется или останавливается. Для этого над магистральной лентой и над питающими конвейерами подвешены штанги, которые при наличии полной загрузки ленты поворачиваются и тем самым с помощью выключателей воздействуют на скорость движения питающих конвейеров. Реле времени с выдержкой 3 сек. предохраняет устройство от случайных выключений.

Система конвейеров может быть снабжена аварийным индикатором. При повреждении и при остановке ряда секций индикатор указывает на последнюю секцию из числа действующих, а звуковые и световые сигналы указывают места повреждений. Индикатор иногда связывают с электрическими часами, показывающими суммарное время простоя установки за смену.

На рис.13 и 14 приведены схемы управления конвейерами большой мощности. Особенностью этих схем является то, что в связи со значительной мощностью используемых в них двигателей питание последних происходит от высоковольтной линии с включением через масляные выключатели. Схемы позволяют осуществлять централизованное или местное управление, а также могут предусматривать пи-

тание различных дополнительных устройств (тормозов, натяжных устройств, насосов, подогревателей масла, контроля скорости ленты, сигнальных приборов).

Приведенные схемы типичны для многих машин непрерывного транспорта, их с известными отклонениями и модификациями используют для мощных ленточных конвейеров. На рис.14 показано подключение к высоковольтной сети трёх электродвигателей переменного тока с контактными кольцами. Разъединители P1, P2, P3 отключают установку при ремонтах и ревизиях. Включение двигателей производится масляными выключателями BM1, BM2, BM3.

В схемах осуществляется (показано надписями в рамках) ряд блокировок и переключений, связанных с переходом на местное и автоматическое управление, блокировка с действием всех других механизмов транспортной системы, аварийное отключение на трассе, контроль скорости, замыкание на землю, сход ленты и т.д. (см. рис.14).

Предпусковая звуковая сигнализация выполняется контактом реле РПР (предпусковое реле), которое возбуждается после включения разъединителей P1, P2, P3 и остаётся под током до включения масляных выключателей BM1, BM2, BM3.

Предпусковая световая сигнализация на диспетчерском пункте выполняется при помощи контактов специальных реле 1PY-15PY, которые на рис.14 и 15 не показаны.

Схема предусматривает автоматический процесс пуска при помощи реле времени 1PB-7PB, управляющих контакторами ускорения 1Y-6Y. В автоматическом режиме работы, после того как погаснет лампа ЛК на диспетчерском пункте и перестанет работать звуковая сигнализация (это говорит о том, что включены масляные выключатели) двигатель подключается к сети и работает с максимальным сопротивлением в роторной цепи. В первый момент срабатывает реле тока РТУ и своим замкнувшимся контактом обеспечивает подачу питания на катушку реле 1PB. Двигатель начинает разгоняться, ток в роторной цепи падает, реле РТУ обесточивается. Так как реле 1B имеет замедление на отпадание, то оно с выдержкой времени отпускает свой якорь, возбуждается контактор ускорения 1Y и тем самым происходит шунтирование первой ступени добавочного сопротивления роторной цепи. Ток ротора возрастает, вновь срабатывает реле 2PB, которое также имеет замедление на отпадание, срабатывает после отпускания якоря 2PB контактор ускорения 2Y, вновь увеличива-

ется ток в цепи ротора и возбуждается реле РТУ, которое своим контактом подаёт питание на катушку реле ЗРВ, далее схема работает аналогично описанному, осуществляя последовательно включение контакторов ускорения ЗУ-6У.

Пуск ленточных конвейеров из-за больших инерционных масс и статических нагрузок отличается значительной продолжительностью и сопровождается существенным нагревом двигателей. Перегрузка конвейера, пониженное напряжение питания, некоторые виды неисправности в механическом и электрическом оборудовании могут приводить к дополнительному затягиванию процесса пуска и вследствие этого к недопустимому превышению температуры двигателя. Кроме того, перегрузка ленточных конвейеров может привести к пробуксовыванию тягового элемента на приводном органе. При этом закончившийся процесс пуска двигателя не выводит конвейер на рабочую скорость, а затянувшееся буксование приводит к порче тягового элемента, поэтому во всех случаях затянувшегося пуска конвейера сверх регламентированного времени привод необходимо отключить. Это осуществляется автоматически с помощью узла контроля пуска (рис.15).

Контактор пуска КП включает цепь двигателя, а также реле контроля пуска РКП, выдержка времени срабатывания которого незначительно превышает время нормального пуска. В конце процесса пуска цепь РКП разрывается контактом контактора последней ступени ускорения $У_n$ при условии, что двигателя снизился до расчётного значения, и реле перегрузки РП отключилось; тяговый элемент приобрёл рабочую скорость, и размыкающий контакт реле скорости РС разомкнулся. При отключении цепи питания реле РКП оно прекращает отсчёт времени и его контакт в цепи КП остаётся замкнутым. При затянувшемся пуске цепь питания РКП остаётся включенной через контакт РС при буксовании приводного элемента. По истечении выдержки времени РКП оно срабатывает, отключает контактор и пуск прекращается.

На схемах 13 и 14 регламентированное время пуска обеспечивается с помощью реле РВП (реле времени пуска конвейера), цепь включения реле не показана, выполненным с задержкой времени на отпадание. Контакт РВП заводится в цепь катушки включения ВМ, и если процесс пуска затягивается, то происходит выключение масляного выключателя.

9. ПРИМЕР РАСЧЁТА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Рассчитать наклонный ленточный конвейер для транспортирования железной руды от карьера до причального склада. Схема конвейера приведена на рис.16.

Исходные данные. Транспортируемый груз – рядовая руда крупность 0-300 мм, плотностью 3 т/м^3 , влажностью до 10 %. Конвейер установлен на открытой местности и имеет лёгкое укрытие от дождя и снега (температура окружающей среды изменяется от $+25^{\circ}\text{C}$ летом и до -30°C зимой). Привод размещён в отапливаемом закрытом помещении (температура окружающей среды от $+10^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$). Максимальная влажность воздуха 75%, абразивной пыли в воздухе до 20 мг/м^3 .

Конвейер работает две смены по 7 ч (14 ч в сутки) и 305 дней в году. Плановая средняя массовая производительность конвейера $Q_m = 70000 \text{ т/сутки}$; максимальная производительность по пропускной способности загрузочного устройства $Q_{\text{м}} = 105000 \text{ т/сутки}$; наклон конвейера $\beta = 5^{\circ}$; коэффициент готовности конвейера $K_r = 0,96$; коэффициент использования конвейера по рабочему времени $K_b = 0,85 \div 0,9$.

А. Предварительный расчёт

Определяем режим и расчётные группы работы конвейера. Коэффициенты планового использования конвейера по времени в сутки и в год (1):

$$K_{\text{в.с}} = t_{\text{п.с}}/t_{\text{с}} = 14/24 \approx 0,58$$

$$K_{\text{в.г}} = t_{\text{п.г}}/t_{\text{г}} = 305 \cdot 14/365 \cdot 24 \approx 0,49$$

По табл.2 находим, что эти значения коэффициентов соответствуют классу использования конвейера по времени В3.

Коэффициент использования по производительности рассчитываем по формуле (3)

$$K_{\text{п}} \approx \frac{Q_{\text{с}}}{Q_{\text{м}}} \approx \frac{70000}{105000} \approx 0,67$$

Это соответствует классу использования конвейера по производительности П3. По табл.3 определяем, что конвейер будет работать в тяжёлом режиме Т.

Конвейер работает в тяжёлых производственных условиях (ГОСТ 15150-69). Группа температурных и климатических условий ТГ2; исполнение У. Транспортируемый груз (руда) соответствует группе средней подвижности и высокой абразивности.

По формуле (9) определяют необходимую ширину ленты.

$$B_p = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{Q_{pm}}{K_{nc} \cdot V \cdot p \cdot K_\beta}} + 0,05 \right) =$$

$$= 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{10000}{550 \cdot 2,5 \cdot 3 \cdot 0,9}} + 0,05 \right) = 1,86 \text{ м,}$$

$$Q_{pm} = Q_m / T \cdot K_3 = 105000 / 14 \cdot 0,75 = 10000 \text{ т/ч.}$$

При расчёте принято: $T = t_{nc} = 14 \text{ ч}$; $K_3 = K_v \cdot K_r \cdot K_n = 0,85 \times 0,96 \cdot 0,92 = 0,75$. Предполагается, что лента должна иметь ширину 1400-2000 мм, тогда, по табл.6 для транспортирования тяжёлого крупнокускового груза принимают скорость движения 2,5 м/с. На конвейере устанавливаем желобчатые роlikоопоры тяжёлого типа диаметром 194 мм с углом наклона боковых роликoв 30°. Для груза средней подвижности из табл.5 принимаем коэффициент $K_{nc} = 550 \text{ с/ч}$; $K_\beta = 0,90$ (по табл.7 при $\beta = 20^\circ$).

Принимаем резинотросовую ленту общего назначения шириной 2000 мм, предварительно типа 2РТЛ-3150, прочностью 3150 н/мм и массой $1 \text{ м}^2 m_{л} = 43 \text{ кг/м}^2$.

Выбор резинотросовой ленты объясняется высокой прочностью, малым удлинением при рабочих нагрузках (до 0,25%), повышенным сроком службы по сравнению с резинотканевой лентой.

Для обеспечения заданной расчётной производительности $Q_{p.m} = 10000 \text{ т/ч}$ при принятой ширине ленты $B = 2000 \text{ мм}$ скорость ленты должна составлять

$$V_p = V \cdot B_p^2 / B^2 = 2,5 \cdot 1,86^2 / 2^2 = 2,16 \text{ м/с}$$

По нормальному ряду скоростей (ГОСТ 22644-77) имеем скорости 2 и 2,5 м/с. Оставляем принятую скорость 2,5 м/с, что даёт возможность уменьшить на 13% заполнение ленты грузом при расчётной производительности. При скорости 2 м/с увеличится линейная нагрузка на ленту, что нецелесообразно.

Проверяем ширину ленты по кусковатости груза. По формуле (10) имеем:

$$B_k = X_a + 200 = 2,5 \cdot 300 + 200 = 950 \text{ мм}.$$

Получили $B_k < B$, следовательно, принимаем $B = 2000$ мм.

По табл. 9 выбираем расстояние между роlikоопорами на верхней ветви $e_{p.v} = 1$ м; на нижней $e_{p.n} = 2$ м.

При отсутствии числовых данных завода-изготовителя массу вращающихся частей определяем по формулам (16) и (17)

$$m_{p.v} \approx [15 + 12 \cdot (2 - 0,4)] \cdot 194^2 \cdot 10^{-4} \approx 128 \text{ кг}.$$

Массу нижних роlikоопор принимаем в два раза легче, чем верхних, т. е. $m_{p.n} = 64$ кг.

Определяем линейные силы тяжести по формулам (12), (14), (18):

$$q = \frac{g \cdot m}{l} = \frac{9,81 \cdot 128}{1} = 1256 \text{ Н/м};$$

$$q = \frac{g \cdot m}{l} = \frac{9,81 \cdot 64}{2} = 314 \text{ Н/м};$$

$$q = g \cdot m \cdot B = 9,81 \cdot 43 \cdot 2 = 844 \text{ Н/м}.$$

Линейную силу тяжести транспортируемого груза определяем по средней производительности:

$$Q_{p.c} = Q_c / T \cdot K_s = 70000 / 14 \cdot 0,75 = 6667 \text{ т/ч}.$$

По формуле (12) находим

$$q_r = g \cdot Q_{p.c} / 3,6 \cdot \rho = 9,81 \cdot 6667 / (3,6 \cdot 2,5) = 7267 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Общее сопротивление движению ленты на конвейере в зимнее время определяем по выражению (11):

$$W \approx K_d \cdot L_r \cdot [(q_r + q_{p.v} + q_n) \cdot \omega_v + (q_n + q_{p.n}) \cdot \omega_n] \pm q_r \cdot H,$$

$$W \approx 1,2 \cdot 800 \cdot [(7267 + 1256 + 844) \cdot 0,042 + (844 + 314) \cdot 0,04] + 7267 \cdot 70 = 930835 \text{ Н}.$$

При работе конвейера в летнее время при тех же нагрузках ($\omega_v = 0,032$, $\omega_n = 0,03$) $W = 829791$ Н.

По формуле (19) определяем мощность приводного двигателя для работы в зимнее время при коэффициенте запаса $K_3 = 1,15$ и $\eta = 0,8$.

$$N = K_3 \cdot W \cdot V / 1000 \cdot \eta = 1,15 \cdot 930835 \cdot 2,5 / 1000 \cdot 0,8 = 2245 \text{ кВт},$$

в летнее время:

$$N = K_3 \cdot W \cdot V / 1000 \cdot \eta = 1,15 \cdot 829791 \cdot 2,5 / 1000 \cdot 0,8 = 2982 \text{ кВт}.$$

На конвейере устанавливаем двухбарабанный привод. По табл. 11 для футерованного барабана при тяжёлых производственных условиях принимаем коэффициент трения ленты о поверхность барабана $\mu = 0,25$; общий угол обхвата $(\alpha_1 + \alpha_2) = 400^\circ$; тогда тяговый фактор (см. табл.12) $T = e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)} = 5,74$ и выражение

$$e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)} / (e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)} - 1) = 1,21$$

Дальнейший расчёт ведём для условий работы конвейера в зимнее время.

Расчётное натяжение ленты (24):

$$S_{H\delta 1} = K_3 \cdot W \cdot e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)} / (e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)} - 1) = 1,15 \cdot 930835 \cdot 1,21 = 1295,3 \text{ кН}$$

Расчётный коэффициент запаса прочности ленты (37) при $K_{ст} = 0,9$; $K_T = 0,9$; $K_p = 0,95$

$$K' = K_0 / K_{ст} \cdot K_T \cdot K_p = 7 / (0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,95) = 9,1.$$

Необходимая прочность резинотросовой ленты

$$S_{рт} = S_{H\delta 1} \cdot K' / B = 1295300 \cdot 9,1 / 2000 = 5894 \text{ Н / мм}.$$

Резинотросовая лента типа 2РТЛ-6000 имеет прочность 6000 Н/мм и максимальное натяжение $S_{ртл} = 700 \text{ Н / мм}$.

Выполняем проверку:

$$S_{\max} / B = S_{H\delta 1} / B = 1295300 / 2000 = 648 \text{ Н / мм} < S_{ртл} = 700 \text{ Н / мм}$$

Принимаем диаметры барабанов: приводного $D_\delta = 2000 \text{ мм}$, оборотных перед приводными $D_0 = 2000 \text{ мм}$, после приводных $D_0 = 1600 \text{ мм}$, натяжного $D_H = 1600 \text{ мм}$, концевых $D_K = 1600 \text{ мм}$ (см. табл.10 и формулу (41)).

Коэффициент использования прочности ленты определяем по формуле (40):

$$\Phi_2 = (e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)} - 1) / e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)} = (5,74 - 1) / 5,74 = 0,83.$$

Исходя из мощности приводного двигателя (3345 кВт) и пользуясь табл.14 выбираем коэффициент распределения нагрузки между приводными барабанами $K_\phi = 2$.

По формулам (30) и (31) для работы в зимнее время находим мощности электродвигателей для привода первого и второго барабанов

$$N_1 = N \cdot K_\phi / (K_\phi + 1) = 3345 \cdot 2 / 3 = 2230 \text{ кВт}$$

$$N_2 = N / (K_\phi + 1) = 3345 / 3 = 1115 \text{ кВт}$$

Выбор электродвигателей осуществляем по табл. 15 и 16, где приведены сведения о асинхронных двигателях больших мощностей серий АК4 и АД0 напряжением 6000 В [7].

Таблица 15

Технические данные двигателей серии АК4

Мощность, кВт	Синхронная скорость вращения, об/мин	Скольжение, %	КПД, %	cos φ	$\frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}}$	Момент инерции ротора, кг·м ²
400	1500	2	93,5	0,88	2	13
500	1500	2	94	0,87	2	16
630	1500	1,8	94,5	0,89	2	19
800	1500	1,8	94,6	0,89	2	26
1000	1500	1,5	95	0,9	2	32
315	1000	2	92,9	0,85	1,9	19
400	1000	2	93,2	0,86	2	22
500	1000	2	93,5	0,87	2	25
630	1000	2	93,4	0,87	2	39
800	1000	1,8	94,3	0,87	2	46
250	750	2,2	92,5	0,82	2,1	22
315	750	2,2	92,8	0,83	2	25
400	750	2	93,2	0,83	1,9	43
500	750	2	93,6	0,84	1,9	49

Окончание табл. 15

Мощность, кВт	Синхронная скорость вращения, об/мин	Скольжение, %	КПД, %	cos φ	$\frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}}$	Момент инерции ротора, кг·м ²
630	750	2	94	0,84	1,9	57
200	600	3	91,1	0,78	1,8	22
250	600	3,2	91,5	0,79	1,8	25
315	600	2,5	92,2	0,83	1,8	43
400	600	2,5	92,5	0,83	1,8	49

Таблица 16

Технические данные двигателей серии АД0

Мощность, кВт	Синхронная скорость вращения, об/мин	Скольжение, %	КПД, %	cos φ	$\frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}}$	Момент инерции ротора, кг·м ²
1250	600	0,5	95,4	0,75	2,5	625
1600	750	0,6	95,3	0,83	2,1	550
2500	1000	0,55	95,7	0,88	2,3	572,5
3150	1000	0,45	96	0,89	2,5	749,5

В целях унификации и использования типовых приводных механизмов устанавливаем на первом барабане два одинаковых приводных механизма с электродвигателями с фазным ротором типа АД0 мощностью по 1250 кВт, частотой вращения $n_n = 597$ об/мин, а на втором барабане один такой же привод с электродвигателем мощностью 1250 кВт.

По формулам (30) и (31) определяем окружное усилие на первом и втором барабанах:

$$W_1 = W \cdot K_\phi / (K_\phi + 1) = 930835 \cdot 2 / (2 + 1) = 620557 \text{ Н}$$

$$W_2 = W / (K_\phi + 1) = 930835 / 3 = 310278 \text{ Н}$$

По выражению (32) вычисляем натяжение ленты, сбегающей со второго барабана

$$S_{сб2} = W_2 \cdot K_3 / (e^{\mu_2 \cdot \alpha_2} - 1) = 310278 \cdot 1,15 / 1,4 = 254871 \text{ Н},$$

а по формуле (33) находим натяжение ленты, набегавшей на второй барабан и сбегающей с первого барабана

$$S_{нб2} = S_{сб1} = S_{сб2} \cdot e^{\mu_2 \cdot \alpha_2} = 254871 \cdot 2,4 = 611690 \text{ Н},$$

где принято $e^{\mu_2 \cdot \alpha_2} = 2,4$; $\alpha_2 = 200^\circ$.

По формуле (35) находим тяговый фактор для первого приводного барабана:

$$e^{\mu_1 \cdot \alpha_1} = S_{нб1} / S_{сб2} \cdot e^{\mu_2 \cdot \alpha_2} = 1295300 / 254871 \cdot 2,4 = 2,1$$

Принимаем для первого приводного барабана $\mu_1 = 0,25$ и $\alpha_1 = 200^\circ$ при этом $e^{\mu_1 \cdot \alpha_1} = 2,4$, а общий тяговый фактор $e^{\mu \cdot (\alpha_1 + \alpha_2)} = 5,74$.

По формуле (42) определяем давление на поверхности первого приводного барабана:

$$\begin{aligned} p_{л} &= \frac{360}{\alpha_1 \cdot \pi \cdot B \cdot D_б} \cdot (S_{нб} + S_{сб}) = \frac{360 \cdot S_{нб1}}{\alpha_1 \cdot \pi \cdot B \cdot D_б} \cdot \left(\frac{e^{\mu_1 \cdot \alpha_1} + 1}{e^{\mu_1 \cdot \alpha_1}} \right) = \\ &= \frac{360 \cdot 1295300}{200 \cdot 3,14 \cdot 2000 \cdot 2000} \cdot \left(\frac{2,4 + 1}{2,4} \right) = 0,26 \text{ МПа} \end{aligned}$$

что вполне допустимо, так как $p_{лд}$ для резинотросовой ленты равно $0,35 \div 0,55$ МПа.

Б. Подробный тяговый расчет

Для подробного тягового расчета всю трассу конвейера разделяем на отдельные участки, начиная от точки сбега ленты со второго приводного П2 (см. рис. 13). Результаты расчета представлены в табл. 17.

По формуле (54)

$$S_1 = S_{сб2} = S_{14} \cdot K_3 / e^{\mu \cdot (\alpha_1 + \alpha_2)};$$

отсюда

$$S_{сб2} \cdot e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)} = K_3 \cdot S_{14} = K_3 \cdot (K_m \cdot S_{сб2} + \sum W_{ли}) = K_3 \cdot S_{нб1}.$$

После подстановки имеем

$$5,74 \cdot S_1 = 1,15 \cdot (1,24 \cdot S_1 + 973600) = 1,426 \cdot S_1 + 1119640$$

$$S_1 = S_{сб2} = \frac{1119640}{4,314} = 259536 \text{ Н}.$$

Сравнение полученных значений $S_{нб1}$ по тяговому расчету – (1295 кН) и по обобщенному расчету (1295,3 кН) показывает, что расхождения практически нет. Следовательно, проверочного расчета ленты и электродвигателей не требуется.

Проверяем минимальное натяжение ленты по формулам (56) и (58).

$$S_{вmin} \geq K_e \cdot (q_r + q_l) \cdot l_{р.в} \cdot \cos \beta = 8 \cdot (7267 + 844) \cdot 1 \cdot 0,996 = 64628 \text{ Н}$$

$$S_{нmin} \geq K_e \cdot q_l \cdot l_{р.н} \cdot \cos \beta = 8 \cdot 844 \cdot 2 \cdot 0,996 = 13450 \text{ Н}$$

На конвейере минимальное натяжение ленты $S_{сб2} = 259536 \text{ Н}$, что значительно больше требуемых минимальных значений, следовательно, пересчета натяжений не требуется.

Расчет дополнительных тяговых усилий при пуске конвейера

По формуле (60) определяем максимальное натяжение ленты при пуске конвейера в зимнее время:

$$\begin{aligned} S_{пуск} &\approx S_{н.п} + W_{н.п} + W_{в.п} + j \cdot (2 \cdot q_l + q_r) \cdot (1 + K_u) \cdot L/g = \\ &= 311443 - 5520 + 1019072 + 118748 = 1443743 \text{ Н} \end{aligned}$$

Принято:

$$S_{н.п} = K_{п.с} \cdot S_{сб2} = 1,2 \cdot 259536 = 311443 \text{ Н}; j = 0,15 \text{ м/с}^2; K_u = 0,08;$$

$$\omega_{н.п} = 1,2 \cdot 0,04 = 0,048; \omega_{в.п} = 1,2 \cdot 0,042 = 0,05$$

Таблица 17

№ точ- ки	Формула	Числовые значения (кН) для работы конвейера	
		зимой	летом
1	$S_1 = S_{сб2}$	S_1	S_1
2	$S_2 = S_1$	S_1	S_1
3	$S_3 = \zeta \cdot S_2$	$1,05 \cdot S_1$	$1,05 \cdot S_1$
4	$S_4 = S_3 + \omega_{\text{н}} \cdot (q_{\text{л}} + q_{\text{р.н}}) \cdot l_{3-4} \quad l_{3-4} = 5 \text{ м}$	$1,05 \cdot S_1 + 0,232$	$1,05 \cdot S_1 + 0,174$
5	$S_5 = \zeta \cdot S_4$	$1,07 \cdot S_1 + 0,244$	$1,05 \cdot S_1 + 0,183$
6	$S_6 = S_5 + \omega_{\text{н}} \cdot (q_{\text{л}} + q_{\text{р.н}}) \cdot l_{5-6} - q_{\text{л}} \cdot H \quad l_{5-6} = 783 \text{ м}$	$1,07 \cdot S_1 + 30,36$	$1,07 \cdot S_1 + 21,293$
7	$S_7 = \zeta \cdot S_6$	$1,12 \cdot S_1 + 31,878$	$1,12 \cdot S_1 + 22,358$
8	$S_8 = S_7 + \omega_{\text{в}} \cdot (q_{\text{л}} + q_{\text{р.в}}) \cdot l_{7-8} \quad l_{7-8} = 2 \text{ м}$	$1,12 \cdot S_1 + 32,054$	$1,12 \cdot S_1 + 22,492$
9	$S_9 = S_8 + W_3 = S_8 + W_{\text{зy}} + W_{\text{зб}} + W_{\text{зп}}$	$1,12 \cdot S_1 + 47,354$	$1,12 \cdot S_1 + 37,792$
	$W_{\text{зy}} = q_{\text{г}} \cdot \Delta v^2 / g \approx 0,1 \cdot q_{\text{г}} \cdot \Delta v^2$	4,5	
	$W_{\text{зб}} = f_1 \cdot h_6^2 \cdot \gamma \cdot l_{\text{л}} \cdot n_6$; γ – удельный вес груза; h_6 – высота груза = 1,25 м	10,5	
	$W_{\text{зп}} = K_{\text{п.л}} \cdot l_{\text{л}}$; $l_{\text{л}}$ – длина бортов лотка; $l_{\text{л}} = 3,3 \text{ м}$	0,3	

Окончание табл. 17

10	$S_{10} = S_9 + \omega_B \cdot (q_{л} + q_{p.B} + q_r) \cdot l_{8-10} + (q_r + q_{л}) \cdot H; l_{8-10} = 801 \text{ м}$	$1,12 \cdot S_1 + 882,895$	$1,12 \cdot S_1 + 807,864$
11	$S_{11} = \zeta \cdot S_{10}$	$1,18 \cdot S_1 + 927,04$	$1,18 \cdot S_1 + 848,26$
12	$S_{12} = S_{11} + \omega_H \cdot (q_{л} + q_{p.H}) \cdot l_{11-12} \quad l_{11-12} = 5 \text{ м}$	$1,18 \cdot S_1 + 927,271$	$1,18 \cdot S_1 + 848,433$
13	$S_{13} = \zeta \cdot S_{12}$	$1,24 \cdot S_1 + 973,6$	$1,24 \cdot S_1 + 890,9$
14	$S_{14} = S_{13} = S_{\text{нб1}}$	1295	1128
15	$S_{15} = S_{\text{сб1}}$	540	470

$$W_{н.п} = K_d \cdot L \cdot (q_{л} + q_{п.н}) \cdot \omega_{н.п} - q_{л} \cdot H = 1,2 \cdot 803 \cdot (844 + 314) \cdot 0,048 - 844 \cdot 70 = -5520 \text{ Н}$$

$$W_{в.п} = K_d \cdot L \cdot (q_{г} + q_{п.в} + q_{л}) \cdot \omega_{в.п} + (q_{г} + q_{л}) \cdot H = 1,2 \cdot 803 \cdot (7267 + 1256 + 844) \cdot 0,05 + (7267 + 844) \cdot 70 = 451302 + 567770 = 1019072 \text{ Н}$$

$$j \cdot (2 \cdot q_{л} + q_{г}) \cdot (1 + K_u) \cdot L / g = 0,15 \cdot (2 \cdot 844 + 7267) \cdot (1 + 0,08) \times 803 / 9,81 = 118748 \text{ Н}$$

Для проверки правильности выбора ленты по формуле (37) при $K_o = 5$ определяем

$$K'_o = K_o / (K_{ст} \cdot K_T \cdot K_p) = 5 / (0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,95) = 6,5.$$

По формуле (36) находим:

$$S_{п.т} = S_{max} = S_{пуск} \cdot K'_o / B = 1443743 \cdot 6,5 / 2000 = 4692 \text{ Н} < 6000 \text{ Н / мм}$$

Проверку выбранного значения ускорения при пуске конвейера выполняем по формуле (62):

$$j = B_1 \cdot v \cdot \sqrt{(\omega_{п} \cdot \cos \beta + \sin \beta) / (L \cdot \varepsilon)} = 0,6 \cdot 2,5 \times \sqrt{(0,05 \cdot 0,996 + 0,087) / (803 \cdot 0,0025)} = 0,39 \text{ м / с}^2$$

где $B_1 = 0,6$; $\omega_{п} = 0,05$; $\beta = 5^\circ$; $\varepsilon = 0,0025$.

Принято $j = 0,15 < [j = 0,39] \text{ м / с}^2$.

По формуле (64) определяем минимальное время пуска

$$t_{пmin} = v / j = 2,5 / 0,15 = 16,7 \text{ с.}$$

По формуле (65) находим время пуска по пусковым характеристикам приводных электродвигателей

$$t_{п.д} = \frac{J_k \cdot n_H}{9,55 \cdot (M_{п.с} - M_{ст}) \cdot K_y} = \frac{3309 \cdot 597}{9,55 \cdot 10988 \cdot 0,9} = 20,9 \text{ с.}$$

Момент инерции всех движущихся частей конвейера (66)

$$\begin{aligned}
 J_k &\approx K_k \cdot J_p + \frac{91,25 \cdot v^2 \cdot \eta}{n_H^2} \times \\
 &\times \left[(q_r + 2 \cdot q_l) \cdot L \cdot \frac{1}{g} + \left(\sum m_{p.H} + \sum m_{p.B} + \sum m_{\sigma} \right) \right] = \\
 &= 1,15 \cdot 3 \cdot 625 + \frac{91,25 \cdot 2,5^2 \cdot 0,8}{597^2} \times \\
 &\times \left[\begin{aligned} &(7267 + 2 \cdot 844) \cdot \frac{803}{9,81} + \\ &+ (803 \cdot 128 + 401,5 \cdot 64 + 7403 \cdot 3 + 5750 \cdot 3) \end{aligned} \right] = 3309 \text{ кг} \cdot \text{м}^2
 \end{aligned}$$

Общее окружное усилие

$$W = \frac{1}{K_3} \cdot (S_{H1} - S_{\sigma 2}) = \frac{1}{1,15} \cdot (1295000 - 259536) = 900403 \text{ Н}.$$

Частота вращения приводного барабана

$$n_{\sigma} = 60 \cdot v / \pi \cdot D_{\sigma} = 60 \cdot 2,5 / (3,14 \cdot 2) = 24 \text{ об / мин}.$$

Условие по формуле (67) $t_{п.д} \geq t_{п.мин}$; $20,9 > 16,7 \text{ с}$ - выполняется.

Массу приводных футерованных, головных отклоняющих и отклоняющих барабанов конструкции ВНИИПТМАШа необходимо брать из табл. 18.

Таблица 18

Головные барабаны				
Ширина ленты В в мм	A, мм	L, мм	Общая масса в кг	Масса вращающихся частей в кг
1400	2755	1600	6680	4802
1600	2955	1800	7329	5553
1600	3067	1800	13228	10813
2000	3555	2300	8719	6943
2000	3550	2300	9177	7403
2000	3670	2300	13412	11034

Головные отклоняющие барабаны				
1400	2340	1600	3440	2434
1600	2540	1800	3132	2125
1600	2530	1800	3640	2637
1600	2540	1800	5366	4115
2000	3130	2300	4188	3181
2000	3140	2300	7000	5750
2000	3180	2300	12042	10639
Отклоняющие барабаны				
1400	2250	1600	2570	1867
1600	2450	1800	2826	2125
1600	2460	1800	3340	2637
1600	2300	1800	1032	912
2000	3050	2300	3199	2498

Примечание: А – длина барабана вместе с валом и элементами установки (подшипниками); L – длина барабана.

Определение тормозного момента

Условие (68):

$$q_{\Gamma \max} \cdot \sum h \geq W = g \cdot 10000 / 3,6 \cdot v = 10900 \cdot 70 \geq 900403 = \\ = 763000 \geq 900403$$

не выполняется, так как наклон конвейера очень маленький ($\beta=5^\circ$), т.е. самопроизвольного обратного движения ленты при случайной остановке конвейера не будет. Однако с целью уменьшения выбега при выключении приводного двигателя, а также предупреждения несчастных случаев при аварийной остановке конвейер оснащаем тормозами, но без храпового останова.

Расчетный тормозной момент на валу двигателей определяют по формуле (71)

$$M_{\Gamma} = (S_{\text{н61}} - S_{\text{с62}}) \cdot D_{\sigma} \cdot \eta / 2 \cdot i = W \cdot D_{\sigma} \cdot \eta / 2 \cdot i = 900403 \cdot 2 \cdot 0,8 / 2 \times \\ \times 25 = 28812 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Общее окружное усилие

$$W = \frac{1}{K_3} \cdot (S_{н1} - S_{с62}) = \frac{1}{1,15} \cdot (1295000 - 259536) = 900403 \text{ Н.}$$

Находим время торможения до полной остановки конвейера (70)

$$t_T = \frac{J_k \cdot n_n}{9,55 \cdot (M_T + M_{ст})} = \frac{3309 \cdot 597}{9,55 \cdot (28812 + 28812)} = 3,6 \text{ с.}$$

Исходя из величины тормозного момента и времени торможения, выбираем тип тормоза [8].

10. КОНСТРУКТИВНЫЕ УЗЛЫ ПРИВОДНОЙ СТАНЦИИ КОНВЕЙЕРА

Компоновка узлов мощного ленточного конвейера дана применительно к схеме привода, приведенного на рис. 9б и рис. 17.

Привод наклонного конвейера двухбарабанный (рис. 17), располагается в головной части конвейеров. Распределение мощности между первым и вторым приводными барабанами 2:1.

Привод первого барабана двухдвигательный. Для оснащения мощных конвейеров разработаны двухступенчатые редукторы моделей РЦД-2000, РЦД-2300 и РЦД-2600, а также трехступенчатые редукторы моделей РЦТ-2150, РЦТ-2500 и РЦТ-2900 (см. табл. 19). Долговечность подшипников редукторов равна 30000 – 40000 ч. Принятие меньшей долговечности нецелесообразно, так как замена подшипников в условиях эксплуатации мощных конвейеров вызывает длительные простои оборудования.

Входные и выходные валы редукторов рассчитаны только на передачу крутящего момента посредством муфт и поэтому не допускают приложения радиальной нагрузки.

Выбор редуктора при проектировании конвейера производится по таблицам (например, по табл. 19), причем исходными параметрами для выбора являются крутящий момент $M_{кр}$ на выходном валу и передаточное число редуктора.

Таблица 19

Характеристика редукторов

Тип редуктора	Число ступеней	КПД	Масса редуктора, т	Размеры, мм			Передаточное число	Диаметры валов, мм		Наибольшее число оборотов входного вала, мин	Крутящий момент на выходном валу при установившемся режиме, кН·м	Кратковременный крутящий момент на выходном валу, кН·м
				длина <i>L</i>	ширина <i>B</i>	высота <i>H</i>		Входного <i>D</i>	Выходного <i>d</i>			
РЦД-2000	2	0,97	20	4100	1800	2400	26; 32; 40; 51	200	630	1000	200	630
РЦД-2300	2	0,97	29	4600	2000	2700	26; 32; 40; 51	300	1100	1000	300	1100
РЦД-2600	2	0,97	38	5300	2300	3200	26; 32; 40; 51	430	1380	1000	430	1380
РЦТ-2150	3	0,955	13	3000	1200	1900	56; 70	180	430	1000	180	430
РЦТ-2500	3	0,955	25	4500	1700	2300	56; 70	230	580	1000	230	580
РЦТ-2900	3	0,955	31	5100	1800	2700	56; 70	320	860	1000	320	860

Крутящий момент $M_{кр}$ на валу приводного барабана вычисляется по формуле

$$M_{кр} = \frac{W_6 \cdot D_6 \cdot K_3}{2 \cdot \eta_6},$$

где W_6 – тяговое усилие барабана, Н

D_6 – диаметр приводного барабана, м

K_3 – коэффициент запаса ($K_3 = 1,15 \div 1,25$)

η_6 – к. п. д. барабана ($\eta_6 = 0,93$).

При выборе редукторов для конвейеров с двух- или трехбарабанным приводом тяговое усилие конвейера распределяется по барабанам пропорционально мощности установленных двигателей.

Требуемое передаточное число редуктора i_p вычисляется по выражению

$$i_p = \frac{n_{дв} \cdot \pi \cdot D_6}{60 \cdot v},$$

где $n_{дв}$ – число оборотов вала двигателя в минуту;

D_6 – диаметр барабана в м;

v – скорость ленты в м/с.

В нашем конкретном случае общее окружное усилие $W = 900403 \text{ Н}$, по отдельным приводным барабанам оно распределяется: $W_{16} = 600268,6 \text{ Н}$; $W_{26} = 300134,3 \text{ Н}$.

$$M_{пр1} = \frac{600269 \cdot 2 \cdot 1,15}{2 \cdot 0,93} \approx 742 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{пр2} = \frac{300134 \cdot 2 \cdot 1,15}{2 \cdot 0,93} \approx 371 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Все три редуктора на приводных барабанах берем одинакового типа, а именно РЦД-2600.

В приводах конвейеров большой мощности применяются упругие муфты, зубчатые муфты и муфты скольжения (фрикционные, гидравлические, электромагнитные). На быстроходном валу редуктора используются упругие и фрикционные муфты, а на тихоходном – только зубчатые. Хорошо зарекомендовала себя в мощных конвейе-

рах порошковая центробежная муфта, являющаяся разновидностью фрикционных муфт.

Закрытый корпус порошковой муфты имеет внутреннюю ребристую поверхность, в корпусе вращается ротор с гофрированной периферийной частью. Корпус муфты частично заполняется порошком, состоящим из круглых стальных термически обработанных шариков диаметром 1 мм в смеси с графитом (3 %). При вращении с малой скоростью корпуса муфты, который соединен с валом двигателя, порошок находится как бы в состоянии текучести, и крутящий момент не передается на ротор, соединенный с ведомым валом (быстроходным валом редуктора). При увеличении скорости вращения порошок под воздействием центробежной силы отбрасывается к периферийной части корпуса, образуя плотную массу между ребрами кожуха и гофром ротора, в результате чего ротор приводится во вращение.

При использовании таких муфт значительно уменьшается время действия пускового момента электродвигателя. Муфта действует как устройство, ограничивающее передаваемый крутящий момент. Изменением количества порошка, находящегося в муфте, можно изменять величину передаваемого муфтой момента. При нормальных условиях работы муфты проскальзывание ротора составляет не более 0,01 %. Порошковые муфты способны работать непрерывно в течении многих лет.

Муфты уменьшают свой крутящий момент при перегрузке, вызывающей проскальзывание их элементов. Полный передаваемый момент восстанавливается только после уменьшения нагрузки на муфту.

Зубчатая муфта, устанавливаемая на тихоходном валу редуктора, по существу, является редуктором с внутренним зацеплением с передаточным числом $i = 1$ и выбирается по справочникам (например, по табл. 20).

У ленточных конвейеров большой мощности применяются два вида тормозных устройств: колодочные тормоза и храповые остановки. Колодочные тормоза служат для уменьшения выбега горизонтальных конвейеров и для предупреждения обратного хода ленты у наклонных конвейеров.

Тормоза горизонтальных конвейеров включаются незадолго до конца выбега ленты; преждевременное включение тормоза приводит к потере сцепления ленты с барабаном и сходу ее в сторону.

В мощных конвейерах с лентой из синтетического волокна применяются колодочные тормоза типа ТКГ с гидротолкателями.

Колодочные тормоза горизонтальных конвейеров должны быть рассчитаны на заданный выбег ленты конвейера с тем, чтобы при выключении тока груз, сбрасываемый с ленты падающего конвейера, не заваливал приемные устройства, расположенные впереди конвейера.

Торможение нагруженной ленты горизонтального конвейера необходимо, чтобы ограничить количество груза, который может упасть с ленты в бункер последующего конвейера после внезапного выключения тока.

Расчетный тормозной момент в нашем случае составляет 28812 Н·м, по табл. 21 выбираем колодочный тормоз типа ТКГ-800М.

Так как привод слабонаклонный и отсутствует обратный ход, то конвейер не оборудуется храповым остановом.

Система смазки зубчатых колес и подшипников редукторов централизованная, циркуляционная с водяным охлаждением и электрическим подогревом масла.

Для мощных конвейеров, в случае отсутствия в справочниках сведений, конструктивные узлы изготавливаются заводами-производителями по индивидуальному заказу потребителя [9].

Размеры и параметры (мм) муфты зубчатой

Таблица 20

Номинальный вращающий мо- мент $T_{ном}$, Н·м	Максимальный вращающий мо- мент $T_{мах}$, Н·м	n, об/мин	d	A	B	C	D	E	F	G	Максимальное радиальное смещение, мм	Динамический момент инерции, кг·м ²	Объем масла, л	Масса масла	Масса муфты
														кг	
400	800	750	14-30	125	50	115	50	5	75	45	±1,3	0,008	0,03	0,085	5,1
710	1420	6900	22-40	160	60	135	60	5	90	60	±1,8	0,024	0,05	0,09	9,2
1400	2800	6300	25-50	180	70	155	70	5	110	75	±2,0	0,045	0,08	0,17	13,5
2500	5000	5900	28-60	210	80	178	80	6	120	90	±2,3	0,098	0,12	0,25	21,5
4000	8000	5400	30-70	230	90	198	90	6	130	100	±2,6	0,16	0,15	0,35	29,0
5600	11200	5000	32-80	250	100	218	100	6	150	120	±2,9	0,23	0,20	0,40	36,0
8000	16000	4700	35-90	285	110	244	110	8	170	130	±3,2	0,45	0,30	0,60	53,0
11200	22400	4300	55-100	295	120	264	120	8	180	140	±3,5	0,58	0,35	0,75	62,0
14000	28000	4000	65-110	325	130	284	130	8	190	155	±3,8	0,98	0,50	1,0	82,0
22400	44800	3700	75-125	355	150	330	150	10	215	175	±4,3	1,58	0,65	1,3	114,0
31500	63000	3400	85-140	405	165	360	165	10	230	200	±4,8	2,8	0,85	1,6	160,0
45000	90000	3100	120-160	455	190	416	190	12	270	230	±5,6	5,1	1,4	2,6	232,0
63000	126000	2900	140-180	500	220	476	220	12	300	260	±6,4	8,7	1,8	3,3	325,0
90000	180000	2700	160-200	565	245	532	245	14	340	290	±7,2	16,3	2,5	4,8	478,0
125000	250000	2400	160-240	580	270	556	270	16	360	355	±8,0	20,0	2,5	5,0	530,0
160000	320000	2200	180-260	645	290	598	290	18	380	390	±8,5	30,5	3,5	7,0	685,0
200000	400000	2100	200-280	680	310	640	310	20	400	415	±9,0	43,0	4,0	8,0	830,0
250000	500000	2000	220-310	745	340	702	340	22	440	460	±9,5	70,0	6,0	10,0	1105
315000	630000	1900	240-330	775	360	744	360	24	470	480	±10,0	85,0	8,0	11	1250
400000	800000	1800	260-350	825	380	786	380	26	500	525	±11,0	122,0	9,0	13	1555
480000	960000	1700	280-370	915	390	808	390	28	520	560	±11,0	188,0	11,0	20	1980

Таблица 21

Тормоз	Размеры, мм																	Тормозной момент, Н·м	Толкатель	Масса тормоза с приводом, кг	
	L	l	l1	B	b	b1	b2	H	h	h1	A	a	a1	D	d	t	t1				s
ТКГ-160	490	147	268	201	116	120	70	415	144	50	200	90	90	160	13	25	15	6	100	ТЭГ-16-2М	21,2
ТКГ-200	603	198	332	213	125	90	90	436	170	70	350	120	60	200	18	32	22	6	250	ТГМ-25	38
ТКГ-300	772	275	421	227	125	120	140	526	240	90	500	150	80	300	22	50	30	8	800	ТГМ-50	100
ТКГ-400	940	375	489	227	125	140	180	620	320	110	340	68	68	400	21	50	30	8	1500	ТГМ-80	130
ТКГ-500	1160	435	650	227	125	160	200	735	400	120	410	85	85	500	27	50	30	8	2500	ТГМ-80	155
ТКГ-600М	1420	560	860	365	125	250	240	940	475	132	500	126	126	600	38	55	35	8	5000	ТЭ-160	420
ТКГ-700М	1630	625	1005	390	145	290	280	1081	550	170	610	150	150	700	38	85	55	8	8000	ТЭ-160	595
ТКГ-800М	1975	695	1280	405	165	330	320	1216	600	174	700	180	180	800	38	135	90	8	12500	ТЭ-160	845

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.Г. Шахмейстр, В.Г. Дмитриев. Теория и расчет ленточных конвейеров. М.: „Машиностроение” 1978 – 392 с.
2. М.П. Белов и др. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. М.: Академия 2004, 576 с.
3. А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. Транспортирующие машины. М.: Машиностроение, 1983 – 487 с.
4. Р.Л. Зенков и др. Машины непрерывного транспорта. М.: Машиностроение, 1980 – 304 с.
5. В.И. Ключев, В.М. Терехов. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. М.: Энергия, 1980 – 360 с.
6. Конвейеры. Справочник. Р.А. Волков и др. Л.: Машиностроение. 1984 – 367 с.
7. Справочник по электрическим машинам т. 1. Под редакцией И.П. Копылова. М.: 1988 – 455 с.
8. Тормозные устройства. Справочник. М.: 1985 – 311 с.
9. Машины непрерывного транспорта. Под редакцией В.И. Плавинского. М.: 1969 – 719 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

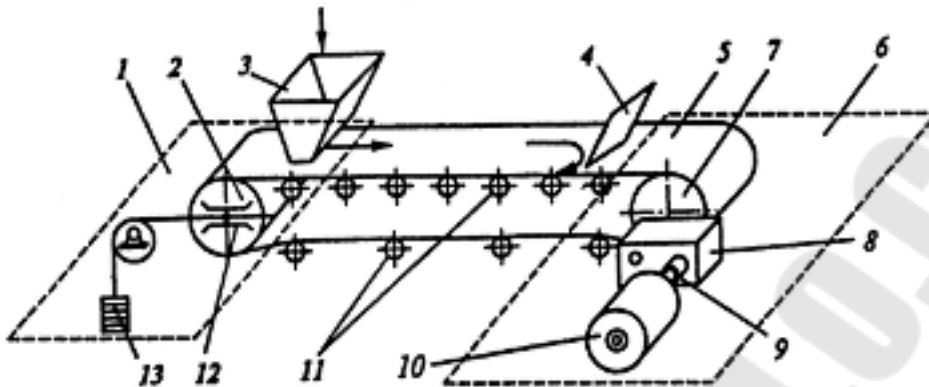


Рис.1. Схема ленточного конвейера.

1 - натяжная станция; 2 - натяжной барабан, 3 - загрузочная воронка; 4 - плужковый разгрузатель; 5 - гибкая лента; 6 - приводная станция; 7 -приводной барабан; 8 - редуктор; 9 - упругая муфта; 10 - электродвигатель; 11 - поддерживающие ролики; 12 - направляющие; 13 - натяжной груз.

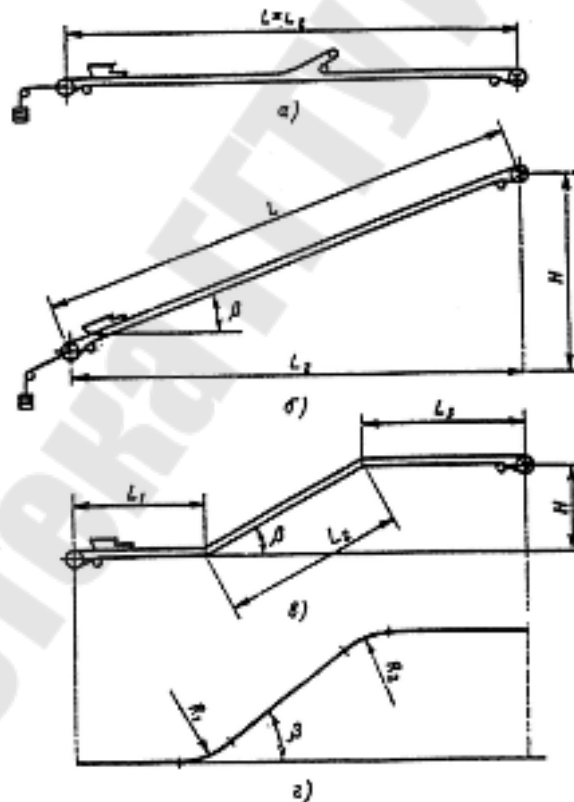


Рис.2. Схемы трасс конвейеров

а - горизонтальный конвейер со сбрасывающей тележкой; б - наклонный прямолинейный конвейер; в - конвейер с ломаной трассой; г - криволинейные участки конвейера

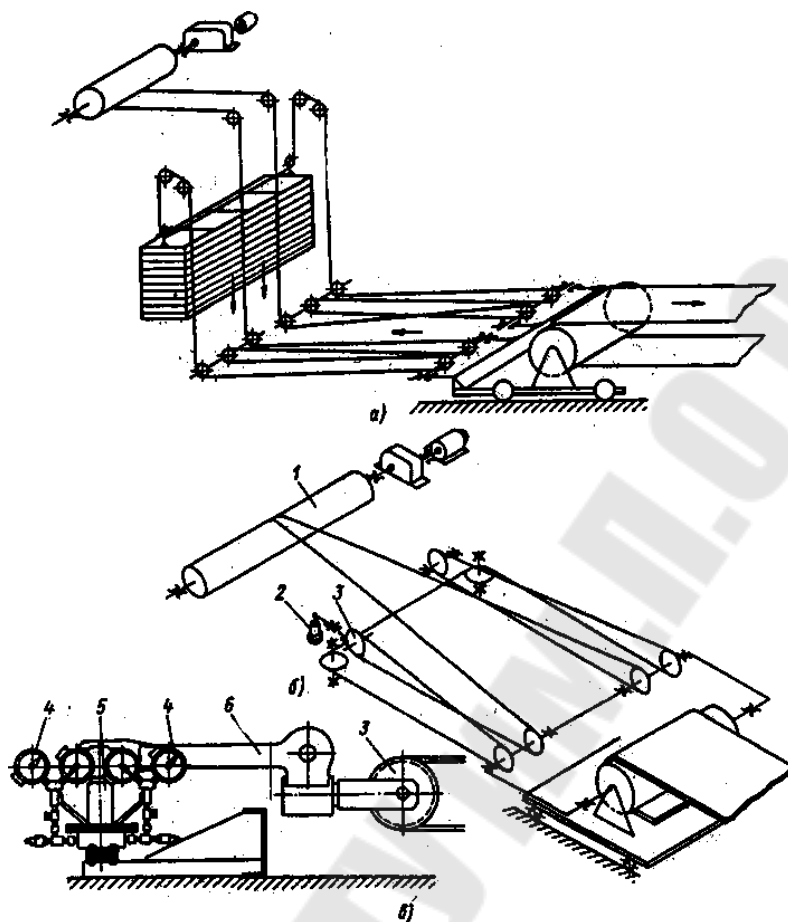


Рис.3. Тележное натяжное устройство

а - грузолебедочное; б - лебедочное; в - датчик контроля натяжения 1 - лебедка; 2 - датчик контроля натяжения; 3 - система блоков; 4 - манометры; 5 - шток гидроцилиндра; 6 - система рычагов

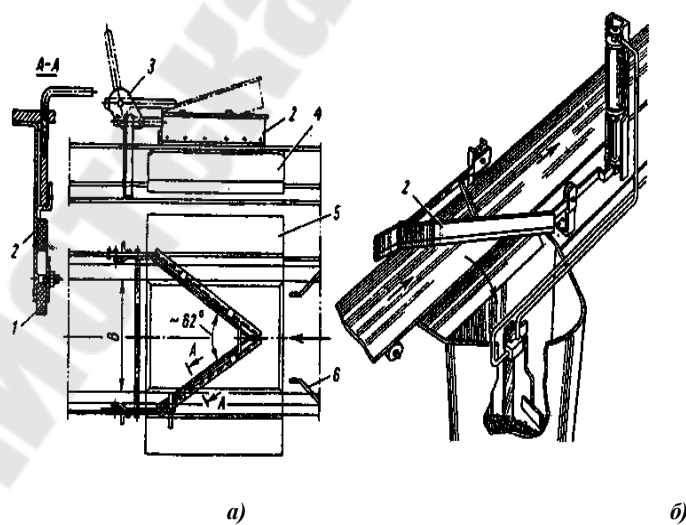


Рис.4. Схемы плужковых стационарных разгрузателей а,б - с полной разгрузкой ленты соответственно двусторонний и односторонний.

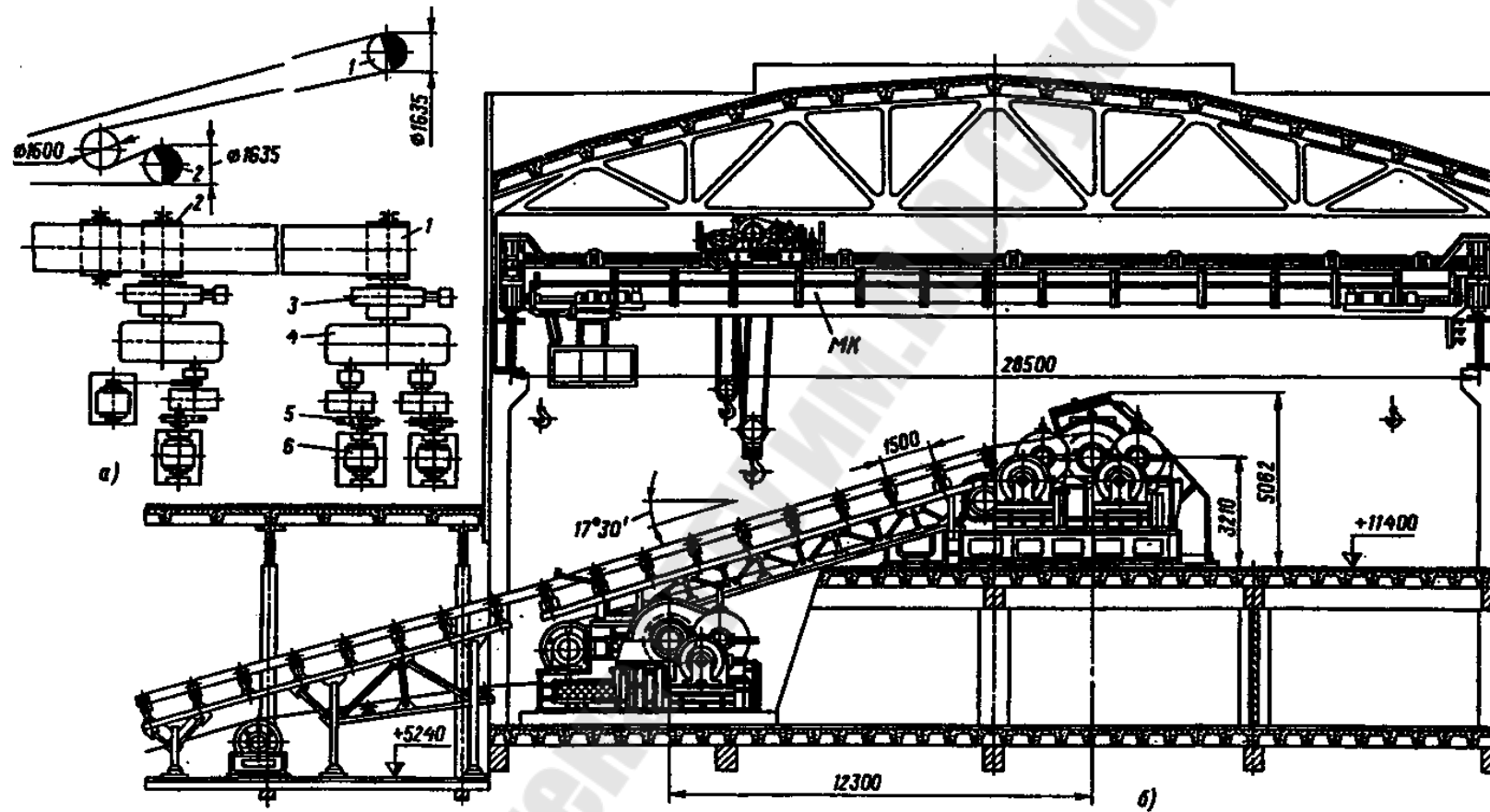


Рис.5. Головная часть мощного ленточного конвейера с лентой шириной 2000 мм для транспортирования железной руды; а - схема; б - конструкция; 1 и 2 - приводные барабаны; 3 - муфта с остановом; 4 - редуктор; 5 - тормоз с муфтой; 6 - электродвигатель мощностью 1250 кВт; МК - мостовой кран для монтажа привода.

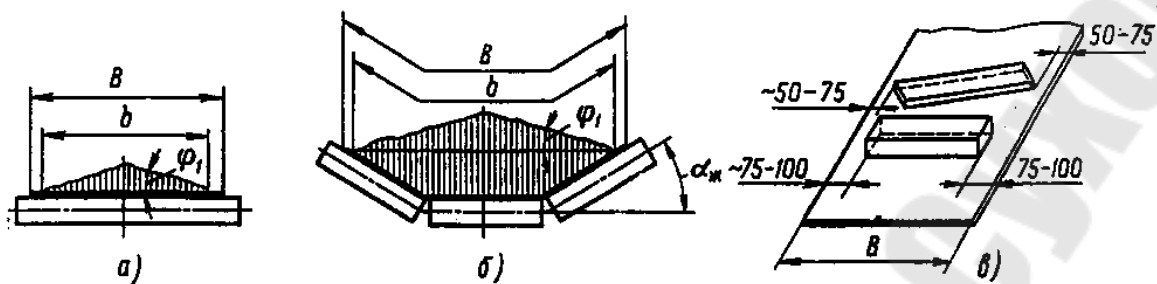


Рис.6. Схемы расположения груза на ленте а,б - насыпного груза на ленте, установленной соответственно на прямых и желобчатых роlikоопорах; в - штучного груза.

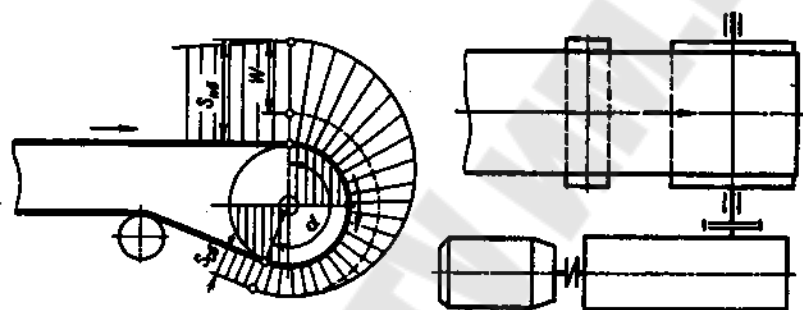


Рис.7 Схема однобарабанного привода

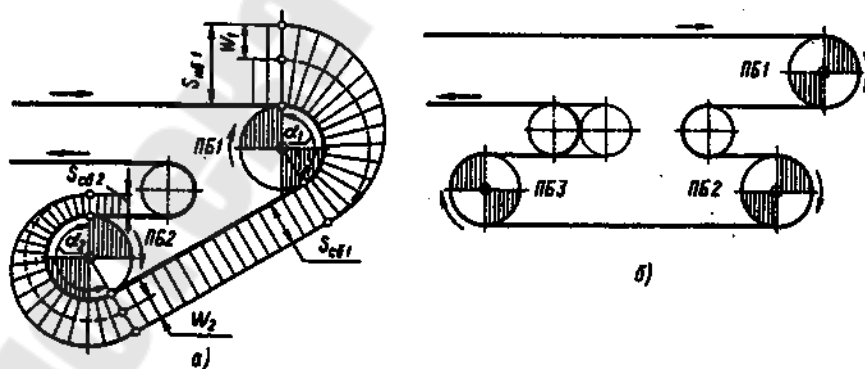


Рис.8. Схемы обводки ленты на приводе а - двухбарабанном; б - трехбарабанном; ПБ - приводной барабан.

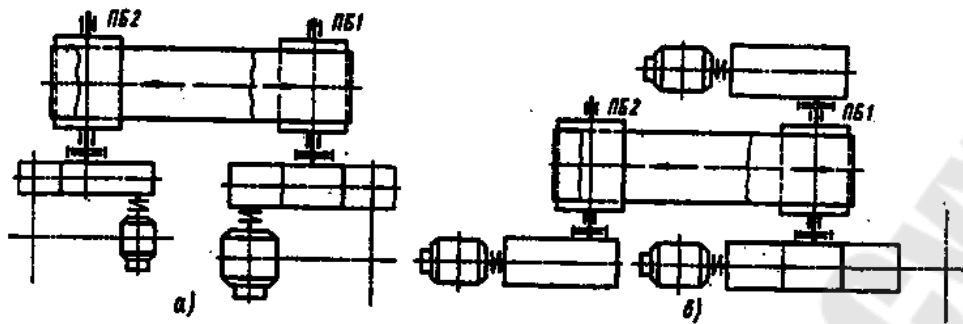


Рис.9. Схемы приводных механизмов двухбарабанного привода с электродвигателями: а - двумя; б - тремя; ПБ - приводной барабан.

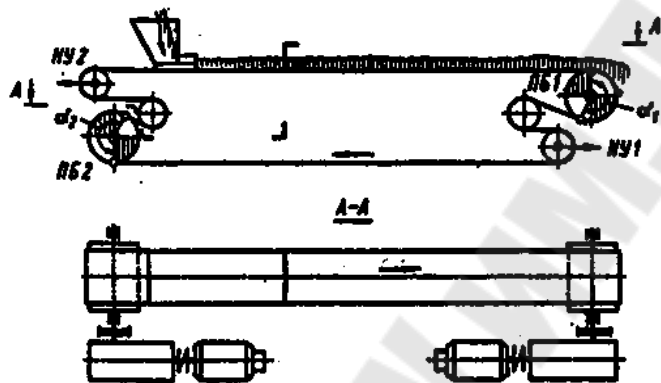


Рис.10. Схема конвейера с приводами на переднем и заднем барабанах ПБ - приводной барабан; НУ - натяжное устройство

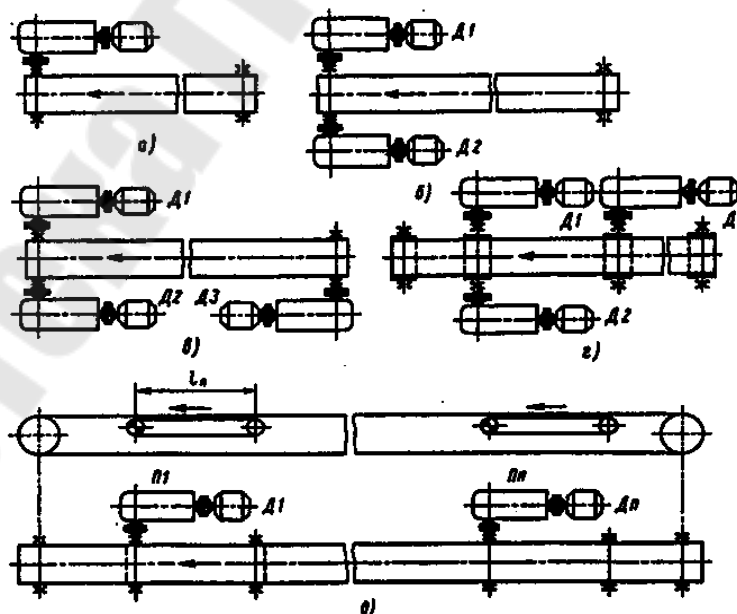


Рис. 11. Схемы расположения приводов а - однодвигательного; б - двухдвигательного; в и г - трехдвигательных; д - многоприводного с прямолинейными промежуточными приводами; П - привод; Д - двигатель

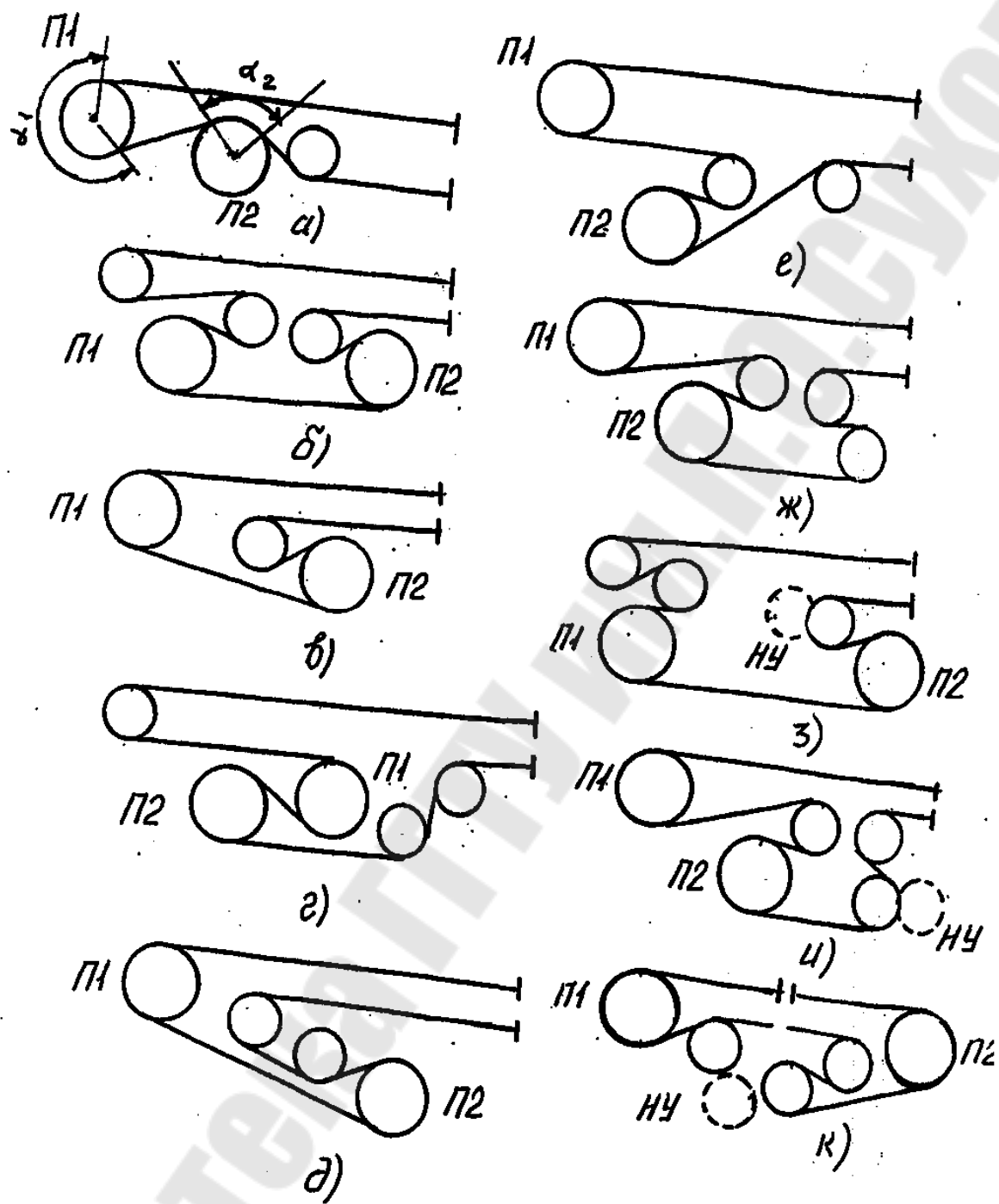


Рис.12. Схемы приводов ленточных конвейеров

В схемах а) и в) приводы барабанов установлены в головной части конвейера; в схеме к) - в головной и хвостовой части. Во всех схемах натяжное устройство установлено в хвостовой части привода, кроме схем з) и и), в которых натяжное устройство установлено в головной части. Угол обхвата ($\alpha_1 + \alpha_2$) составляет: схема а) - 350° ; б), в), е), ж), з), и) - 420° ; г) - 480° ; д) - 380° ; к) - 360°

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Классификация и направления развития ленточных конвейеров.....	4
2. Данные для расчета.....	8
3. Составные элементы ленточных конвейеров.....	13
4. Режимы работы и классы использования конвейеров.....	19
5. Автоматизация систем управления конвейерными установками.....	24
6. Техника безопасности и основы эксплуатации конвейеров.....	29
7. Расчет конвейера.....	35
8. Электрические схемы и аппаратура управления.....	60
9. Пример расчета ленточного конвейера большой мощности.....	66
10. Конструктивные узлы приводной станции конвейера.....	79
11. Литература.....	86
12. Приложения.....	87

**Хабибуллин Дамир Абдулхаевич
Веппер Леонид Владимирович
Козлов Андрей Владимирович**

ЭЛЕКТРОПРИВОД ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

**Методические указания
к курсовому проекту
по дисциплине «Автоматизированный электропривод
производственных и транспортных механизмов»
для студентов специальности 1-53 01 05
«Автоматизированные электроприводы»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано в печать 29.09.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 5,2.

Изд. № 136.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.
Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого».
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.