

**С. Ф. Каменских  
С. С. Осьмушин  
В. В. Каржавин**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ  
ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА**

С.Ф.Каменских, С.С.Осьмушин, В.В.Каржавин

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА



Учебно-методическое пособие

Екатеринбург  
РГПУ  
2020

**УДК621.867.2(075.8)**

**ББК39.931.11я73-1**

**К18**

**Авторы:**

**С.Ф.Каменских**

(введение, гл. 1, 2, 3, заключение,  
прил. А, Б, В, Г),

С.С.Осьмушин (гл. 4, 6); В.В.Каржавин(гл. 5, 7)

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор Е. Ю. Раскатов (ФГАОУ ВО«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»);  
доктор технических наук, профессор Б. Н. Гузанов (ФГАОУ ВО«Российский государственный профессионально-педагогический университет»)

**Каменских, Сергей Фридрихович.**

**К18 Проектирование и расчет ленточного конвейера:** учебно-методическое пособие/ С. Ф. Каменских, С. С. Осьмушин, В. В. Каржавин. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2020. 74 с. URL: <http://elar.rsvpu.ru/978-5-8050-0695-2>. Текст: электронный.

**ISBN 978-5-8050-0695-2**

Цель пособия - помочь студентам в овладении знаниями о роли, устройстве, назначении и характеристиках современного оборудования транспортирующих машин, автоматических линий, а также создать научно-техническую базу, необходимую для инженерно деятельности на современных предприятиях, в системе профтехобразования, средних специальных учебных заведениях, школах подготовки и переподготовки кадров. Рассмотрение охватывает круг вопросов, связанных с применением машин непрерывного транспорта ( а также их механизмов, элементов и систем автоматики) как основных средств механизации и автоматизации технологических процессов на современных машиностроительных предприятиях. При этом особый акцент делается на изучении различных видов конвейеров и элеваторов.

Данное пособие должно помочь обучающимся в написании курсового проекта. Адресовано студентам машиностроительных специальностей.

**ISBN 978-5-8050-0695-2**

**УДК621.867.2(075.8)**

**ББК39.931.11я73-1**

© ФГАОУ ВО«Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2020

## Содержание

Введение.....	5
Глава 1. Назначение курсового проектирования, его цели и задачи .....	7
Глава 2. Рекомендации к выполнению курсового проекта.....	8
Глава 3. Защита и критерии оценки курсового проекта.....	11
Глава 4. Задания и исходные данные для курсового проекта .....	13
Глава 5. Общая теория расчета производительности и мощности транс- портирующих машин .....	18
Глава 6. Последовательность и методика расчета ленточного кон- вейера.....	21
6.1. Выбор типа и материала ленты.....	21
6.2. Определение ширины ленты.....	22
6.3. Предварительное определение толщины ленты .....	25
6.4. Выбор опорных устройств .....	27
6.5. Определение удельного веса движущихся элементов кон- вейера.....	32
6.6. Тяговый расчет конвейера.....	33
6.7. Определение натяжения ленты в характерных точках трассы конвейера.....	36
6.8. Окончательный выбор ленты.....	39
6.9. Выбор размеров барабанов .....	40
6.10. Выбор натяжного устройства .....	41
6.11. Выбор приводного устройства .....	41
6.12. Проверка электродвигателя на пусковые нагрузки.....	43
Глава 7. Пример расчета ленточного конвейера.....	44
7.1. Устройство и принцип действия механизма .....	44
7.2. Определение конструктивных параметров ленты конвейера .....	45
7.3. Определение параметров роликовых опор.....	46
7.4. Определение сил сопротивления движению несущего полот- на на всех участках конвейера .....	47
7.4.1. Расчет распределенных масс.....	47
7.4.2. Определение толщины и массы конвейерной ленты .....	47
7.4.3. Определение местных сил сопротивления движению кон- вейерной ленты.....	48

7.5. Определение сил натяжения тяговой ленты и тягового усилия на приводном барабане.....	49
7.5.1. Определение сечения с наименьшим натяжением конвейерной ленты.....	49
7.5.2. Определение натяжений в характерных точках трассы ленточного конвейера .....	50
7.5.3. Уточненный тяговый расчет .....	51
7.5.4. Определение необходимого угла обхвата конвейерной лентой приводного барабана.....	54
7.6. Определение параметров барабанов и роликовой батареи .....	54
7.7. Выбор натяжного устройства и расчет каната натяжного устройства.....	56
7.8. Загрузочное устройство.....	57
7.9. Расчет привода.....	59
7.9.1. Определение необходимой мощности привода .....	59
7.9.2. Выбор электродвигателя и редуктора .....	60
7.9.3. Проверка электродвигателя на пусковые нагрузки .....	60
7.10. Фактическая скорость и производительность ленточного конвейера.....	61
7.11. Заключение к курсовому проекту .....	61
Заключение .....	63
Библиографический список.....	64
Приложение А. Пример оформления титульного листа курсового проекта.....	68
Приложение Б. Пример оформления чертежей курсового проекта.....	69
Приложение В. Характеристика некоторых насыпных грузов .....	72
Приложение Г. Характеристика конвейеров с различной шириной ленты.....	73

## Введение

Дисциплина «Машины непрерывного транспорта» (МНТ) является ведущей профилирующей дисциплиной для студентов – будущих педагогов профессионального обучения машиностроительной направленности. Она охватывает круг вопросов, связанных с применением машин непрерывного транспорта (а также их механизмов, элементов и систем автоматики) как основных средств механизации и автоматизации технологических процессов на современных машиностроительных предприятиях. При этом особый акцент делается на изучении различных видов конвейеров и элеваторов.

Цель преподавания данной дисциплины – дать студентам знания о роли, устройстве, назначении и характеристиках современного оборудования транспортирующих машин, автоматических линий, а также создать научно-техническую базу, необходимую для инженерно-педагогической деятельности на современных предприятиях, в системе профтехобразования, средних специальных учебных заведениях, школах подготовки и переподготовки кадров.

Изучение дисциплины «Машины непрерывного транспорта» предполагает большой объем самостоятельной работы студентов, содержательная часть которой включает в себя работу с учебной литературой, справочниками, атласами, каталогами с целью освоения теоретических разделов курса, а также выполнение курсового проекта.

Данное учебно-методическое пособие должно помочь обучающимся в написании курсового проекта. Оно содержит методические указания и контрольные задания к выполнению этого проекта, которые составлены в полном соответствии с рабочей программой курса «Машины непрерывного транспорта», а также с учетом требований, предъявляемых к курсовому проектированию по техническим дисциплинам.

Рекомендуемая для выполнения проектов литература включена в библиографический список.

В пособии проведена нумерация наиболее важных формул (ссылки в тексте даны не на все пронумерованные формулы).

Пособие содержит в себе 7 тем, при этом 6-я и 7-я темы ввиду большого объема предлагаемого учебного материала разбиты на пункты, а пунк-

ты 7-й темы для удобства учащихся при изучении предлагаемого материала разделены еще и на подпункты.

Также в учебно-методическое пособие включены 4 приложения: пример оформления титульного листа курсового проекта (прил. А); пример оформления чертежей курсового проекта (прил. Б), в котором представлен общий вид чертежей; характеристика некоторых насыпных грузов (прил. В); характеристика конвейеров с различной шириной ленты (прил. Г (*примеч. авт.*: Данное приложение публикуется по работе Р. Л. Зенкова, И. И. Ивашкова, Л. Н. Колобова «Машины непрерывного транспорта»)).

## Глава 1. НАЗНАЧЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ЕГО ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Курсовой проект по дисциплине «Машины непрерывного транспорта» является важной самостоятельной инженерной работой студентов, охватывающей вопросы расчета на прочность, жесткость, износостойкость, долговечность, работоспособность деталей машин непрерывного транспорта и т. д. Самостоятельная работа студентов базируется на всех уже изученных ими дисциплинах.

*Объектом* проектирования в курсе «Машины непрерывного транспорта» является конвейер. Студенту предлагается выполнить расчетно-графический проект по расчету ленточного конвейера.

*Цель курсового проектирования:* углубление уровня и расширение объема профессионально значимых знаний, умений и навыков.

*Задачи курсового проектирования:*

- формирование умений самостоятельно рассчитывать основные параметры конвейера, проектировать и (или) выбирать его узлы и агрегаты;
- формирование умений и навыков самостоятельной организации научно-исследовательской работы;
- овладение методами поиска, обработки и использования информации;
- формирование умений правильно выполнять чертежи, подбирать основные элементы и узлы ленточного конвейера.

*Цель курсового проекта:* спроектировать ленточный конвейер.

*Задачи курсового проекта:*

- 1) рассмотреть устройство и принцип действия механизма;
- 2) определить конструктивные параметры несущего полотна конвейера;
- 3) определить параметры роlikоопор;
- 4) определить силы сопротивления движению несущего полотна на всех участках конвейера;
- 5) определить силы натяжения тяговой ленты и тяговое усилие на ленточном барабане;
- 6) определить параметры барабанов и роlikовой батареи;
- 7) выбрать натяжное устройство;
- 8) рассчитать привод конвейера;
- 9) выполнить чертежи и спецификации к ним.

Последовательность выполнения и содержание курсового проекта раскрыты во второй главе.



## **Глава 2. РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Расчетно-графический проект включает в себя 3 листа чертежей формата А1 и расчетно-пояснительную записку (РПЗ).

При этом 1-й лист представляет собой общий вид конвейера, в том числе две проекции машины со схемой привода и техническими характеристиками; 2-й и 3-й листы – сборочные чертежи узлов машины и рабочие чертежи отдельных деталей, наиболее интересные с конструктивной точки зрения.

Задание по курсовому проекту студенты получают непосредственно от преподавателя, который указывает номер задания и вариант, определяющий основные параметры конвейера.

Исходные данные в заданиях могут быть заменены преподавателем.

Выполняя графическую часть проекта, студент может по своему усмотрению делить 2-й и 3-й листы формата А1 на листы более мелких форматов [26].

В расчетно-пояснительной записке должно быть изложено следующее:

- исходные данные для проектирования;
- краткое описание работы машины;
- обоснование конструкций узлов машины и выбор материалов деталей;
- расчет на прочность, жесткость, долговечность и изнашивание основных элементов узла;
- расчетные и конструктивные размеры деталей и узлов;
- описание сборки узла, системы смазки его частей, а также описание его работы и технического обслуживания.

РПЗ должна быть выполнена согласно требованиям ГОСТ 2.105–95 [19]. Она может содержать комплект конструкторской документации. Графическая часть, представляемая для иллюстрации доклада студента, оформляется в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), Единой системы технической документации (ЕСТД), Единой системы программной документации (ЕСПД).

При изложении расчетов деталей и узлов МНТ необходимо указывать в квадратных скобках литературу с отметкой страниц, откуда взяты расчетные формулы, допускаемые напряжения, отдельные параметры элементов машин и др.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать следующие элементы:

- 1) титульный лист – 1 с.;
- 2) содержание – 1 с.;
- 3) задание по курсовому проекту – 1 с.;
- 4) введение – 2–3 с.;
- 5) основная часть – 20–25 с.;
- 6) заключение – 1–2 с.;
- 7) список используемых источников и литературы – 1 с.;
- 8) приложения.

Титульный лист – это 1-й лист пояснительной записки курсового проекта. В курсовом проекте он совмещается с обложкой и может быть выполнен на листе ватмана формата А4 (см. прил. А).

Содержание является 2-м листом РПЗ и включает в себя наименования ее разделов и подразделов с указанием слева порядкового номера раздела и подраздела и его наименования.

Задание по курсовому проекту определяется номером задания и вариантом, которые необходимы для расчета ленточного конвейера.

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой в курсовом проекте проблемы. В нем должны быть четко поставлены цели и задачи курсового проектирования.

Материал основной части РПЗ должен содержать характеристику и расчет ленточного конвейера, а также четко описывать назначение и область его применения.

Заключение пояснительной записки должно включать в себя краткие выводы о результатах выполненных расчетов и описание проделанной работы и основных ее результатов.

Список используемых источников и литературы должен содержать литературу, которой студент пользовался в процессе выполнения курсового проекта. Данный список составляется в соответствии с правилами, установленными ГОСТ Р 7.0 100–2018 [3] для библиографических описаний.

Приложения должны представлять материал, который по композиционным или иным соображениям нецелесообразно располагать в тексте работы. Приложения помещают после списка используемых источников и литературы. Каждое приложение выполняют на отдельных листах формата А4. Приложения (если их более одного) обозначаются цифрами или

заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. Приложения располагают в порядке появления ссылок на них в основном тексте. Если приложение состоит из нескольких частей, то при буквенном обозначении допускается сочетание буквенного и цифрового обозначений (например, для приложения А: А.1, А.1.1, А.1.1.1 и т. д).

*Каждый лист пояснительной записки должен иметь рамку черного цвета, выполненную типографским способом или вручную тушью, чернилами или пастой. Рамку наносят сплошной основной линией на расстоянии 20 мм от левой границы формата А4 и 5 мм – от остальных границ данного формата. От рамки до границ текста следует оставлять в начале и в конце строк не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.*

### **Глава 3. ЗАЩИТА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Студент допускается к защите курсового проекта, если преподавателем подписаны все выполненные студентом чертежи и расчетно-пояснительная записка, а также дано положительное заключение (рецензия) на представленную работу. Защита курсового проекта проходит перед комиссией, состоящей из двух-трех преподавателей, один из которых является руководителем проекта или рецензентом. Если в результате защиты выяснилось, что проект выполнен несамостоятельно, то он снимается с защиты и студенту выдается новое задание.

Студент, получивший за курсовой проект неудовлетворительную оценку, продолжает дополнительно работать над проектом или же выполняет новое задание по решению комиссии. Курсовой проект оценивается дифференцированной оценкой.

Во время защиты проекта студент должен объяснить методику расчетов, выполненных в процессе проектирования, показать знание назначения и процесса работы всех деталей и узлов, дать определение действующих сил, напряжений в деталях, а также объяснить конструкцию разработанных им механизмов и узлов. Кроме того, студенту необходимо сделать критический анализ разработанных конструкций, указать их достоинства и недостатки, сравнить с другими аналогичными устройствами и возможными решениями, рассмотреть сборку и регулировку узлов, обеспечение смазки трущихся деталей.

Также студенту необходимо обратить внимание на определение производительности машины, расчет и выбор грузонесущих тяговых органов (лент, цепей), на определения конструкции барабанов, звездочек и натяжных устройств, а также на особенности конструкции транспортирующих машин без тягового органа. При этом ему необходимо знать правила техники безопасности при работе данной транспортирующей машины.

Оценка «отлично» выставляется, если курсовой проект выполнен грамотно, аккуратно оформлен с необходимым объемом расчетов и чертежей. Если докладчик показал глубокие знания по расчетам, дал исчерпывающие ответы на задаваемые преподавателем и студентами вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется в том случае, когда пояснительная записка и чертежи выполнены на высоком уровне, а имеющиеся недостатки не являются существенными, на защите докладчик грамотно отвечал на задаваемые вопросы и хорошо обосновал расчеты.

Оценка «удовлетворительно» ставится при защите курсового проекта в тех случаях, когда в пояснительной записке и (или) в чертежах допущены неточности и ошибки, если докладчик не смог показать глубокие знания и осветить все стороны разработанной темы, а также если проект не был сдан в назначенные сроки.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если в пояснительной записке и чертежах допущены грубые ошибки, неточности. Докладчик не сумел дать обоснования расчетов и полученных результатов. Проект был сдан не в срок.

При проектировании студентам следует использовать литературу, включенную в библиографический список.

## Глава 4. ЗАДАНИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

### Задание 1

Спроектировать ленточный конвейер по схеме, приведенной на рис. 1, и данным табл. 1. Представить расчетно-пояснительную записку с расчетом конвейера и три листа следующих чертежей со спецификациями: 1) общий вид конвейера; 2) приводная станция; 3) натяжная станция.

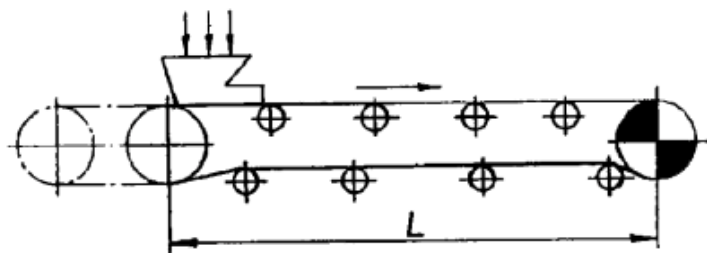


Рис. 1. Схема трассы горизонтального ленточного конвейера

Таблица 1

Параметры конвейера

Вариант	Транспортируемый груз	Производительность $Q$ , т/ч	Длина конвейера $L$ , м	Условия эксплуатации
1	Щебень сухой	250	25	Средние
2		300	35	Тяжелые
3	Руда железная	320	80	Средние
4		500	100	Тяжелые
5	Опилки древесные сухие	3	15	Легкие
6		2	12	Легкие
7	Глина сухая	8	30	Средние
8		10	45	Тяжелые
9	Уголь каменный	120	120	Средние
10		400	150	Тяжелые
11	Цемент	250	75	Средние
12		100	30	Тяжелые
13	Ячмень	5	85	Легкие
14		12	100	Легкие
15	Торф кусковой сухой	3,5	12	Средние
16		5	15	Тяжелые
17	Картофель	10	25	Средние
18		15	17	Тяжелые

## Задание 2

Спроектировать ленточный конвейер по схеме, обозначенной на рис. 2, и данным табл. 2. Представить расчетно-пояснительную записку с расчетом конвейера и три листа следующих чертежей со спецификациями: 1) общий вид конвейера; 2) приводная станция; 3) натяжная станция.

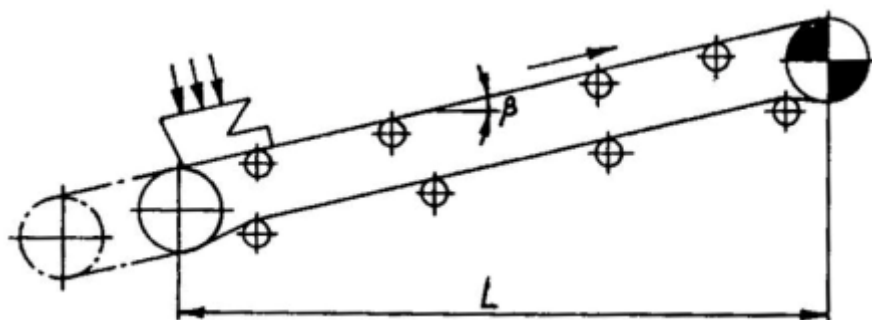


Рис. 2. Схема трассы наклонного ленточного конвейера

Таблица 2

Параметры конвейера

Вариант	Транспортируемый груз	Производительность $Q$ , т/ч	Угол наклона $\beta$	Длина конвейера $L$ , м	Условия эксплуатации
1	Торф сухой кусковой	20	$10^\circ$	60	Средние
2		50	10	45	
3		75	12	40	
4	Пшеница	80	8	25	Легкие
5		50	11	30	
6		20	12	40	
7	Овес	20	15	30	Легкие
8		85	9	40	
9		14	7	45	
10	Гравий рядовой	200	12	75	Средние
11		170	10	90	
12		300	11	100	
13	Известняк мелкокусковой	120	15	40	Средние
14		300	15	45	
15		180	18	30	
16	Песок	50	12	35	Тяжелые
17		80	10	28	
18		130	9	15	

### Задание 3

Спроектировать ленточный конвейер по схеме, которая приведена на рис. 3, и данным табл. 3. Представить расчетно-пояснительную записку с расчетом конвейера и три листа следующих чертежей со спецификациями: 1) общий вид конвейера; 2) приводная станция; 3) натяжная станция.

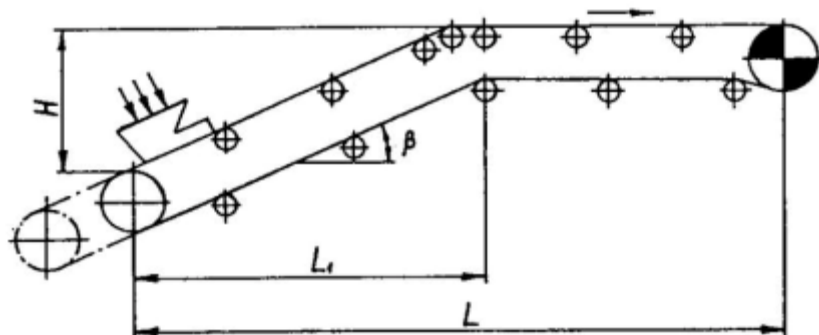


Рис. 3. Схема трассы наклонно-горизонтального ленточного конвейера:

$L$  – горизонтальная длина конвейера;  $L_1$  – длина наклонного участка;

$H$  – высота наклонного участка;  $\beta$  – угол наклона ленты

Таблица 3

Параметры конвейера

Вариант	Транспортируемый груз	Производительность $Q$ , т/ч	Размеры, м			Условия эксплуатации
			$L_1$	$L$	$H$	
1	Пшеница, овес	20	20	30	5	Средние
2		30	25	35	4,5	Средние
3		40	15	30	3,5	Легкие
4	Опилки древесные	14	30	50	10	Средние
5		16	30	40	12	Средние
6		20	20	35	5	Средние
7	Гравий	250	15	33	5	Средние
8		150	12	30	4	Средние
9		300	10	30	3	Средние
10	Земля формовочная	500	20	40	7	Тяжелые
11		400	15	30	4	Средние
12		550	10	30	3,5	Тяжелые
13	Песок сухой	250	25	60	5	Средние
14		200	20	45	10	Средние
15		300	15	35	3,5	Легкие
16	Шлак каменноугольный сухой	600	12	32	5	Средние
17		400	35	55	8	Тяжелые
18		500	17	49	6	Тяжелые



#### Задание 4

Спроектировать ленточный конвейер по схеме, указанной на рис. 4, и данным табл. 4. Представить расчетно-пояснительную записку с расчетом конвейера и три листа следующих чертежей со спецификациями: 1) общий вид конвейера; 2) приводная станция; 3) натяжная станция.

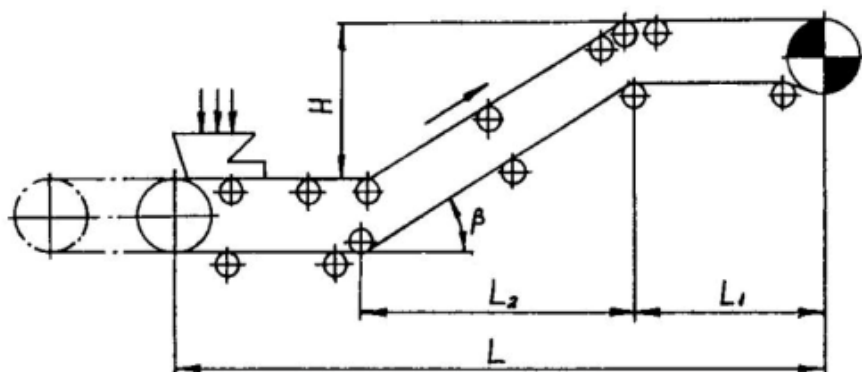


Рис. 4. Схема комбинированной трассы ленточного конвейера:

$L$  – горизонтальная длина конвейера;  $L_1$  – длина верхнего горизонтального участка;

$L_2$  – длина наклонного участка;  $H$  – высота наклонного участка;

$\beta$  – угол наклона ленты

Таблица 4

Параметры конвейера

Вариант	Транспортируемый груз	Производительность $Q$ , т/ч	Угол наклона $\beta$	Размеры, м				Условия эксплуатации
				$L_1$	$L_2$	$L$	$H$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Агломерат железной руды	100	$10^\circ$	20	30	60	–	Средние
2		240	10	25	15	50	–	Средние
3		150	–	15	20	45	10	Средние
4	Кокс среднекусковой	350	15	20	30	60	–	Тяжелые
5		180	18	15	25	50	–	Средние
6		260	14	20	35	65	–	Тяжелые
7	Уголь каменный кусковой (рядовой)	280	–	10	15	35	5,5	Средние
8		270	18	15	10	45	–	Тяжелые
9		160	18	18	30	63	–	Средние
10	Земля формовочная выбитая	50	–	45	35	115	15	Средние
11		120	–	50	30	105	5	Средние
12		170	–	15	30	65	10	Тяжелые

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Известняк мелкокусовой	50	8	20	10	45	–	Средние
14		80	–	25	10	55	5	Средние
15		32	12	20	8	53	–	Средние
16	Гипс мелкокусовой	35	–	20	12	42	5	Средние
17		42	15	35	15	70	–	Средние
18		30	–	10	25	50	10	Средние

Исходные данные могут быть изменены преподавателем.

## Глава 5. ОБЩАЯ ТЕОРИЯ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И МОЩНОСТИ ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ МАШИН

В практической инженерной деятельности зачастую приходится решать задачи проектирования или выбора типа конвейера для транспортирования грузов. Важнейшими критериями при этом являются технические факторы (характеристика груза, требуемая производительность, трасса транспортирования). Производительность транспортно-технологических машин определяется количеством груза, перемещаемого за единицу времени. Количество сыпного груза может исчисляться в объемных или массовых единицах измерения. Поэтому требуемая производительность может быть объемной или массовой.

Основными параметрами, определяющими производительность, являются *удельный объем*  $q$  ( $\text{м}^3/\text{м}$ ) или *удельная масса груза*  $m = q \cdot \rho$  ( $\text{кг}/\text{м}$ ) – *среднее количество груза, приходящееся на единицу длины грузонесущего элемента*, а также *рабочая скорость перемещения груза*  $v$  ( $\text{м}/\text{с}$ ). Различают техническую производительность и эксплуатационную. При определении эксплуатационной производительности кроме технических параметров дополнительно учитывают степень заполнения грузонесущих органов, эффективность использования машины по времени, свойства грузов и т. п. [29].

Техническая объемная производительность  $Q_{\text{ТО}}$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) определяется по следующей формуле [29, с. 22]:

$$Q_{\text{ТО}} = 3600 \cdot q \cdot v,$$

где  $q$  – удельный объем перемещаемого груза,  $\text{м}^3/\text{м}$ ;  
 $v$  – скорость перемещения груза,  $\text{м}/\text{с}$ .

Массовая техническая производительность конвейера  $Q_{\text{ТМ}}$  ( $\text{т}/\text{ч}$ ) вычисляется следующим образом [29, с. 22]:

$$Q_{\text{ТМ}} = 3600 \cdot q \cdot \rho \cdot v,$$

где  $q$  – удельный объем перемещаемого груза (на 1 м длины),  $\text{м}^3/\text{м}$ ;  
 $\rho$  – плотность груза,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;  
 $v$  – скорость перемещения груза,  $\text{м}/\text{с}$ .

Производительность эксплуатационная  $Q_{\text{эм}}$  (т/ч) уменьшается на величину эксплуатационного коэффициента  $k_{\text{э}} < 1$ , учитывающего условия транспортирования (угол наклона трассы, коэффициент трения и др.) [29, с. 22],

$$Q_{\text{эм}} = k_{\text{э}} \cdot Q_{\text{тм}}.$$

Таким образом, производительность транспортирующей машины является функцией двух величин: линейной нагрузки грузонесущего органа и рабочей скорости. Для обеспечения требуемой производительности можно, выбрав рабочую скорость, определить параметры грузонесущего органа: форму и размеры ленты. Транспортирование груза в общем случае является его перемещением как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Причем, конечная точка трассы перемещения может быть выше или ниже начальной. В качестве показателя, характеризующего механические свойства транспортирующих машин, принимают коэффициент сопротивления движению  $k_{\text{с}}$ , представляющий собой отношение всех сил сопротивления, возникающих при перемещении груза, к действующей на него силе тяжести [29, с. 23]:

$$k_{\text{с}} = \frac{W_{\text{с}}}{G},$$

где  $W_{\text{с}}$  – суммарная сила сопротивления движению грузонесущего органа, кН;

$G$  – сила тяжести (вес) груза, кН.

Пользуясь коэффициентом сопротивления, отдельно учитывают положительную работу на преодоление сил трения, а также работу по перемещению груза по высоте, которая может быть положительной, отрицательной или равной нулю.

Мощность привода конвейера  $N_{\text{пр}}$  (кВт) определится по формуле [29, с. 23]

$$N_{\text{пр}} = N_{\text{п}} + N_{\text{с}},$$

где  $N_{\text{п}}$  – мощность, необходимая для подъема груза, кВт;

$N_{\text{с}}$  – мощность, необходимая для преодоления сил сопротивления движению ленты, кВт.

Мощность, затрачиваемая на подъем груза, определяется по формуле [29, с. 23]

$$N_{\Pi} = \frac{Q_{\text{эм}} \cdot H}{3,6},$$

где  $Q_{\text{эм}}$  – производительность эксплуатационная массовая, т/ч;  
 $H$  – высота подъема груза, м.

Мощность на преодоление сил сопротивления зависит от скорости перемещения груза и величины сил сопротивления движению ленты и определяется по формуле [29, с. 23]

$$N_{\Pi} = W_{\text{с}} \cdot v,$$

где  $W_{\text{с}}$  – суммарная сила сопротивления движению ленты на всех участках трассы, кН;  
 $v$  – скорость перемещения груза, м/с.

Сопротивление движению ленты  $W_{\text{с}}$  (кН) определяют следующим образом [29, с. 24]:

$$W_{\text{с}} = 9,8 \cdot q \cdot \rho \cdot L \cdot k_{\text{с}},$$

где  $q$  – удельный объем перемещаемого груза, м<sup>3</sup>/м;  
 $\rho$  – плотность груза, т/м<sup>3</sup>;  
 $L$  – длина трассы конвейера, м;  
 $k_{\text{с}}$  – коэффициент сопротивления движению.

Если начальная и конечная точки транспортирования лежат в одной горизонтальной плоскости, то мощность привода расходуется только на преодоление сил сопротивления  $N_{\text{пр}} = N_{\text{с}}$ . В действительности мощность привода транспортирующей машины определяется в зависимости от режима ее работы. Существует пять режимов работы: весьма легкий, легкий, средний, тяжелый и весьма тяжелый. Они устанавливаются с учетом классов использования машины по времени (5 классов), а также по производительности и величине тягового усилия (по 3 класса) [29].

## Глава 6. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

### 6.1. Выбор типа и материала ленты

Исходными данными для проектирования ленточного конвейера являются характеристики транспортируемого груза, требуемая производительность конвейера (объемная или массовая), схема трассы с необходимыми размерами (длины участков, угол наклона к горизонту каждого участка).

Для транспортирования сыпучих, кусковых и штучных грузов чаще всего применяют ленты с тканевым тяговым каркасом и наружными резиновыми обкладками с плоскими поверхностями. Типы лент зависят от условий эксплуатации и регламентируются ГОСТ 20–85 [17].

Выбор типа ленты производится в зависимости от вида и характеристик транспортируемого груза (см. прил. В) [3]:

- *ленты типа 1* применяются для транспортирования крупнокусковых и особо крупнокусковых грузов групп абразивности А, В, С, D;
- *ленты типа 2* применяются для транспортирования средне- и мелкокусковых сыпучих грузов групп абразивности А, В, С, D;
- *ленты типа 3* применяются для транспортирования средне- и мелкокусковых сухих сыпучих грузов групп абразивности А, В, а также штучных грузов;
- *ленты типа 4* применяются для транспортирования мелкокусковых сыпучих грузов групп абразивности А, В, С и мелких штучных грузов.

Лента типа 1 рассчитана на весьма тяжелые и тяжелые условия работы (относится к лентам специального назначения); лента типа 2 – на средние условия; лента типа 3 – на легкие, поэтому ее изготавливают с односторонней резиновой обкладкой; лента типа 4 предназначена для легких условий эксплуатации [9].

Основные параметры резинотканевых конвейерных лент общего назначения и материалов, используемых для их изготовления, приведены в табл. 5 [9].

Таблица 5

## Характеристики резинотканевых лент общего назначения

Тип лент	Характеристика ленты	Вид тягового каркаса		Прочность тягового каркаса, Н/мм	Класс прочности резины наружных обкладок	Предел прочности резины обкладок на разрыв, МПа
		Основы и уток из комбинированных нитей	Основы и уток из полиамидных нитей			
2	Двусторонняя резиновая обкладка	БКНЛ-65	–	65	Б; В	20; 15
		БКНЛ-65-2		100		
		БКНЛ-100	ТА-100; ТК-100	100		
		БКНЛ-150	ТА-150; ТК-150	150		
		–	ТК-200-2	200		
3	Односторонняя резиновая обкладка	БКНЛ-65	–	65	В	15
		БКНЛ-65-2		100		
		БКНЛ-100		100		
4	Двусторонняя резиновая обкладка, одна или две прокладки каркаса	БКНЛ-65	–	65	С	10
		БКНЛ-65-2	ТА-100; ТК-100	100		
		БКНЛ-100	ТА-100; ТК-100	100		

*Примечание.* Первый тип ленты не рассматривается в таблице.

Массу 1 м резинотканевых лент (кг/м) определяют ориентировочно по средней плотности  $\rho_0$ , равной приблизительно  $(1 \dots 1,15) \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ ,

$$q_0 = (1 \dots 1,15) \cdot 10^{-3} \cdot B \cdot \delta_d,$$

где  $B$  – ширина ленты, мм;

$\delta_d$  – толщина ленты, мм.

Далее необходимо определить ширину ленты.

## 6.2. Определение ширины ленты

Ширину грузонесущей ленты определяют по производительности конвейера, виду груза и условиям работы конвейера [9].

При транспортировании штучных грузов ширина ленты  $B$  (мм) принимается равной

$$B = L + 2 (75 \dots 100), \quad (1)$$

где  $L$  – наибольший габаритный размер груза, мм.

При транспортировании насыпных грузов ширина ленты  $B$  определяется профилем поперечного сечения рабочей ветви ленты, уложенной на роlikоопоры. На ленте, расположенной на прямых роliках (рис. 5), поперечное сечение груза представляет собой равнобедренный треугольник с основанием  $b$  и высотой  $h$ , определяемой в зависимости от угла естественного откоса груза  $\varphi$  при его движении  $h = \frac{b}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi$ .

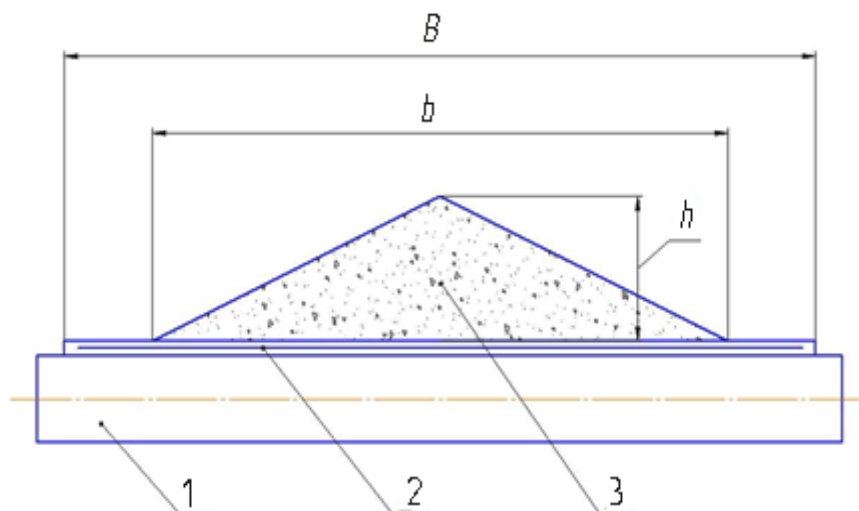


Рис. 5. Расположение груза на ленте с прямыми роlikоопорами:

1 – ролик опорный; 2 – лента; 3 – насыпной груз

При расположении ленты на опорах в виде желоба площадь поперечного сечения груза складывается из суммы площадей равнобедренного треугольника и трапеции, стороны которой определяются шириной ленты  $B$ , длиной роliков и углом их наклона  $\alpha$  (рис. 6). При этом в поперечном сечении конвейера угол между линией откоса груза и ленты  $\varphi_n$  будет равен сумме угла естественного откоса  $\varphi$  и угла наклона роliка  $\alpha_p$ .

Ширина поперечного сечения  $b$  насыпного груза на ленте принимается меньше ее ширины  $B$ , чтобы исключить просыпание груза:

$$b = (0,9 \cdot B - 0,05), \text{ м.} \quad (2)$$



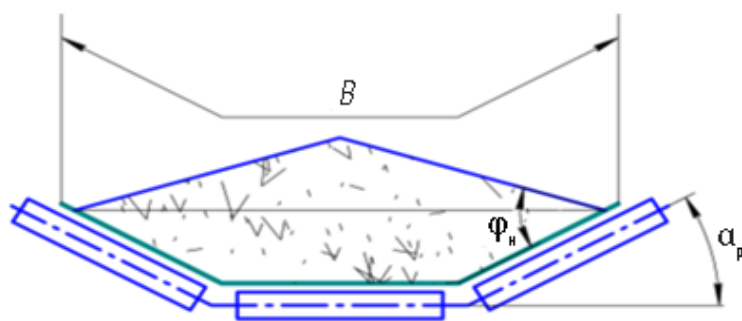


Рис. 6. Профиль поперечного сечения груза на ленте с желобчатыми роlikоопорами

Для определения производительности конвейера  $Q$  удобнее использовать уточненную формулу, по которой можно вычислить ширину ленты желобчатой формы на основе реальной конфигурации поперечного сечения груза:

$$Q = (Kb \cdot B)^2 \cdot (A_Q + B_Q \cdot C_\beta \cdot \operatorname{tg} \varphi_n) \cdot \rho \cdot v, \quad (3)$$

где  $Kb$  – коэффициент использования ширины ленты,  $Kb = 0,9 - 0,05/B \approx 0,9$ ;

$B$  – ширина ленты, м;

$\rho$  – насыпная плотность груза, т/м<sup>3</sup>;

$v$  – скорость движения ленты, м/с;

$A_Q, B_Q$  – коэффициенты производительности, зависящие от формы роlikоопор;

$C_\beta$  – коэффициент, учитывающий наличие наклонного участка.

$$A_Q \approx 300 \cdot \frac{\sin \alpha_p - 0,33 \sin 3 \cdot \alpha_p}{1 - \cos \alpha_p}; \quad B_Q \approx 66,7 \cdot \left( \frac{\sin 1,5 \cdot \alpha_p}{\sin 0,5 \cdot \alpha_p} \right)^2,$$

где  $\alpha_p$  – угол наклона боковых роlikов на опорах, при этом  $\alpha_p = 30^\circ$  на трех-роlikовых опорах,  $\alpha_p = 60^\circ$  для пятироlikовых опор.

$$C_\beta \approx \left( 1 - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \varphi_n} \right)^2 \cdot \cos \beta,$$

где  $\varphi_n$  – угол насыпки груза на ленте  $\varphi_n \approx (0,75 \dots 1) \cdot \varphi$ ;

$\varphi$  – угол естественного откоса груза для состояния покоя;

$\beta$  – угол наклона наклонной части конвейера.

Из формулы (3) получим следующее выражение для расчета требуемой ширины ленты  $B$  (м):

$$B = \frac{1}{Kb} \cdot \sqrt{\frac{Q}{(A_Q + B_Q \cdot C_\beta \cdot \operatorname{tg} \varphi_n) \cdot v \cdot \rho}}, \quad (4)$$

где  $Q$  – требуемая производительности конвейера, т/ч;

$\rho$  – насыпная плотность груза, т/м<sup>3</sup>;

$v$  – скорость движения ленты, м/с;

$Kb$  – коэффициент использования ширины ленты.

Полученное расчетное значение ширины ленты округляют до стандартного значения из следующего ряда: 300, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200 мм и т. д. [17]. Скорость движения ленты  $v$  принимается в зависимости от свойств груза по табл. 6 [14].

Таблица 6

Рекомендуемые скорости движения ленты  
при транспортировании насыпных грузов

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

Следующий этап расчета заключается в предварительном определении толщины ленты.

### 6.3. Предварительное определение толщины ленты

Выбрав тип и материал ленты, рассчитывают ее толщину  $\delta$  (мм) следующим образом:

$$\delta = \delta_n \cdot i + \delta_1 + \delta_2, \quad (5)$$

где  $\delta_n$  – расчетная толщина тяговой тканевой прокладки, мм (табл. 7);

$i$  – количество тяговых тканевых прокладок, мм (табл. 8);

$\delta_1, \delta_2$  – толщина резиновых обкладок рабочей и нерабочей поверхностей ленты, мм (табл. 9).

Таблица 7

Толщина тяговых тканевых прокладок каркаса ленты

Номинальная прочность прокладки на основе $K_p$ , Н/мм (не менее)	Толщина тканевой прокладки $\delta_p$ , мм	
	С резиновой прослойкой; основа и уток из синтетического волокна	Без резиновой прослойки; основа и уток из комбинированных нитей
200	1,4	1,6
150	1,3	1,4
100	1,1	1,3
65	1,2	1,2

Таблица 8

Расчетное количество тяговых тканевых прокладок для лент различных типов

Ширина ленты $B$ , мм	Количество тяговых прокладок для лент типов 1, 2, 3, 4 при различной удельной номинальной прочности (от 65 до 400), Н/мм										
	1			2				3		4	
	400	300	200	200	150	100	65	100	65	100	65
300...500	–	–	–	–	–	3	3...5	–	3...5	1...2	1...2
650	–	–	–	–	3...4	3...5	3...6	3...4	3...6	1...2	1...2
800	–	–	3...6	3...6	3...6	3...8	3...8	3...5	3...8	1...2	1...2
1000	–	3...6	4...6	3...6	3...8	3...8	3...8	3...6	3...8	1...2	1...2
1200	3...6	3...6	4...6	4...7	4...8	3...8	3...8	3...6	3...8	1...2	1...2

Таблица 9

Толщина резиновых обкладок лент общего назначения

Тип лен- ты	Поверх- ность лен- ты	Номинальная толщина наружных обкладок для раз- личных классов прочности резины (Б, В, С), мм									
		Б				В			С		
2	Рабочая	8,0	6,0	4,5	3,0	6,0	4,5	3,0	3,0		
	Нерабочая	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,5		
3	Рабочая	—				2,0			3,0; 2,0		
4	Рабочая	—				—			3,0	2,0	1,0
	Нерабочая								1,0	1,0	1,0

Необходимое число прокладок резиноканевой ленты  $i_{\text{п}}$  рассчитывают по максимальной суммарной прочности каркаса (разрывному усилию), максимальному усилию  $S_{\text{max}}$  и коэффициенту запаса прочности следующим образом [9]:

$$i_{\text{п}} = S_{\text{max}} \cdot C_{\text{п}} / K_{\text{р}} \cdot B,$$

где  $C_{\text{п}}$  – коэффициент запаса прочности, значение которого соответствует сравнительно малому числу прокладок;

$K_{\text{р}}$  – предел прочности для выбранной ткани ленты, Н/мм.

Далее приступим к выбору опорных устройств.

## 6.4. Выбор опорных устройств

В качестве опор ленты по длине конвейера используют ролики, настил или их сочетание [29]. При транспортировании штучных грузов в основном применяют прямые роlikоопоры, реже – настил или комбинированные опоры. Для транспортирования насыпных грузов на рабочей ветви, как правило, используют желобчатые роlikоопоры, трех- или пятироlikовые в зависимости от ширины ленты (для узких лент шириной 300...400 мм – двухроlikовые опоры). Прямые роlikоопоры применяют на холостой ветви, на рабочей ветви при разгрузке плужковыми сбрасывателями, а также при малой производительности конвейера (до 25 м<sup>3</sup>/ч). Центрирующие роlikоопоры устанавливают на длинных конвейерах (более 40...50 м). Они служат для автоматического выравнивания хода ленты при случайных отклонениях ее от центрального положения относительно роlikов.

Основные типы роlikоопор и область их применения приведены в табл. 10 [29], а типы роlikов – в табл. 11 [13].

Таблица 10

Типы роlikоопор и область их применения в конвейерах

Роlikоопора		Обозначение роlikа	Назначение	Область применения в конвейерах
Тип	Обозначение			
1	2	3	4	5
Верхняя прямая	П	Г	Для поддержания рабочей ветви ленты	С плоской лентой шириной 300...2000 мм
Желобчатая	Ж			С желобчатой лентой шириной 400...3000 мм

Окончание табл. 10

1	2	3	4	5
Желобчатая центрирующая	ЖЦ			С желобчатой лентой шириной 400...3000 мм для центрирования хода ленты
Нижняя прямая	Н, НЛ	Н и НЛ	Для поддержания холостой ветви ленты	С лентой шириной 300...2000 мм
Прямая центрирующая	НЦ, НЛ			С лентой шириной 400...2000 мм для центрирования хода ленты
Желобчатая	НЖ, НЖЛ			С лентой шириной 800...3000 мм
Дисковая	НД, НДЛ	Д и ДЛ		С лентой шириной 400...3000 мм для очищения ленты

Специальные амортизирующие роlikоопоры устанавливают под грузочным устройством с целью амортизации ударов. Эти опоры воспринимают значительные нагрузки от падающих на ленту кусков груза.

Таблица 11

#### Основные типы роlikов

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

Расстояния между роlikоопорами  $l_p$  (рис. 7) выбирают в зависимости от вида груза.

На рабочей ветви ленты при перемещении штучных грузов расстояния между роlikоопорами  $l_p$  рекомендуются следующие:

- для легких грузов (менее 10 кг)  $l_p = 1$  м;
- для грузов средней массы (10...25 кг)  $l_p = 1,2...1,4$  м;
- для грузов массой 25...80 кг расстояние между роlikоопорами выбирают так, чтобы груз лежал не менее чем на двух опорах.

При транспортировании насыпного груза расстояние между роликами принимают по табл. 12 [29].

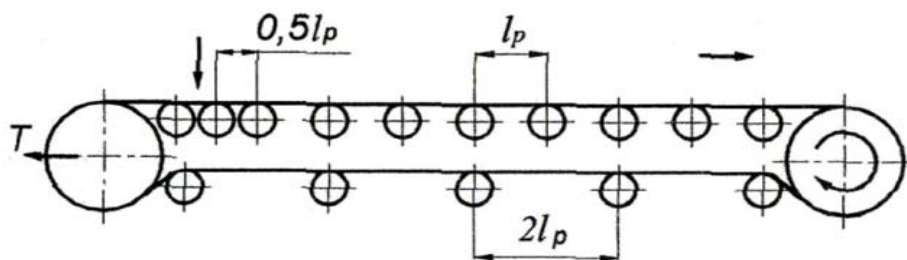


Рис. 7. Схема трассы горизонтального конвейера:

$T$  – натяжение ленты

Таблица 12

Наибольшее расстояние между роликами на рабочей ветви  
для насыпных грузов

Насыпная плотность груза $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Расстояние $l_p$ , мм, при ширине ленты $B$ от 400 до 1200, мм					
	400	500	650	800	1000	1200
$\leq 1$	1600	1500	1400	1300		1200
1...2	1500	1400	1300	1200		1100
$\geq 2$	1400	1300	1200	1100		1000

Расстояние между роlikоопорами в зоне загрузки ленты принимают равным  $l_{\text{загр}} = 0,5 \cdot l_p$ . На холостой ветви расстояние между роlikоопорами обычно равно  $l_x = 2 \cdot l_p$ , при этом рекомендуется принимать  $l_x = 2,5 \dots 3,0$  м.

На выпуклых криволинейных участках шаг опоры  $l_p$  не должен превышать  $0,5 l_p$ , причем на каждой опоре суммарный угол перегиба для лент должен быть не меньше  $5^\circ$ . Роликовые опоры устанавливают по дуге окружности, радиус которой для угла наклона боковых роликов  $\alpha_p = 30^\circ$  должен быть  $R_{\text{вып}} \geq 15 \cdot B$ .

Когда выпуклый участок находится в зоне больших натяжений ленты, угол перегиба на каждой опоре не должен превышать  $2 \dots 3^\circ$ . Несоблюдение этого условия приводит к недопустимым перегрузкам боковых роликов от составляющих натяжений в ленте вследствие ее неравномерной вытяжки.

На вогнутом участке трассы  $l_{p.\text{вог}}$  роликовые опоры устанавливают с тем же шагом, как и на прямолинейной груженой ветви, т. е.  $l_{p.\text{вог}} = l_p$ . Радиус дуги окружности вогнутого участка  $R_{\text{вог}}$ , используемого для опреде-

ления мест установки опор, принимается в зависимости от ширины ленты  $B$  следующим образом:

- $B$ , мм: менее 400; 400...500; 650...800; более 800;
- $R_{\text{вог}}$ , м: менее 50; 50...60; 75...90; 100...150.

Для центрирующих роlikоопор рекомендуют принимать расстояние между ними 20...25 м, а от приводного барабана до первой центрирующей роlikоопоры – 3...4 м.

Определение размеров роlikоопор производят в соответствии с рекомендациями по выбору диаметра роlikов, приведенными в табл. 13, а основные размеры роlikоопор (рис. 8) даны в табл. 14 [29].

Таблица 13

Диаметры роlikов

Диаметр ро- лика $D$ , мм	Ширина ленты $B$ , мм	Насыпная плот- ность транспор- тируемого груза $\rho$ , т/м <sup>3</sup> (не более)	Скорость движе- ния ленты $v$ , м/с (не более)
63	300...800	$\leq 1,00$	$\leq 1,25$
89	400...650	1,60	2,00
	800	1,60	1,60
108	400...650	2,00	2,5
	800...1200	1,60	2,5
133	800...1200	2,00	2,5
159	800...1200	3,5	4,0

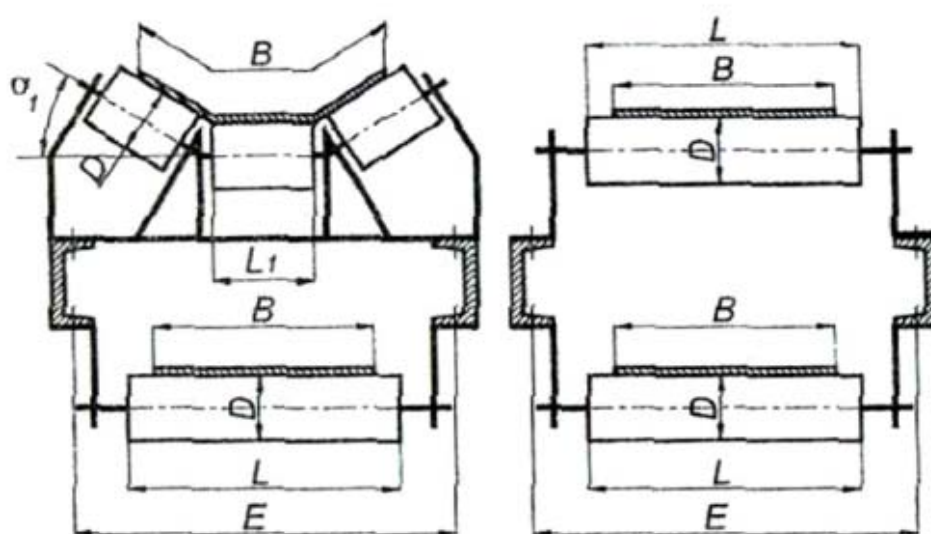


Рис. 8. Конструкции роlikоопор

Таблица 14

## Основные размеры роликоопор

Ширина ленты $B$ , мм	Диаметр ролика $D$ , мм	Длина ролика		Ширина конструкции $E$ , мм	Угол наклона боковых роликов $\alpha_1$	Масса роликоопоры (ориентировочно) $m_p$ , кг	
		$L$ , мм	$L_1$ , мм			Желобчатая	Прямая
300	63	400	—	600	—	15	10
400	63; 89; 108	500	160	700	10; 20; 30°	15...22	12
500		600	200	800		18...24	12...15
650	63; 89; 108; 133	750	250	950		20...35	15...24
800		950	315	1150		35...95	25...36
1000	89; 108; 133; 159; 194	1150	380	1350	10; 20; 30; 45	48...108	32...48
1200		1400	465	1600		50...132	38...52

В целях унификации для каждой ветви ленты выбирают ролики одного типоразмера, определяемого диаметром и длиной ролика.

Массу вращающихся частей роликовых опор можно найти по аналогии с имеющимися конструкциями. В приближенных расчетах применяются известные эмпирические зависимости [11]:

- для трехроликовой опоры

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

- для однороликовой опоры

$$m_x \approx [6 + 14(B - 0,4)] \cdot D_p^2 \cdot 10^{-4}, \quad (7)$$

где  $A_m, B_m$  – эмпирические коэффициенты (для роликов легкого типа  $A_m = 8, B_m = 9$ ; среднего –  $A_m = 10, B_m = 10$ ; тяжелого –  $A_m = 15, B_m = 12$ ).

При совпадении частоты вращения ролика с частотой собственных колебаний участков ленты, находящейся между опорами на обеих ветвях конвейера имеет место резонанс. Для каждого диаметра ролика на верхней (рабочей) и нижней (холостой) ветвях ленты можно рекомендовать нерезонансные скорости ее движения, а также указать ее нежелательные резо-



нансные значения табл. 15 (данные Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана) [9].

Таблица 15

Рекомендуемые (в числителе) и резонансные (в знаменателе)  
значения скорости (м/с) движения ленты

Ветвь	Диаметр ролика, мм				
	89	108	133	159	194
Рабочая	1,6/2,8	2,0/2,8	2,5/3,5	3,15/4,8	4,0/5,0
Холостая	1,25/2,0	1,4/2,4	1,6/3,0	2,0/3,5	2,4/4,3

Выбрав опорные устройства, определим удельный вес их движущихся элементов.

## 6.5. Определение удельного веса движущихся элементов конвейера

Распределенная нагрузка от транспортируемого груза  $q_{гр}$  (Н/м), приходящаяся на один погонный метр длины трассы конвейера, рассчитывается по следующим формулам:

а) для насыпных грузов

$$q_{гр} = \frac{Q \cdot g}{3,6v}; \quad (8)$$

где  $Q$  – требуемая производительность конвейера, т/ч;

$g$  – ускорение свободного падения (постоянная величина, равная  $9,81 \text{ м/с}^2$ ).

$$q_{гр} = \frac{m \cdot g}{a}, \quad (9)$$

где  $a$  – расстояние между соседними грузами, м (рекомендуется принимать больше габаритов штучного груза);

$m$  – масса штучного груза, кг.

Распределенная нагрузка от ленты  $q_{л}$  (Н/м) определяется по формуле

$$q_{л} = 0,011 \cdot B \cdot \delta, \quad (10)$$

где  $B$  – ширина ленты, мм;

$\delta$  – толщина ленты, мм.

Распределенная нагрузка от вращающихся роlikоопор массой на рабочих  $q_{p.p}$  (Н/м) и обратной ветви  $q_p$  (Н/м) рассчитывается следующим образом:

$$q_{p.p} = \frac{m_p \cdot g}{l_p}, q_{p.x} = \frac{m_p \cdot g}{l_x}, \quad (11)$$

где  $m_p$  – масса ролика, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$l_p$  – расстояние между роliками на верхней ветви конвейера, м;

$l_x$  – расстояние между роliками на нижней ветви конвейера, м.

Зная удельный вес движущихся элементов конвейера, произведем тяговый расчет конвейера.

## 6.6. Тяговый расчет конвейера

Тяговый расчет конвейера выполняют методом последовательного суммирования сил сопротивления движению ленты по всей трассе конвейера [9]. Контур трассы разделяют на отдельные участки по виду сопротивлений: прямолинейные (горизонтальные, наклонные); повороты – отклонения ленты на роliках или барабанах; узлы загрузки или разгрузки. Нумерацию и расчет начинают от точки сбегания ленты с приводного барабана (точка 1) и продолжают по всему контуру трассы до конечной точки набегания ленты на приводной барабан (точка 8) на рис. 9.

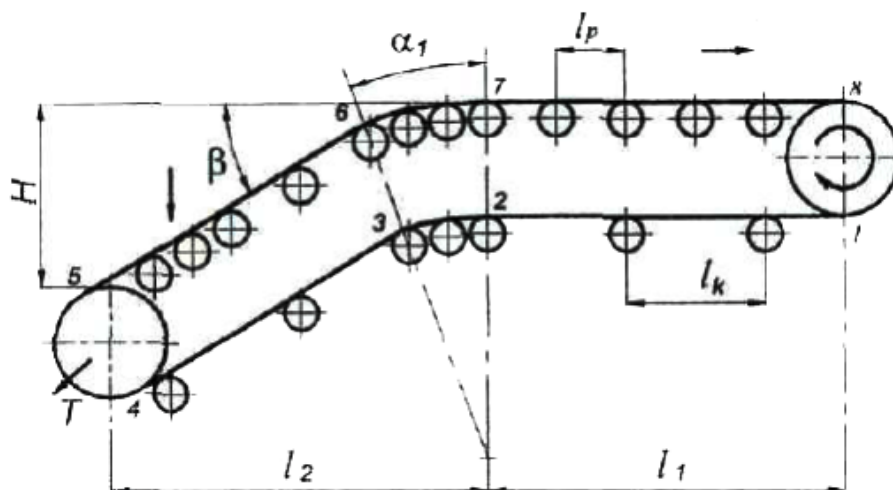


Рис. 9. Схема трассы конвейера с разбивкой на участки с различным сопротивлением:

$l_1$  – длина горизонтального участка;  $l_2$  – длина наклонного участка;  $l_p$  – расстояние между рабочими роliкоопорами;  $l_k$  – расстояние между холостыми роliкоопорами;  $\alpha_1$  – угол роliковой батареи;  $H$  – высота наклонного участка;  $\beta$  – угол наклона ленты

Определение сил сопротивления движению ленты на прямолинейных участках (на рис. 9 это участки 1–2; 3–4; 5–6; 7–8) различается для ведущей и обратной ветвей конвейера. Сопротивление движению ленты на верхней (рабочей)  $W_p$  (Н) и нижней (холостой)  $W_x$  (Н) ветвях рассчитывают по следующим формулам [9]:

$$W_p = (q_{гр} + q_l + q_{p.p}) \cdot l_r \cdot w_p \pm (q_{гр} + q_l) \cdot H; \quad (12)$$

$$W_x = (q_l + q_{p.x}) \cdot l_r \cdot w_x \pm q_l \cdot H, \quad (13)$$

где  $q_{гр}$ ,  $q_l$ ,  $q_{p.p}$ ,  $q_{p.x}$  – удельный вес движущихся элементов (груза, ленты, роликов рабочей и холостой ветвей конвейера), Н/м;  
 $l_r$ ,  $H$  – горизонтальная и вертикальная проекции длины рассматриваемого прямолинейного участка, м;  
 $w_p$ ,  $w_x$  – коэффициенты сопротивления роликоопор движению ленты (табл. 16).

В формулах (12), (13) знак «плюс» соответствует движению груза вверх, знак «минус» – движению вниз для холостой ветви  $q_{гр} = 0$ .

Таблица 16

Коэффициент сопротивления движения ленты по роликоопорам  
на подшипниках качения

Условия эксплуатации	Коэффициент $w$ для роликоопор	
	для нижней ветви $w_x$	для верхней ветви $w_p$
Легкие	0,018	0,020
Средние	0,022	0,025
Тяжелые	0,035	0,040

*Примечание.* Характеристика условий работы принимается разработчиком.

Определение сил сопротивления движению ленты на криволинейных участках (на барабанах и батареях роликоопор) производится по эмпирическим формулам.

Сопротивление движению ленты по натяжному барабану  $W_{нб}$  (участок 4–5 (см. рис. 9)) определяется по формуле:

$$W_{нб} = S_{нб} \cdot w_{нб}, \quad (14)$$

где  $S_{нб}$  – натяжение ленты в точке набега на барабан ( $S_4$ ), Н;  
 $w_{нб}$  – коэффициент сопротивления движению ленты на криволинейных участках (на барабанах и батареях роликоопор) в зависимости от угла обхвата.

При этом  $w_{\text{нб}} = 0,05 \dots 0,06$  при угле обхвата  $\alpha > 180^\circ$ ;  $w_{\text{нб}} = 0,03 \dots 0,04$  при угле обхвата  $\alpha = 180^\circ$ ;  $w_{\text{нб}} = 0,02 \dots 0,03$  при угле обхвата  $\alpha < 180^\circ$ .

Сопротивление движению ленты по приводному барабану  $W_{\text{п.б}}$  (участок 8–1 (см. рис. 9)) рассчитывается по формуле

$$W_{\text{п.б}} = (0,05 \dots 0,06) \cdot (S_{\text{нб}} + S_{\text{сб}}), \quad (15)$$

где  $S_{\text{нб}}$ ,  $S_{\text{сб}}$  – натяжение ленты в точках набега на приводной барабан и сбega с него, соответственно,  $S_8 + S_1$  (см. рис. 9).

Сопротивление движению ленты при огибании батарей роlikоопор, расположенных по кривой с выпуклостью вверх  $W_{\text{бат}}$  (Н) (участки 2–3 и 6–7 (см. рис. 9)), определяем по формуле

$$W_{\text{бат}} = (e^{fa} - 1) \cdot S_{\text{нб}}, \quad (16)$$

где  $e^{fa}$  – коэффициент сопротивления (определяется по табл. 17 [9]);  
 $S_{\text{нб}}$  – натяжение в точке набега ленты на роликoвую батарею (на участке 2–3 оно равно  $S_2$ ; на участке 6–7 натяжениеравно  $S_6$ , (см. рис. 9)).

*Примечание.* При огибании лентой роликoопор, расположенных по кривой с выпуклостью вниз, сопротивление движению равно 0.

Таблица 17

Значения коэффициента сопротивления  
в зависимости от коэффициента трения и угла обхвата

Материал барабана	Влажность атмосферы	Коэффициент трения $f$	Коэффициент сопротивления $e^{fa}$ при углах обхвата 30–240°					
			30	45	90	180	210	240
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чугунный или стальной	Очень влажная	0,10	1,05	1,08	1,17	1,37	1,44	1,52
С деревянной или резиновой обшивкой		0,15	1,08	1,12	1,27	1,60	1,73	1,87
Чугунный или стальной	Влажная	0,20	1,11	1,17	1,37	1,87	2,08	2,31
С деревянной или резиновой обшивкой		0,25	1,14	1,22	1,48	2,18	2,49	2,83

Окончание табл. 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чугунный или стальной	Сухая	0,3	1,17	1,27	1,60	2,56	3,00	3,51
С деревянной обшивкой		0,35	1,20	1,32	1,73	3,00	3,61	4,33
С резиновой обшивкой		0,40	1,23	1,37	1,87	3,51	4,33	5,34

Сопротивление движению ленты от плужкового сбрасывателя  $W_{пл}$  (Н) определяется по формуле:

$$W_{пл} = K_{пл} \cdot q_{гр} \cdot B, \quad (17)$$

где  $K_{пл} = 2,7 \dots 3,6$  – коэффициент, полученный опытным путем;

$q_{гр}$  – удельная сила веса груза, Н/м;

$B$  – ширина ленты, м.

Таким образом, руководствуясь представленными формулами, можно произвести тяговый расчет конвейера.

## 6.7. Определение натяжения ленты в характерных точках трассы конвейера

Во фрикционном барабанном приводе натяжение ветви ленты, сбегавшей с приводного барабана  $S_{сб}$ , зависит от необходимого тягового усилия, равного сумме всех сопротивлений движению ленты по 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 сбегавшей  $S_{сб}$  и набегающей  $S_{нб}$  на приводной барабан ветвей ленты являются неизвестными величинами, которые можно определить из решения двух уравнений.

Первое уравнение, определяющее необходимое натяжение ленты  $S_{нб}$ , получаем в результате тягового расчета конвейера [9]:

$$S_{нб} = \sum \xi_i \cdot S_i + \sum \lambda_i \cdot S_i + \sum W_i = K_m \cdot S_{сб} + \sum W_i, \quad (18)$$

где  $\xi_i$  и  $\lambda_i$  – коэффициенты сопротивлений движению ленты на барабанах и роликоопорах;

$S_i$  – натяжение ленты на отдельном участке трассы, Н;  
 $W_i$  – сопротивление движению ленты на прямолинейных, горизонтальных и наклонных участках, не зависящих от натяжения ленты (называемых линейными);  
 $K_m = \xi_i \cdot \lambda_i = 1,08 \dots 1,10$  – общий коэффициент местных сопротивлений.

Второе уравнение получаем из теории фрикционного барабанного привода [9]:

$$S_{нб} \leq S_{сб} \cdot e^{fa}, \quad (19)$$

где  $f$  – коэффициент трения ленты по поверхности барабана;  
 $a$  – угол обхвата лентой барабана.

Подставив уравнение (18) в уравнение (19), можно определить натяжение  $S_{сб}$  с учетом коэффициента запаса  $K_3 = 1,1 \dots 1,2$ :

$$S_{сб} = (K_3 \cdot \sum W_i) / (e^{fa} - K_m \cdot K_3). \quad (20)$$

Численное значение величины  $e^{fa}$  определяют по табл. 17 в зависимости от конструктивных особенностей и условий эксплуатации конвейера, предварительно задав угол обхвата барабана.

После расчета  $S_{сб}$  (точка 1) рассчитывают натяжение ленты  $S_i$  в характерных точках трассы конвейера. 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 обуславливается допускаемым провисанием  $[h]$  ее между роlikоопорами. Для верхней рабочей ветви ленты конвейера при транспортировании насыпного груза  $S_{p.min}$  определяется следующим образом [9]:

$$S_{p.min} \geq K_e \cdot (q_{гр} + q_l) \cdot l_p \cdot g, \quad (21)$$

где  $K_e$  – уточняющий коэффициент ( $K_e = 5,0$  для конвейеров длиной до 100 м с простой конфигурацией; при этом  $K_e = 8 \dots 10$  для конвейеров длиной более 100 м и со сложной конфигурацией);

$q_{гр}, q_{л}$  – удельный вес груза и ленты соответственно, Н/м;  
 $l_p$  – расстояние между роlikоопорами на рабочей ветви, м;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Для нижней (холостой) ветви минимальное натяжение ленты  $S_{x.min}$  рассчитывают по следующей формуле [9]:

$$S_{x.min} \geq K_e \cdot q_{л} \cdot l_x \cdot g, \quad (22)$$

где  $l_x$  – расстояние между роliками по холостой ветви, м.

Если полученные в тяговом расчете значения минимальных натяжений меньше значений, вычисленных по зависимостям (20), (21), то необходимо в точках минимальных натяжений на трассе конвейера принять значение натяжения ленты равным  $S_{p.min}$ , увеличив его на 5...8 %, и выполнить перерасчет натяжения ленты по всему контуру трассы.

После определения величины наименьшего натяжения  $S_{p.min}$  на рабочей ветви следует найти наибольшую стрелу провисания ленты  $h$  и сравнить ее с допускаемой величиной провисания  $[h]$ .

Определение наибольшего провисания ленты  $h$  на рабочей ветви для насыпных грузов проводят по формуле [9]

$$h = 1,25 \cdot \frac{(q_{гр} + q_{л})}{g \cdot S_{p.min}} \cdot l_p^2 \leq [h], \quad (23)$$

а для штучных грузов по формуле [9]:

$$h = 1,25 \cdot \frac{(2m + q_{гр} \cdot l_p)}{S_{p.min}} \leq [h], \quad (24)$$

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

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

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

$[h] = (0,025...0,0125) \cdot l_p$  – наибольшая допустимая стрела провисания ленты, м.

Если  $h \leq [h]$ , то окончательно находим натяжения во всех точках трассы.

Определяем тяговое усилие на приводном барабане  $F$  (Н) по формуле [9]

$$F = S_{нб} - S_{сб} = S_8 - S_1 = \sum W_i, \quad (25)$$

где  $W_i$  – сопротивление движению ленты на прямолинейных, горизонтальных и наклонных участках трассы.

После определения натяжения ленты в характерных точках трассы конвейера переходим к окончательному выбору ленты.

## 6.8. Окончательный выбор ленты

Правильность выбора ленты проверяют по следующему условию [9]:

$$S_{\max} \leq S_{\text{пр}} \cdot B \cdot i, \quad (26)$$

где  $S_{\max}$  – наибольшее расчетное натяжение в ленте (для трассы по рис. 9);  
 $S_{\text{пр}}$  – предельно допустимая (расчетная) рабочая нагрузка тяговой прокладки, выбираемая по табл. 18 в зависимости от номинальной прочности материала прокладки;  
 $i$  – количество тяговых прокладок, предварительно выбираемое по табл. 10.

Если условие (26) не выполняется, то необходимо изменить материал тяговой прокладки или увеличить количество прокладок, уточнив при этом весь расчет.

Таблица 18

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

Угол установки конвейера (по осям концевых барабанов)	Количество тяговых прокладок	$S_{\text{пр}}$ в зависимости от номинальной прочности прокладки (от 50 до 200) Н/мм			
		200	150	100	55
$< 10^\circ$	$< 5$	25	18	12	7
	$> 5$	22	16	11	6
$> 10$	$< 5$	20	15	10	5,5
	$> 5$				

Окончательно выбранная лента обозначается по ГОСТ 20–85 [17].

Приведем пример условного обозначения конвейерной ленты общего назначения типа 2, шириной 500 мм с четырьмя прокладками из ткани БКНЛ-100, с прочностью по основе 100 Н/мм ширины, с резиновыми об-



кладками толщиной 3 мм по рабочей стороне ленты и классом обкладочной резины Б: 2–500–4–БКНЛ–100–3–2–Б ГОСТ 20–85 [17].

## 6.9. Выбор размеров барабанов

Диаметр приводного барабана  $D_6$  (мм) определяют с учетом количества и материала тяговых прокладок ленты [9]:

$$D_6 \geq K_6 \cdot i, \quad (27)$$

где  $K_6$  – числовой коэффициент, равный для прокладок из комбинированных тканей 140...160, для прокладок из синтетических тканей – 160...200;

$i$  – число тяговых прокладок (см. табл. 10).

Диаметры натяжных  $D_{\text{нат}}$  и отклоняющих  $D_{\text{откл}}$  барабанов при необходимости можно взять несколько меньше диаметра приводного барабана  $D_6$  [9]:

$$D_{\text{нат}} = (0,8 \dots 1) \cdot D_6; \quad (28)$$

$$D_{\text{откл}} = 0,65 \cdot D_6. \quad (29)$$

Затем полученные диаметры округляют до ближайших значений из стандартного ряда, установленного ГОСТ 22644–77 для не футерованных барабанов стационарных конвейеров (160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1600 и т. д., мм) [14].

При этом для лент шириной  $B$  650...1000 мм рекомендуется применять барабаны диаметром  $D_6$  200...1000 мм.

Длину барабана  $L_6$  (мм) принимают в зависимости от ширины ленты:

- при  $B = 300 \dots 650$  мм длина барабана  $L_6 = B + 100$ , мм;
- при  $B = 800 \dots 1000$  мм длина барабана  $L_6 = B + 150$ , мм.

Проверка удельного давления ленты на барабан  $\rho$  (МПа) производится из следующего условия [9]:

$$\rho = \frac{360^\circ \cdot F}{\pi \cdot \alpha^\circ \cdot B \cdot D_6} \leq [\rho], \quad (30)$$

где  $F$  – сила, действующая на барабан, Н;

$\alpha$  – угол охвата;

$[\rho]$  – допускаемое удельное давление, МПа.

Допускаемое удельное давление прорезиненной ленты на барабан  $[\rho]$  составляет 0,2...0,3, МПа [9].

Если условие (30) не соблюдается, то следует увеличить диаметр барабана до следующего стандартного значения.

## 6.10. Выбор натяжного устройства

В ленточных конвейерах с резинотканевой лентой применяют обычно грузовые натяжные устройства, и лишь для коротких ( $L < 50$  м) горизонтальных конвейеров используют винтовые натяжные устройства [21].

Усилие натяжения  $S_{\text{нат}}$  (Н), необходимое для перемещения натяжного барабана, определяется по формуле

$$S_{\text{нат}} = (S_{\text{нб}} + S_{\text{сб}} + W_{\text{нат}}) \cdot \kappa_2, \quad (31)$$

где  $S_{\text{нб}} = S_4$ ,  $S_{\text{сб}} = S_5$  – усилия натяжения ленты при набегании на барабан и сбегании с натяжного барабана (определяются из тягового расчета);  
 $\kappa_2 = 1,1$  – коэффициент, учитывающий потери в блоках для канатов грузового натяжного устройства;

$W_{\text{нат}} = 150 \dots 200$  – потери на передвижение натяжного барабана, Н.

Ход натяжного устройства  $X$  (м) для тканевых лент рассчитывается по формуле

$$X = (1 \dots 2) \cdot B + 0,015 \cdot L, \quad (32)$$

где  $B$  – ширина ленты конвейера, м;

$L$  – длина конвейера (расстояние по контуру трассы между концевыми барабанами), м.

Конструкцию натяжного устройства разрабатывают, используя рекомендации, данные в работах А. И. Табкина и Ю. А. Пертена [2, 20].

## 6.11. Выбор приводного устройства

Для привода конвейеров небольшой и средней мощности обычно используют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Определение потребной статической мощности  $N_{\text{э.д}}$  (кВт) привода рассчитывают по формуле

$$N_{\text{э.д}} = \frac{K_3 \cdot \sum W_i \cdot v_{\text{л}}}{10^3 \cdot \eta_{\text{м}}}, \quad (33)$$

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

$\sum W_i$  – тяговое усилие, равное общему сопротивлению движения ленты, определяемое тяговым расчетом конвейера, Н;

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

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

Затем по справочнику подбирают ближайший по мощности асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, при этом допускается перегрузка его до 10 %.

Из справочника выписывают следующие данные электродвигателя: номинальную мощность  $N_{\text{ном}}$ , частоту вращения вала  $n_{\text{э.д}}$  под нагрузкой, кратности максимального и минимального моментов  $\left(\frac{T_{\text{max}}}{T}, \frac{T_{\text{min}}}{T}\right)$  и маховой момент ротора  $СД^2$ .

Частоту вращения приводного барабана  $n_{\text{б}}$  (мин<sup>-1</sup>) определяют по формуле

$$n_{\text{б}} = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot v_{\text{л}}}{\pi \cdot D_{\text{б}}}, \quad (34)$$

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

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

Затем определяется общее передаточное отношение приводной станции  $u_{\text{пр}}$  по следующей формуле:

$$u_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{э.д}}}{n_{\text{б}}}. \quad (35)$$

Для приводных станций конвейеров рекомендуют использовать стандартные редукторы типов Ц2, Ц2У и др. Редуктор выбирают по передаточному числу  $u_{\text{р}}$ , частоте вращения быстроходного вала и расчетной мощности (при продолжительности включения (ПВ) 100 % и продолжительном режиме работы), при этом мощность редуктора должна быть не менее мощности электродвигателя ( $N_{\text{р}} \geq N_{\text{э.д}}$ ) [28].

Кроме редуктора при необходимости используют дополнительные открытые передачи: в приводную станцию помимо редуктора вводят открытую зубчатую передачу (от тихоходного вала редуктора к валу барабана), реже – ременную (от вала электродвигателя к быстроходному валу редуктора) или цепную (от тихоходного вала редуктора к валу барабана).

Для всех передач приводной станции (кроме стандартного редуктора) следует провести проектный и проверочный расчеты по методике курса «Детали машин и основы конструирования» [2].

После окончательного выбора передаточных чисел редуктора и дополнительных передач подсчитывают действительную скорость перемещения груза. Отклонение действительной скорости ленты от номинальной, рекомендованной ГОСТ 22644–77 (0,250; 0,315; 0,400; 0,500; 0,630; 0,800; 1,000; 1,250; 1,600; 2,000; 2,500; 3,150 м/с), допускается в пределах 10 % [14].

## 6.12. Проверка электродвигателя на пусковые нагрузки

Возможность пуска электродвигателя под нагрузкой проверяется по следующей зависимости [29]:

$$M_{\text{пуск}} > M_{\text{ст}}, \quad (36)$$

где  $M_{\text{пуск}}$  – минимальный пусковой момент электродвигателя;

$M_{\text{ст}}$  – статический вращающий момент.

Минимальный пусковой момент электродвигателя  $M_{\text{пуск}}$  определяется по отношению  $M_{\text{пуск}} / M_{\text{ном}}$ , где  $M_{\text{ном}}$  – номинальный момент.

При этом номинальный момент  $M_{\text{ном}}$  определяется по формуле

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{N_{\text{э.д.}}}{n_{\text{э.д.}}}, \quad (37)$$

где  $N_{\text{э.д.}}$  – мощность электродвигателя, кВт;

$n_{\text{э.д.}}$  – частота вращения вала электродвигателя, об./мин.

Статический вращающий момент  $M_{\text{ст}}$  (кН), приведенный к валу электродвигателя, определяется по формуле

$$M_{\text{ст}} = M_6 \cdot \frac{1}{U_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{м}}} = \frac{F \cdot D_6}{2 \cdot 10^3 \cdot U_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{м}}}, \quad (38)$$

где  $M_6$  – крутящий момент на барабане, Н/м;

$F = S_{\text{нб}} - S_{\text{сб}}$  – сила, действующая на барабан, определяется для приводного барабана, Н;

$D_6$  – диаметр приводного барабана, мм;

$U_{\text{пр}}$  – передаточное отношение привода;

$\eta_{\text{м}}$  – КПД привода.

В следующей главе рассмотрим на наглядном примере расчет наклонно-горизонтального ленточного конвейера.

## Глава 7. ПРИМЕР РАСЧЕТА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

### 7.1. Устройство и принцип действия механизма

#### Исходные данные:

1. Массовая производительность конвейера:  $Q = 410$  т/ч.
2. Насыпная плотность груза (см. прил. В):  $\rho = 1,9$  т/м<sup>3</sup>.
3. Угол наклона наклонной части:  $\beta = 18^\circ$ .
4. Транспортируемый материал: песок влажный.
5. Горизонтальная длина участков:  $L_1 = 31$  м,  $L_2 = 36$  м.

Несущим и тяговым элементом ленточного конвейера общего назначения (рис. 10) является бесконечная гибкая лента 10, опирающаяся верхней (рабочей) и нижней (холостой) ветвями на роликовые опоры 4, 8 и огибающая на концах конвейера приводной 5 и натяжной 11 барабаны. Подача транспортируемого груза на ленты осуществляется через загрузочное устройство 1. Движение передается ленте фрикционным способом от приводного барабана. Необходимое первоначальное натяжение на сбегавшей ветви ленты создается натяжным барабаном при помощи грузового натяжного устройства 12. Направление потока сбрасываемого с барабана груза обеспечивается разгрузочной коробкой 6.

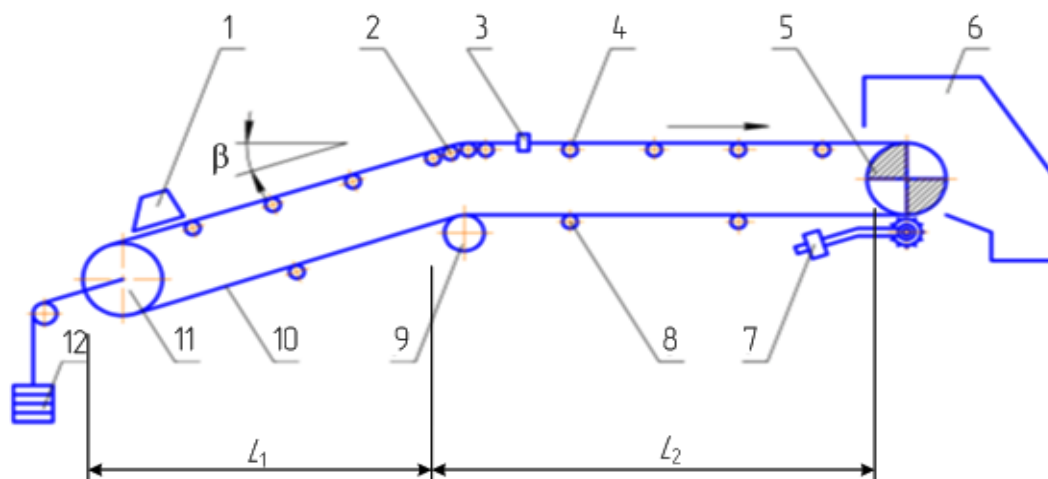


Рис. 10. Наклонно-горизонтальный ленточный конвейер:

$L_1$  – длина наклонного участка конвейера;  $L_2$  – длина горизонтального участка конвейера;  $\beta$  – угол наклона наклонного участка конвейера

Для очистки рабочей стороны ленты от оставшихся частиц установлена вращающаяся щетка 7. В данном случае установка очистительного устройства совершенно необходима, так как прилипшие частицы влажного песка образу-

ют на роликах трудноудаляемую неровную корку и могут привести к неравномерному их вращению, вызывающему ускоренное изнашивание ленты.

Для центрирования хода обеих ветвей ленты и исключения ее чрезмерного поперечного смещения установлены дефлекторные ролики 3. В местах перехода ленты из наклонного в горизонтальное положения используются роликотренирующая батарея 2 и отклоняющий барабан 9, создающие плавный перегиб ленты.

## 7.2. Определение конструктивных параметров ленты конвейера

Определим первоначальную ширину ленты по формуле (11) (предварительно по табл. 6 принимаем скорость  $v = 1,6$  м/с)

$$B_l = \frac{1}{K_B} \cdot \sqrt{\frac{Q}{(A_Q + B_Q \cdot C_\beta \cdot \operatorname{tg} \varphi_n) v \cdot \rho}},$$

где  $K_B = 0,9$  – коэффициент использования ширины ленты;

$C_\beta$  – коэффициент, учитывающий угол наклонного участка  $\beta$ ;

$A_Q, B_Q$  – коэффициенты производительности, зависящие от формы роликотренирующей опоры;

$\rho$  – плотность транспортируемого материала, т/м<sup>3</sup>.

В данном случае для трехроликотренирующей опоры коэффициенты  $A_Q$  и  $B_Q$  вычисляются следующим образом:

$$A_Q \approx 300 \cdot \frac{\sin \alpha_p - 0,33 \cdot \sin 3 \cdot \alpha_p}{1 - \cos \alpha_p} \approx 300 \cdot \frac{\sin 30^\circ - 0,33 \cdot \sin 3 \cdot 30^\circ}{1 - \cos 30^\circ} = 381;$$

$$B_Q \approx 66,7 \cdot \left( \frac{\sin 1,5 \cdot \alpha_p}{\sin 1,5 \cdot \alpha_p} \right)^2 \approx 66,7 \cdot \left( \frac{\sin 1,5 \cdot 30^\circ}{\sin 0,5 \cdot 30^\circ} \right)^2 = 498,$$

где  $\alpha_p = 30^\circ$  – угол наклона боковых роликов на трехроликотренирующих опорах.

При этом коэффициент  $C_\beta$  вычисляется по формуле

$$C_\beta = \left( 1 - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \varphi_n} \right)^2 \cdot \cos \beta = \left( 1 - \frac{\operatorname{tg} 18^\circ}{\operatorname{tg} 39^\circ} \right)^2 \cdot \cos 18^\circ = 0,341,$$

где  $\varphi_n$  – угол естественного откоса груза на движущейся ленте, который равен  $\varphi_n \approx (0,75 \dots 1) \cdot \varphi = 0,87 \cdot 45^\circ = 39^\circ$ , при этом  $\varphi = 45^\circ$  – угол естественного откоса груза для состояния покоя (см. прил. В).

Тогда ширина ленты будет

$$B_l = \frac{1}{0,9} \cdot \sqrt{\frac{410}{(381 + 498 \cdot 0,341 \cdot \operatorname{tg} 39^\circ) \cdot 1,6 \cdot 1,9}} = 0,567 \text{ м.}$$

Для кусковатых грузов проводится проверка на кусковатость.

Транспортируемый материал (песок влажный) не является кусковатым материалом, поэтому расчет на кусковатость не проводим. По ГОСТ 22644–77 принимаем ширину ленты  $B = 650$  мм, так как меньшее значение приведет к перегрузке ленты [14].

Существенное увеличение ширины ленты по сравнению с первоначальной расчетной величиной требует обязательного пересчета скорости  $v_{\text{нов}}$  по следующей формуле:

$$v_{\text{нов}} = \frac{B_l^2}{B^2} \cdot v_{\text{л}} = \frac{0,567^2}{0,65^2} \cdot 1,6 = 1,1 \text{ м/с,}$$

где  $v_{\text{л}}$  – скорость движения ленты, м/с.

Согласно нормальному ряду по ГОСТ 22644–77 принимаем скорость  $v = 1,25$  м/с [14].

### 7.3. Определение параметров роликовых опор

При ширине ленты  $B = 650$  мм и насыпной плотности груза  $\rho = 1,9$  т/м<sup>3</sup> выберем постоянный шаг роликовых опор  $l$  (см. табл. 12):

$l_p = 1300$  мм – для верхней ветви ленты;

$l_x = 3000$  мм – для нижней ветви ленты.

Определим диаметр роликовых опор (см. табл. 13) при условии исключения резонансных явлений, указанных в табл. 15 [9, с. 132]. В этом случае для обеих ветвей можно принять ролики среднего типа с одинаковым значением диаметра  $D_p = 108$  мм.

По формулам (6) и (7) рассчитаем массы вращающихся частей трехроликовой  $m_p$  и однороликовой  $m_x$  опор:

$$\bullet m_p \approx [A_m + B_m \cdot (B - 0,4)] \cdot D_p^2 \cdot 10^{-4} = [10 + 10 \cdot (0,65 - 0,4)] \cdot 108^2 \cdot 10^{-4} = 14,6 \text{ кг,}$$

$$\bullet m_x \approx [6 + 10 \cdot (B - 0,4)] \cdot D_p^2 \cdot 10^{-4} = [6 + 14 \cdot (0,65 - 0,4)] \cdot 108^2 \cdot 10^{-4} = 11,1 \text{ кг,}$$

где  $A_m, B_m$  – эмпирические коэффициенты для ролика среднего типа, равные 10 и 10 соответственно.

В результате произведенных вычислений определили конструктивные параметры ленты конвейера.

## 7.4. Определение сил сопротивления движению несущего полотна на всех участках конвейера

### 7.4.1. Расчет распределенных масс

Распределенные массы транспортируемого груза  $q$  вычисляется по следующей формуле:

$$q = \frac{Q}{3,6 \cdot v} = \frac{410}{3,6 \cdot 1,25} = 91,1 \text{ кг/м.}$$

При этом распределенные массы вращающихся частей опор  $q_p$  верхней ветви рассчитываются следующим образом:

$$q_p = \frac{m_p}{l_p} = \frac{14,6}{1,3} = 11,2 \text{ кг/м.}$$

Распределенные массы вращающихся частей опор  $q_x$  нижней ветви вычисляются по формуле:

$$q_x = \frac{m_x}{l_x} = \frac{11,1}{3} = 3,7 \text{ кг/м.}$$

Таким образом, произведен расчет распределенных масс. Далее определим толщину ленты.

### 7.4.2. Определение толщины и массы конвейерной ленты

Определяем толщину ленты по формуле (5)

$$\delta_{\text{л}} = i_{\text{п}} \cdot \delta_{\text{п}} + \delta_1 + \delta_2 = 6 \cdot 1,1 + 6 + 2 = 14,6 \text{ мм,}$$

где  $\delta_1 = 6 \text{ мм}$  – толщина рабочей (наружной) обкладки (см. табл. 9);  
 $\delta_2 = 2 \text{ мм}$  – толщина нерабочей (нижней) обкладки (см. табл. 9);  
 $\delta_{\text{п}} = 1,1 \text{ мм}$  – толщина прокладки с резиновой прослойкой из полиамидных нитей (см. табл. 7);  
 $i_{\text{п}} = 6$  – число прокладок (взято максимально возможное значение из рекомендованного ряда при ширине ленты  $B = 650 \text{ мм}$  (см. табл. 8)).  
Сечение тяговой ленты представлено на рис. 11.

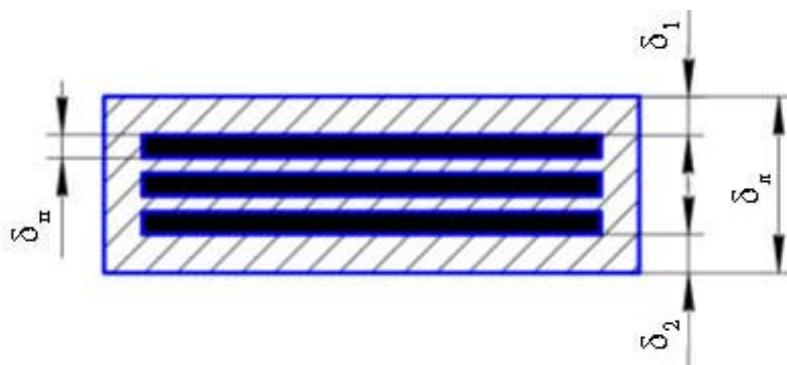


Рис. 11. Сечение тяговой ленты



Тогда масса  $q_0$ , приходящаяся на 1 м длины прорезиненной конвейерной ленты при плотности  $\rho_0 = 1130 \text{ кг/м}^3$ , находится по формуле

$$q_0 = \rho_0 \cdot B \cdot \delta_{\text{л}} = 1,13 \cdot 10^{-3} \cdot 650 \cdot 14,6 = 10,73 \text{ кг/м.}$$

Таким образом, определены толщина и масса конвейерной ленты.

### 7.4.3. Определение местных сил сопротивления движению конвейерной ленты

При эксплуатации в средних условиях коэффициенты сопротивления на рядовых роликовых опорах  $w_p$  и  $w_x$  определяются по табл. 16 в зависимости от условий работы следующим образом:

$w_p = 0,025$  – для верхней ветви;

$w_x = 0,022$  – для нижней ветви.

На барабанах, установленных на подшипниках качения с учетом силы сопротивления изгибу ленты (см. пояснения к формуле (14), коэффициенты сопротивления  $w_{п1}$  и  $w_{п2}$  будут равняться следующим значениям:

$w_{п1} = 0,02$  – для поворотного барабана;

$w_{п2} = 0,06$  – для натяжного барабана с углом поворота больше  $180^\circ$ .

Силу сопротивления в пункте загрузки  $W_{3,y}$  (Н) определяют по формуле

$$W_{3,y} = \frac{Q \cdot f_{\text{л}} \cdot (v - v_1)}{3,6 \cdot (f_{\text{л}} - \text{tg}\beta - k_6 \cdot f_6)},$$

где  $f_{\text{л}} = 0,52$  – коэффициент внешнего трения песка по резиновой ленте (см. прил. В);

$f_6 = 0,6$  – коэффициент внешнего трения песка по стали (см. прил. В);

$v$  – скорость движения груза, м/с;

$v_1$  – проекция составляющей средней скорости струи материала на направление ленты; ее расчет происходит следующим образом [3, с. 115]:

$$v_1 = 0,5 \cdot v = 0,5 \cdot 1,25 = 0,625 \text{ м/с,}$$

$k_6$  – коэффициент бокового давления груза на бортовые направляющие, определяющийся по следующей формуле:

$$k_6 = \frac{Q}{3600 \cdot b_{\text{ср}}^2 \cdot v_{\text{ср}} \cdot \rho} = \frac{410}{3600 \cdot 0,455^2 \cdot 0,938 \cdot 1,9} = 0,309,$$

где  $b_{\text{ср}} \approx 0,7 \cdot B = 0,455 \text{ м}$  – ширина поперечного сечения груза, м;

$v_{\text{ср}}$  – средняя скорость движения груза на длине разгона до скорости  $v$ , она равна  $v_{\text{ср}} \approx 0,5 \cdot (v + v_1) = 0,5 \cdot (1,25 + 0,625) = 0,938 \text{ м/с.}$

Длина конвейера составляет около 70 м, поэтому силу сопротивления движению ленты на очистительном устройстве можно не учитывать.

$$W_{з.у} = \frac{410 \cdot 0,52 \cdot (1,25 - 0,625)}{3,6 \cdot (0,52 - \operatorname{tg} 18^\circ - 0,309 \cdot 0,6)} = 3786 \text{ Н.}$$

Сила сопротивления в пункте загрузки определена.

## 7.5. Определение сил натяжения тяговой ленты и тягового усилия на приводном барабане

### 7.5.1. Определение сечения с наименьшим натяжением конвейерной ленты

Для конвейеров, имеющих наклонный участок, минимальное натяжение  $S_{\min}$  в ленте может находиться либо в точке (сечении) схода с приводного барабана  $S_1$ , либо в конце наклонного участка – в точке (сечении) набегания ленты на натяжной барабан  $S_4$ . Схема участков натяжений на конвейере показана на рис. 12.

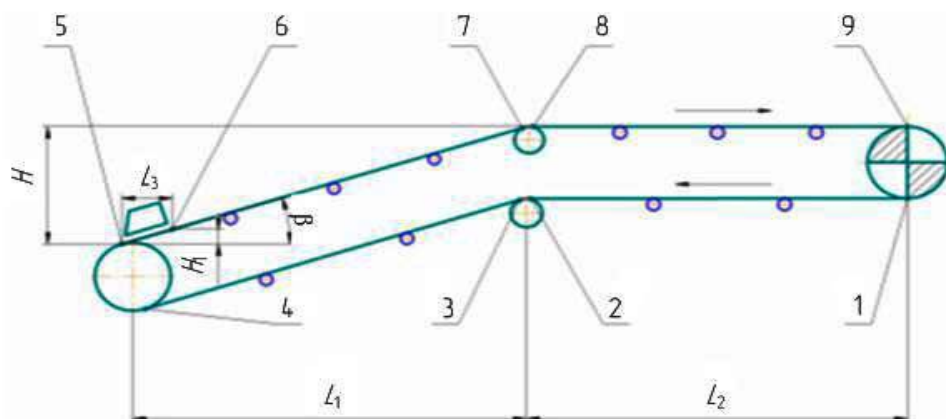


Рис. 12. Схема участков натяжений на ленточном конвейере:

$L_1$  – длина наклонного участка;  $L_2$  – длина горизонтального участка;  $L_3$  – расстояние от точки схода ленты с натяжного барабана до точки попадания груза на ленту;  $H$  – высота наклонного участка;  $H_1$  – высота попадания груза на ленту;  $\beta$  – угол наклона ленты; 1 – сечение сбега ленты с приводного барабана; 2 – сечение набегания ленты на отклоняющий барабан; 3, 8 – сечение сбега ленты с отклоняющего барабана; 4 – сечение набегания ленты на натяжной барабан; 5 – сечение сбега ленты с натяжного барабана; 6 – сечение попадания груза на ленту; 9 – сечение набегания ленты на приводной барабан

Если коэффициент сопротивления  $W_x$  на рядовых роlikоопорах нижней ветви больше относительного коэффициента, то выполняется следующее неравенство:

$$W_x > \frac{q_0 \cdot H}{(q_0 + q'_p) \cdot (L_1 + L_2)},$$

где  $H$  – высота трассы ленточного конвейера, м.

Если высота трассы ленточного конвейера равна  $H = \operatorname{tg} \beta \cdot L_1 = \operatorname{tg} 18^\circ \cdot 31 = 10,07$  м, то сечение с минимальным натяжением в ленте находится в точке сбегания с приводного барабана  $S_{\min} = S_1$ . Если неравенство не выполняется, то сечение с минимальным натяжением находится в точке набегания ленты на натяжной барабан  $S_{\min} = S_4$ , и производится следующий расчет:

$$\frac{q_0 \cdot H}{(q_0 + q_p) \cdot (L_1 + L_2)} = \frac{10,73 \cdot 10,07}{(10,73 + 3,7) \cdot (31 + 36)} = 0,112,$$

$$w_x = 0,022 < w = 0,112.$$

Следовательно, сечение с минимальным натяжением находится в точке набегания ленты на натяжной барабан  $S_{\min} = S_4$ .

Значения минимально допустимых натяжений в ленте для рабочей ветви  $S_{p,\min}$  и для холостой ветви  $S_{x,\min}$  определяются по следующим формулам:

$$S_{p,\min} \geq 10 \cdot (q_0 + q) \cdot l_p \cdot g = 10 \cdot (10,73 + 91,1) \cdot 1,3 \cdot 9,81 = 12990 \text{ Н};$$

$$S_{x,\min} \geq 10 \cdot q_0 \cdot l_x \cdot g = 10 \cdot 10,73 \cdot 3 \cdot 9,81 = 3158 \text{ Н},$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с.

Точка схода груза на ленту с загрузочного устройства находится на расстоянии  $L_3 = 3$  м.

$$\text{При этом высота } H_1 \text{ составляет } H_1 = L_3 \cdot \sin \beta = 3 \cdot \sin 18^\circ = 0,927 \text{ м.}$$

Определив сечение с наименьшим натяжением ленты, рассчитаем значения натяжений в остальных характерных точках трассы конвейера, начиная с минимального.

### 7.5.2. Определение натяжений в характерных точках трассы ленточного конвейера

Исходя из вышеописанного определим натяжения в характерных точках трассы ленточного конвейера

$$\text{Как уже было сказано, } S_4 = S_{x,\min} = 3158 \text{ Н.}$$

Таким образом, найдем  $S_5$

$$S_5 = S_4 + S_4 \cdot w_{п2} = 3158 + 3158 \cdot 0,06 = 3347 \text{ Н.}$$

Далее по формуле найдем натяжение в точке  $S_6$

$$S_6 = S_5 + (q_0 + q_p) \cdot g \cdot L_3 \cdot w_p + q_0 \cdot g \cdot H_1 + W_{3,y};$$

$$S_6 = 3347 + (10,73 + 11,2) \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 0,025 + 10,73 \cdot 9,81 \cdot 0,927 + 3786 = 7247 \text{ Н.}$$

Так как условия ограничения стрелы провеса рабочей ветви выполняются при условии  $S_{p,\min} \geq 12990$  Н, то принимаем  $S_6 = 12990$  Н.

Далее находим натяжения в точках  $S_7, S_8, S_9$ :

$$S_7 = S_6 + (q_0 + q_p + q) \cdot g \cdot (L_1 - L_3) \cdot W_p + (q_0 + q) \cdot (H - H_1) \cdot g;$$

$$S_7 = 12990 + (10,73 + 11,2 + 91,1) \cdot 9,81 \cdot (31 - 3) \cdot 0,025 + (10,73 + 91,1) \cdot (10,073 - 0,927) \cdot 9,81 = 22900 \text{ Н};$$

$$S_8 = S_7 + S_7 \cdot w_{п1} = 22900 + 22900 \cdot 0,02 = 23360 \text{ Н};$$

$$S_9 = S_8 + (q_0 + q_p + q) \cdot g \cdot L_2 \cdot w_p;$$

$$S_9 = 23360 + (10,73 + 11,2 + 91,1) \cdot 9,81 \cdot 36 \cdot 0,025 = 24360 \text{ Н}.$$

Натяжение в точке  $S_9$  является наибольшим ( $S_{\max} = 24360 \text{ Н}$ ) и расчетным натяжением, необходимым для определения числа прокладок  $i_n$  резиноканевой ленты:

$$i_n = \frac{S_{\max} \cdot C_n}{k_p} = \frac{24360 \cdot 9}{100 \cdot 650} = 3,37,$$

где  $C_n = 9$  – коэффициент запаса прочности, значение которого для наклонных конвейеров соответствует сравнительно малому числу прокладок;

$k_p = 100 \text{ Н/мм}$  – предел прочности для выбранной ткани из комбинированных нитей ТА-100 с толщиной прокладки  $\delta_n = 1,1 \text{ мм}$  (см. табл. 7).

Предварительно выбранная лента имеет 2 лишних прокладки. В таком случае число прокладок необходимо сократить до  $i_n = 4$  и пересчитать распределенную массу лент  $q_0$ , а также повторить тяговый расчет. Если количество прокладок не изменилось или получилось меньше 3, то переходят к определению натяжения нижней ветви ленты (при отсутствии его расчета).

### 7.5.3. Уточненный тяговый расчет

Проведем уточненный тяговый расчет.

Толщина ленты  $\delta_l$  составляет

$$\delta_l = 4 \cdot 1,1 + 6 + 2 = 12,4 \text{ мм}.$$

Распределенная масса  $q_0$  ленты при этом составит:

$$q_0 = 1,13 \cdot 10^{-3} \cdot 650 \cdot 12,4 = 9,11 \text{ кг/м}.$$

Условия ограничения стрелы провеса для верхней ветви будут следующими:

$$S_{p,\min} = 10 \cdot (9,11 + 91,1) \cdot 1,3 \cdot 9,81 = 12780 \text{ Н}.$$

Так как условия ограничения стрелы провеса рабочей ветви выполняются при условии  $S_6 \geq 12780 \text{ Н}$ , то принимаем  $S_6 = 12780 \text{ Н}$ .

Далее вновь находим уже уточненные значения натяжений в точках  $S_7$ ,  $S_8$  и  $S_9$ ;

$$S_7 = S_6 + (q_0 + q_p + q) \cdot g \cdot (L_1 - L_3) \cdot w_p + (q_0 + q) \cdot (H - H_1) \cdot g;$$

$$S_7 = 1278,0 + (9,11 + 11,2 + 91,1) \cdot 9,81 \cdot (31 - 3) \cdot 0,025 + (9,11 + 91,1) \cdot (10,073 - 0,927) \cdot 9,81 = 22540 \text{ Н};$$

$$S_8 = S_7 + S_7 \cdot w_{\text{пл}} = 22540 + 22540 \cdot 0,02 = 22990 \text{ Н};$$

$$S_9 = S_8 + (q_0 + q_p + q) \cdot g \cdot L_2 \cdot W_p = 22990 + (9,11 + 11,2 + 91,1) \cdot 9,81 \cdot 36 \cdot 0,025 = 23970 \text{ Н}.$$

Натяжение  $S_9$  является наибольшим  $S_{\text{max}} = 23970 \text{ Н}$ .

Уточненное расчетное число прокладок  $i_{\text{п}}$  для ленты с тканью ТА-100 составит

$$i_{\text{п}} = \frac{23970 \cdot 9}{100 \cdot 650} = 3,32, \text{ т. е. } i_{\text{п}} = 4.$$

Фактический запас прочности ленты  $C_p$  будет равен

$$C_p = \frac{k_p \cdot B \cdot i_{\text{п}}}{S_{\text{max}}} = \frac{100 \cdot 650 \cdot 4}{23970} = 10,87.$$

Увеличенный запас прочности ленты повысит срок ее службы. Использование ленты с числом прокладок  $i_{\text{п}} = 3$  снизит запас прочности. При этом для ленты из синтетических тканей запас прочности должен быть  $C_{\text{п}} \geq 10$ .

Для определения натяжений на нижней ветви ленты (точки  $S_5$ ,  $S_4$ ,  $S_3$ ,  $S_2$  и  $S_1$ ) производят обход трассы против направления движения ленты следующим образом:

$$S_5 = S_6 - (q_0 + q_p) \cdot g \cdot L_3 \cdot w_p + q_0 \cdot g \cdot H_1 - W_{3,y};$$

$$S_5 = 12780 - (9,11 + 11,2) \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 0,025 - 9,11 \cdot 9,81 \cdot 0,927 - 3786 = 9062 \text{ Н};$$

$$S_4 = \frac{S_5}{1 + \omega_{n2}} = \frac{9062}{1 + 0,62} = 8549 \text{ Н};$$

$$S_3 = S_4 - (q_0 + q_x) \cdot g \cdot L_1 \cdot w_x + q_0 \cdot g \cdot H;$$

$$S_3 = 8549 - (9,11 + 3,7) \cdot 9,81 \cdot 31 \cdot 0,022 - 9,11 \cdot 9,81 \cdot 10,73 = 9363 \text{ Н};$$

$$S_2 = \frac{S_3}{1 + w_{\text{пл}}} = \frac{9363}{1 + 0,02} = 9180 \text{ Н};$$

$$S_1 = S_2 - (q_0 + q_x) \cdot g \cdot L_2 \cdot w_x = 9180 - (9,11 + 3,7) \cdot 9,81 \cdot 36 \cdot 0,022 = 9080 \text{ Н}.$$

Полученные натяжения заносят в таблицу (табл. 19) и строят график (эпюру) натяжения ленты по участкам (сечениям) (рис. 13) (примеч. авт. – все обозначения на рис. 13 указаны в рис. 12).

Таблица 19

Натяжения в характерных точках (сечениях) трассы конвейера, Н

Точка трассы конвейера	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$	$S_7$	$S_8$	$S_9$
Значение	9080	9180	9363	8549	9062	12780	22540	22990	23970

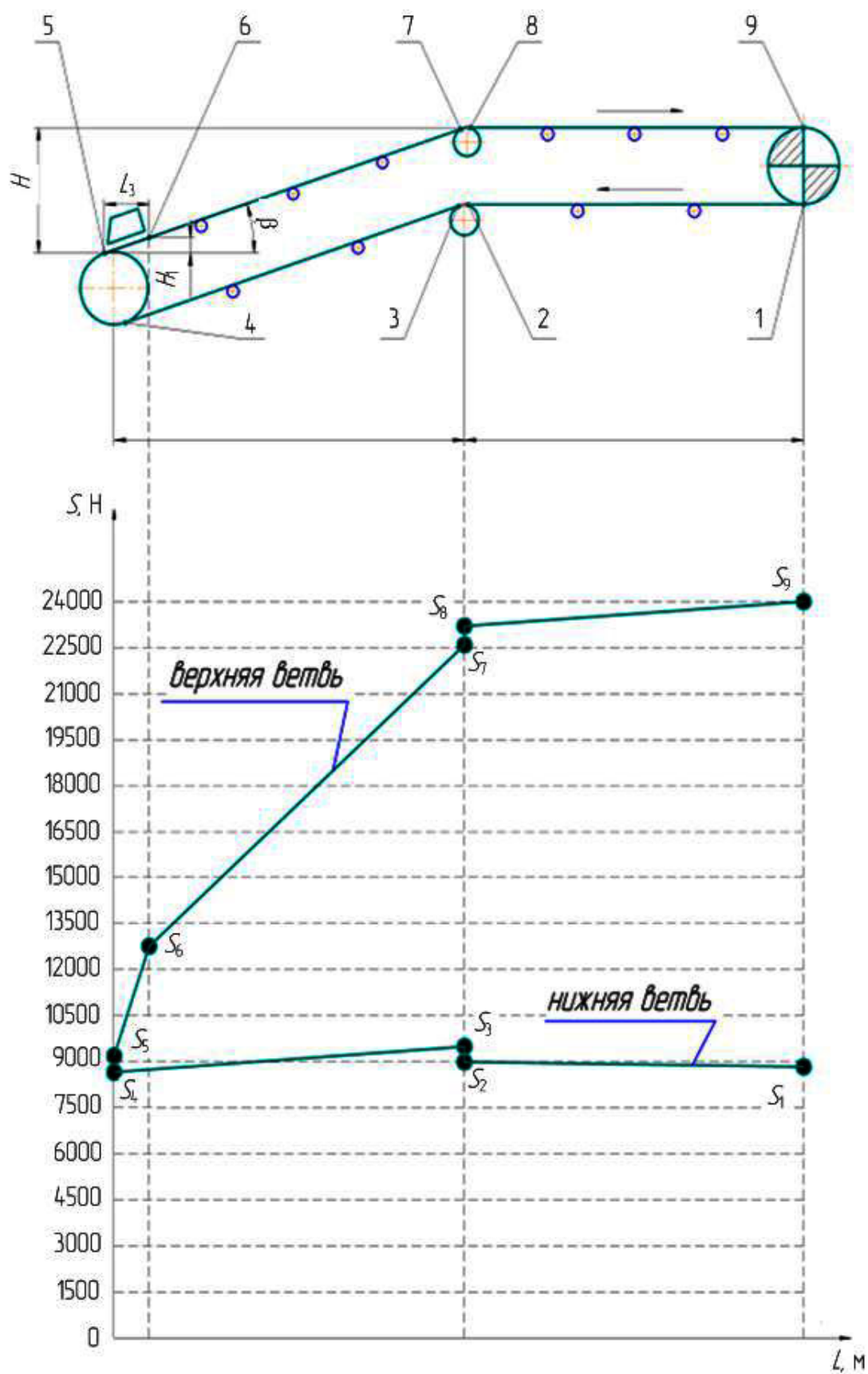


Рис. 13. График натяжения ленты

Далее определим необходимый угол обхвата лентой приводного барабана.

#### **7.5.4. Определение необходимого угла обхвата конвейерной лентой приводного барабана**

Максимальное тяговое усилие на приводном барабане  $F$  (Н), которое способен передать приводной барабан без пробуксовки ленты, составляет:

$$F = S_{\text{нб}} - S_{\text{сб}} = S_9 - S_1 = 23970 - 9080 = 14890 \text{ Н.}$$

Определим тяговый коэффициент  $e^{\mu_0 \cdot \alpha}$  по формуле

$$e^{\mu_0 \cdot \alpha} = \frac{F \cdot k_{\text{сц}} + 1}{S_{\text{сб}}} = \frac{14890 \cdot 1,3 + 11}{9080} = 3,132,$$

где  $k_{\text{сц}} = 1,3$  – коэффициент запаса сцепления, используемый для исключения пробуксовывания ленты при всех режимах работы конвейера.

Для средних условий работы в сухом помещении на футерованном резиной барабане коэффициент трения  $\mu_0 = 0,4$  и необходимый угол обхвата  $\alpha$  будет равен

$$\alpha = \frac{\ln 3,132}{0,4} = 2,854 \text{ рад} \approx 164^\circ.$$

Такой минимальный угол обхвата получаем на однобарабанном приводе.

Согласно закону Эйлера, условие отсутствия скольжения ленты по барабану  $S_{\text{нб}}$  определяется следующим выражением:

$$S_{\text{нб}} \leq S_{\text{сб}} \cdot e^{\mu_0 \cdot \alpha}.$$

$$23970 \text{ Н} \leq 28440 \text{ Н.}$$

Условие выполняется.

Далее необходимо определить параметры барабанов и роликовой батареи.

#### **7.6. Определение параметров барабанов и роликовой батареи**

Исходя из формулы (27), примем стандартный приводной барабан 6563Ф-100 (примеч. авт. – В данном случае необходимо использовать табл. 4.18 работы Н. Ф. Руденко «Курсовое проектирование грузоподъемных машин» [26]) с диаметром  $D_{\text{б.л}} = 670$  мм.

Удельное давление ленты на барабан  $p$  (Н/мм<sup>2</sup>) не должно превышать допустимое значение  $[p]$ :

$$p = \frac{360^\circ \cdot (S_1 + S_9)}{\pi \cdot \alpha^\circ \cdot B \cdot D_{\text{б.п}}} \leq [p],$$

где  $\alpha^\circ = 180^\circ$  – угол охвата барабана лентой;

$[p] = 0,2 \dots 0,3$  МПа – допустимая величина давления ленты на поверхность барабана.

$$p = \frac{360^\circ \cdot 33050}{3,14 \cdot 180^\circ \cdot 650 \cdot 670} = 0,048 \text{ МПа.}$$

Условие  $p \leq [p]$  выполняется.

В случае невыполнения данного условия принимается в расчет увеличенный диаметр барабана.

Учитывая формулу (28), примем стандартный неприводной барабан 6550–80 (примеч. авт. – В данном случае необходимо использовать табл. 4.19 работы Н. Ф. Руденко «Курсовое проектирование грузоподъемных машин» [26]) с диаметром  $D_{\text{б.н}} = 500$  мм.

Опираясь на формулу (29), примем стандартный отклоняющий барабан 65.40–50 с диаметром  $D_{\text{б.о}} = 400$  мм для обратной (холостой, нижней) ветви.

Длину барабанов  $L_{\text{б}}$  определяем по рекомендациям главы 6.9 при ширине ленты  $B = 650$  мм –  $L_{\text{б}} = 750$  мм.

На конвейере с желобчатыми роlikоопорами переход ленты из наклонного положения в горизонтальное для рабочей (верхней) ветви выполняется на роlikовой батарее из 6 роlikоопор. Данный выпуклый участок находится в зоне больших натяжений ленты ( $\approx 23$  кН), при этом угол перегиба на каждой опоре составляет  $3^\circ$ . Расстояние между роlikоопорами в роlikовой батарее  $l_{\text{р.б}}$  в  $2 \dots 2,5$  раза меньше постоянного шага роlikовых опор верхней ветви:  $l_{\text{р.б}} = 500$  мм. Роlikовые опоры устанавливают по дуге окружности, радиус  $R_{\text{вып}}$  которой при угле наклона боковых роlikов  $\alpha_{\text{р}} = 30^\circ$  равен

$$R_{\text{вып}} = 15 \cdot B = 15 \cdot 0,65 \approx 10 \text{ м.}$$

Учитывая все вышеизложенное, произведем выбор натяжного устройства.



## 7.7. Выбор натяжного устройства и расчет каната натяжного устройства

Усилие натяжения  $S_{\text{нат}}$  (Н), необходимое для перемещения натяжного барабана, определяется по формуле

$$S_{\text{нат}} = (S_4 + S_5 + W_{\text{нат}}) \cdot k_2 = (8549 + 9062 + 200) \cdot 1,1 = 19592 \text{ Н},$$

где  $W_{\text{нат}} = 150 \dots 200 \text{ Н}$  – потери на передвижение натяжного барабана;  
 $k_2 = 1,1$  – коэффициент, учитывающий потери на блоках.

Ход натяжного устройства для тканевых лент  $X$  определяем следующим образом:

$$X = (1 \dots 2) \cdot B + 0,015L = 0,65 + 0,015 \cdot 67 = 1,65 \text{ м}.$$

Необходимый вес груза натяжного устройства  $G_{\text{гр}}$  вычисляем по формуле

$$G_{\text{гр}} = \frac{S_{\text{нат}}}{\eta_{\text{бл}}^n} = \frac{19592}{0,97^2} = 20820 \text{ Н},$$

где  $\eta_{\text{бл}}^n = 0,97$  – коэффициент полезного действия (КПД) блоков;  
 $n = 2$  – количество блоков.

Объем груза натяжного устройства  $V_{\text{гр}}$  определяется по формуле

$$V_{\text{гр}} = 1000 \cdot \frac{m_{\text{гр}}}{\gamma} = 1000 \cdot \frac{20820}{7,8 \cdot 9,8} = 272400 \text{ см}^3,$$

где  $m_{\text{гр}}$  – масса груза, кг;  
 $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$  – удельная масса чугуна.

Примем диаметр груза натяжного устройства  $D_{\text{гр}} = 0,65 \text{ м}$ , тогда высота груза  $H_{\text{гр}}$  будет равна

$$H_{\text{гр}} = \frac{4V_{\text{гр}}}{\pi \cdot D_{\text{гр}}^2} = \frac{4 \cdot 0,2724}{3,14 \cdot 0,65^2} = 0,82 \text{ м}.$$

Выберем для натяжного устройства стандартную тележку 6550Т-80 (примеч. авт. – В данном случае необходимо использовать табл. 4.22 из работы Н. Ф. Руденко «Курсовое проектирование грузоподъемных машин» [26]).

Максимальное натяжение каната  $S_{\text{max}}$  при подъеме груза рассчитываем следующим образом:

$$S_{\text{max}} = G_{\text{гр}} \cdot \frac{1 - \eta}{1 - \eta^m} = 20820 \cdot \frac{1 - 0,97}{1 - 0,97^2} = 1066 \text{ кг},$$

где  $\eta$  – КПД блока.

Расчет каната по «Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» [23] проводим по формуле

$$P_k \geq S_{\max} \cdot k_k,$$

где  $P_k$  – разрывное усилие каната в целом, принимаемое по таблицам ГОСТ 3070–88 [12];

$k_k = 5,5$  – запас прочности, принимаемый для грузовых канатов при среднем режиме работы [23].

$$S_{\max} \cdot k_k = 1066 \cdot 5,5 = 5863 \text{ кг.}$$

Выбираем канат типа ТК 6 × 19 диаметром 12,5 мм, имеющий при расчетном пределе прочности проволоки при растяжении, равном  $140 \text{ кг/мм}^2$ , разрывное усилие  $P_k = 6810 \text{ кг}$ . Условное обозначение каната будет следующим: канат 12,5-140-I-ГОСТ 3070–74. Фактический запас прочности  $k_{\phi}$  составит:

$$k_{\phi} = \frac{6810}{1066} = 6,3 > k_k = 5,5.$$

Таким образом, произведены выбор натяжного устройства и расчет каната натяжного устройства.

## 7.8. Загрузочное устройство

Опишем загрузочное устройство. Груз, падая, ударяется об отбойный щит 1, закрепленный на загрузочной коробке (рис. 14). Затем по наклонному желобу 2 воронки груз скатывается вниз и падает на ленту конвейера с некоторой усредненной для всего потока скоростью  $v_{\text{ср}}$ , вектор которой можно разложить на две составляющие:

$v_1$  – скорость, совпадающую с вектором скорости ленты  $v$ ;

$v_2$  – нормальную скорость к плоскости ленты.

Рассчитаем угол наклонного желоба по формуле

$$\alpha_{\text{ж}} = \varphi_{\text{в}} + (10 \dots 15^\circ) = 31^\circ + 14^\circ = 45^\circ,$$

где  $\alpha_{\text{ж}}$  – угол наклонного желоба;

$\varphi_{\text{в}}$  – угол внешнего трения груза о желоб, который определяется следующим образом:

$$\varphi_{\text{в}} = \arctg f_6 = \arctg 0,6 = 31^\circ.$$

Для предотвращения падения отдельных кусков груза с ленты и его центрирования на ней предусмотрены бортовые направляющие 3, установ-

ленные с небольшим расширением по ходу ленты и снизу вверх. В нижней части к бортам прикреплены резиновые продольные полосы, соприкасающиеся с лентой и обеспечивающие плотность бортов.

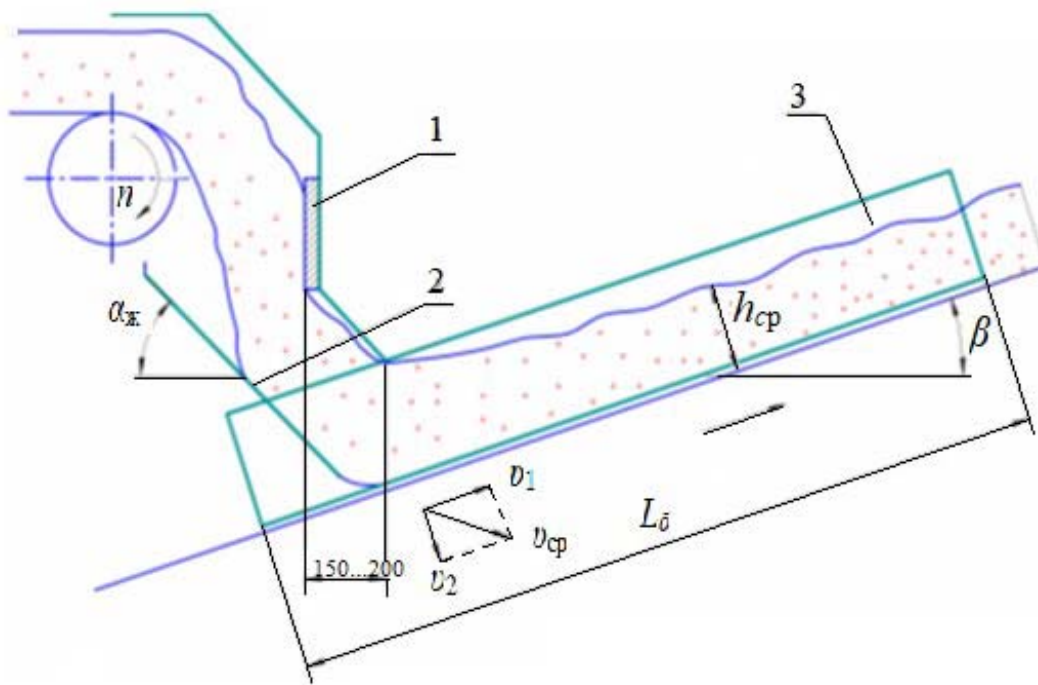


Рис. 14. Загрузочное устройство:

$L_b$  – длина бортовых направляющих;  $h_{ср}$  – средняя высота груза

Перекрытие плоскости свободного падения груза на 150...200 мм уменьшает повреждение обкладки.

Длину бортовых направляющих  $L_b$  примем конструктивно равным  $L_b = (1,5...2) \cdot B = 2 \cdot 650 = 1300$  мм.

Средняя высота груза  $h_{ср}$  по длине бортов будет составлять

$$h_{ср} = \frac{Q}{3600 \cdot b_{ср} \cdot v_{ср} \cdot \rho} = \frac{410}{3600 \cdot 0,47 \cdot 0,938 \cdot 1,9} = 0,136 \text{ м},$$

где  $b_{ср} = 0,47$  м – среднее расстояние между бортами, м;

$v_{ср}$  – средняя скорость, м/с;

$Q$  – производительность, т/ч;

$\rho$  – плотность груза, т/м<sup>3</sup>.

Далее приведем расчет привода.

## 7.9. Расчет привода

### 7.9.1. Определение необходимой мощности привода

Необходимая мощность привода  $P_{пр}$  определяется по формуле

$$P_{пр} = \frac{K_3 \cdot F \cdot v}{1000 \cdot \eta_0 \cdot \eta_6},$$

где  $F$  – тяговая сила, Н;

$K_3 = 1,2$  – коэффициент запаса мощности;

$\eta_0$  – КПД передач привода с учетом всех элементов, входящих в привод (рис. 15);

$\eta_6$  – КПД барабана.

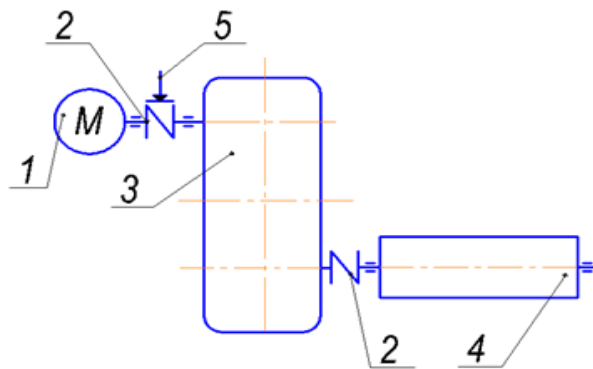


Рис. 15. Схема привода:

1 – электродвигатель; 2 – соединительные муфты; 3 – редуктор;

4 – приводной барабан; 5 – тормоз

Произведем расчет КПД передач привода  $\eta_0$ :

$$\eta_0 = \eta_p \cdot \eta_m^2 \cdot \eta_n^4 = 0,94 \cdot 0,99^2 \cdot 0,99^4 = 0,89,$$

где  $\eta_p = 0,94$  – КПД двухступенчатого редуктора;

$\eta_m = 0,99$  – КПД муфты;

$\eta_n = 0,94$  – КПД подшипников качения.

Далее, подставив численные значения в ранее приведенную формулу определения необходимой мощности привода, получаем

$$P_{пр} = \frac{1,2 \cdot 3205 \cdot 2,5}{1000 \cdot 0,89 \cdot 0,94} = 12,87 \text{ кВт.}$$

Следующим шагом в проектировании и расчете ленточного конвейера будет выбор электродвигателя и редуктора.

### 7.9.2. Выбор электродвигателя и редуктора

Выбираем электродвигатель АИР 225 М8 мощностью  $P_{\text{ДВ}} = 30$  кВт и частотой вращения  $n_{\text{ДВ}} = 750$  об/мин.

Частота вращения приводного барабана  $n_6$  в этом случае составляет

$$n_6 = \frac{60 \cdot 1000 \cdot \nu}{\pi \cdot D_6} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 1,25}{3,14 \cdot 670} = 35,65 \text{ об/мин.}$$

Передаточное число привода  $u_{\text{пр}}$  при этом будет

$$u_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{ДВ}}}{n_6} = \frac{750}{35,65} = 21,04.$$

Таким образом, выбираем редуктор РЦД-600 мощностью  $N_p = 52,1$  кВт, с частотой вращения  $n_p = 1000$  об/мин, с моментом  $M_p = 11370$  Н·м, передаточным числом  $u_p = 22,4$ .

Далее проведем проверку электродвигателя на пусковые нагрузки.

### 7.9.3. Проверка электродвигателя на пусковые нагрузки

Запуск электродвигателя под нагрузкой возможен при следующем соотношении крутящих моментов (пускового  $M_{\text{пуск}}$  и статического  $M_{\text{ст}}$ ):  $M_{\text{пуск}} > M_{\text{ст}}$ .

Для выбранного двигателя данное соотношение составляет

$$\frac{M_{\text{пуск}}}{M_{\text{ном}}} = 1,9,$$

где  $M_{\text{ном}}$  – номинальный момент.

Номинальный момент определяется следующим образом:

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{ДВ}}}{n_{\text{ДВ}}} = 9550 \cdot \frac{30}{750} = 382 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тогда пусковой момент  $M_{\text{пуск}}$  будет равен

$$M_{\text{пуск}} = 1,9 \cdot M_{\text{ном}} = 1,9 \cdot 382 = 728,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Определим статический вращающий момент  $M_{\text{ст}}$ , приведенный к валу электродвигателя:

$$M_{\text{ст}} = \frac{F \cdot D_6}{2 \cdot 10^3 \cdot u_{\text{пр}} \cdot \eta_0} = \frac{14890 \cdot 670}{2 \cdot 10^3 \cdot 22,4 \cdot 0,89} = 250,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При этом пусковой момент составит

$$M_{\text{пуск}} = 728,8 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_{\text{ст}} = 250,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Условие пуска электродвигателя выполняется.

## 7.10. Фактическая скорость и производительность ленточного конвейера

Определим фактическую скорость движения ленты  $v_{\phi}$  и производительность конвейера  $Q_{\phi}$ :

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot n_{\text{ДВ}} \cdot D_{\text{Б}}}{2 \cdot 30 \cdot u_p} = \frac{3,14 \cdot 750 \cdot 0,67}{2 \cdot 30 \cdot 22,4} = 1,17 \text{ м/с};$$

$$Q_{\phi} = 3,6 \cdot q \cdot v = 3,6 \cdot 91,1 \cdot 1,17 = 409,95 \text{ т/ч}.$$

При этом отклонения от фактической скорости движения ленты  $\Delta v_{\phi}$  и производительности конвейера  $\Delta Q_{\phi}$  составят 6,4 и 0,01 % соответственно.

$$\Delta v_{\phi} = \frac{1,25 - 1,17}{1,25} \cdot 100 \% = 6,4 \%;$$

$$\Delta Q_{\phi} = \frac{410 - 409,95}{410} \cdot 100 \% = 0,01 \%.$$

Отклонения не превышают 10 %, что для инженерных расчетов считается допустимым результатом.

## 7.11. Заключение к курсовому проекту

Основные характеристики ленточного конвейера рассчитаны. Сведем их в таблицу (табл. 20).

Таблица 20

Характеристики спроектированного ленточного конвейера

Техническая характеристика	Значение
1	2
Производительность, т/ч	409,95
Скорость ленты, м/с	1,17
Ширина ленты, мм	650
Длина конвейера, м	67
Высота подъема, м	10,07
Электродвигатель АИР 225 М8	
• мощность, кВт	30
• частота вращения, об/мин	750
Редуктор РЦД-600	
• мощность, кВт	52,1
• передаточное число	22,4
• вращающий момент на выходе, Н·м	11370

Окончание табл. 20

1	2
Приводной барабан 6563Ф-100	
• частота вращения, об/мин	35,65
• диаметр, мм	670
• длина, мм	750
Натяжная тележка 6550Т-80	
ход, мм	1650
Масса груза натяжного устройства, кг	2082

Задачи курсового проектирования выполнены, цель достигнута.

На основе полученных данных выполняются необходимые чертежи (см. прил. В).

## Заключение

В учебно-методическом пособии «Проектирование и расчет ленточного конвейера» сформированы задания на курсовой проект по дисциплине «Машины непрерывного транспорта», даны рекомендации по его выполнению, представлены последовательность и содержание расчетно-пояснительной записки проекта, приведены примеры расчета наклонно-горизонтального ленточного конвейера и выполнения чертежей, а также в библиографический список включена литература, необходимая для выполнения проекта.

При изучении транспортирующих машин можно заметить, что ленточные конвейеры являются наиболее яркими представителями непрерывного транспорта. Большинство составляющих элементов ленточных конвейеров (трасса, привод, натяжное устройство, тянущий элемент, направляющие и отклоняющие устройства, очистительные и загрузочные приспособления и т. д.) входят в состав других транспортеров.

В процессе проектирования ленточного конвейера обучающийся осваивает основные методы и способы решения возникающих при проектировании задач, приобретает навыки использования нормативной и справочной литературы. Выполнение проекта и расчета ленточного конвейера дают практический опыт конструирования основных видов транспортирующих машин с тяговым органом, а также использования знаний свойств перемещаемого насыпного груза.

Курсовое проектирование ленточного конвейера наряду с психолого-педагогической подготовкой является инженерной составляющей получения степени бакалавра по одной из образовательных программ направления подготовки «Профессиональное обучение (по отраслям)». Оно основательно подготавливает обучающихся к дипломному проектированию при выполнении выпускной квалификационной работы, а зачастую становится основой для такой работы. При этом при выполнении выпускной квалификационной работы требуется дополнительно произвести экономические расчеты, определить экологическую составляющую проекта, ответить на вопросы по охране труда и технике безопасности, а также оформить данную работу в соответствии с существующими требованиями.



## Библиографический список

1. *Александров, М. Н.* Подъемно-транспортные машины: атлас конструкций / М. Н. Александров, Д. Н. Решетов. Москва: Машиностроение, 1973. 256 с. Текст: непосредственный.

2. *Бабкин, А. И.* Детали машин и основы конструирования: учебное пособие для студентов / А. И. Бабкин, А. В. Руденко; Ин-т судостроения и морской арктической техники (Севмашвтуз). Северодвинск, 2008. 126 с. Текст: непосредственный.

3. *Библиографическая запись.* Библиографическое описание. Общие требования и правила составления: ГОСТ Р 70.100–2018. Москва: Изд-во стандартов, 2018. 128 с. (Система стандартов по общим требованиям и правилам составления библиографического описания). Текст: непосредственный.

4. *Борисов, Ю. М.* Электрооборудование подъемно-транспортных машин / Ю. М. Борисов, М. М. Соколов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1971. 376 с.

5. *Вайнсон, А. А.* Подъемно-транспортные машины / А. А. Вайнсон. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1989. 535 с.

6. *Волков, Д. П.* Строительные машины и средства малой механизации / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. 8-е изд., стер. Москва: Академия, 2012. 477 с. Текст: непосредственный.

7. *Дементьев, А. И.* Основы безопасности выполнения подъемно-транспортных работ / А. И. Дементьев, Н. В. Юдаев. 2-е изд. Москва: Дашков и К<sup>о</sup>, 2017. 176 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/57148.html>. Текст: электронный.

8. *Добронравов, С. С.* Строительные машины и основы автоматизации / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. Москва: Высшая школа, 2001. 575 с. Текст: непосредственный.

9. *Зенков, Р. Л.* Машины непрерывного транспорта / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов. Москва: Машиностроение, 1987. 432 с. Текст: непосредственный. Текст: непосредственный.

10. *Иванов, С. А.* Металлургические подъемно-транспортные машины / С. А. Иванов, Н. А. Чиченев. 2-е изд., испр. и доп. Москва: Изд. дом Нац. исслед. технол. ун-та «МИСиС», 2009. 82 с. URL: <http://e.lanbook.com/view/book/1834/>. Текст: электронный.

11. *Иванченко, Ф. К.* Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин / Ф. К. Иванченко. Киев: Высшая школа, 1978. 576 с. Текст: непосредственный.
12. *Канат* стальной двойной свивки типа ТК конструкции 6×19(1+6+12)+1 о. с. Сортамент (с Изменением № 1): ГОСТ 3070–88. Москва: Стандартинформ, 2011. 4 с. Текст: непосредственный.
13. *Килин, П. И.* Промышленная вентиляция / П. И. Килин. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-та путей сообщения, 2005. 367 с. Текст: непосредственный.
14. *Конвейеры* ленточные. Основные параметры и размеры (с Изменениями № 1, 2): ГОСТ 22644–77. Москва: Издательство стандартов, 1988. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-22644-77>. Текст: электронный.
15. *Конвейеры* ленточные. Ролики. Типы и основные размеры (с Изменениями № 1–4): ГОСТ 22646–77. Москва: Издательство стандартов, 1992. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-22646-77>. Текст: электронный.
16. *Кузьмин, А. В.* Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / А. В. Кузьмин, Ф. Л. Марон. Минск: Высшая школа, 1983. 350 с. Текст: непосредственный.
17. *Ленты* конвейерные резиноканевые. Технические условия: ГОСТ 20–85. Москва: Изд-во стандартов, 2004. 35 с. (Система стандартов по общим требованиям к текстовым документам). Текст: непосредственный.
18. *Механизация* строительства: сборник расчетных работ / В. А. Жулай. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. техн. ун-та, 2017. 99 с. 3-е изд., перераб. и доп. URL: <http://www.iprbookshop.ru/72922.html>. Текст: электронный.
19. *Единая* система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам: ГОСТ 2.105–95. Москва: Стандартинформ, 2005. 30 с. Текст: непосредственный.
20. *Пертен, Ю. А.* Конвейерные системы: справочник / Ю. А. Пертен. Санкт-Петербург: Профессионал, 2008. Ч. 1. 585 с. Текст: непосредственный.
21. *Пертен, Ю. А.* Конвейерные системы: справочник / Ю. А. Пертен. Санкт-Петербург: Профессионал, 2008. Ч. 2. 507 с. Текст: непосредственный.
22. *Пертен, Ю. А.* Конвейеры / Ю. А. Пертен. Ленинград: Машиностроение, 1987. 368 с. Текст: непосредственный.
23. *Правила* устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов: ПБ 10-382-00. Санкт-Петербург: ДЕАН, 2001. 272 с. Текст: непосредственный.

24. *Подъемно-транспортные машины*. Атлас конструкций: учебное пособие для вузов / М. П. Александров, Д. Н. Решетов, Б. А. Байков [и др.]; под ред. М. П. Александрова, Д. Н. Решетова. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1987. 121 с. Текст: непосредственный.

25. *Подъемно-транспортные машины: лабораторный практикум* / сост. В. И. Алейник, В. В. Тихомиров. Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2015. 11 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/58538.html>. Текст: электронный.

26. *Руденко, Н. Ф.* Курсовое проектирование грузоподъемных машин / Н. Ф. Руденко, М. П. Александров, А. Г. Лысяков. Москва: Машиностроение, 1971. 463 с. Текст: непосредственный.

27. *Соколова, Е. М.* Электрическое и электромеханическое оборудование. Общепромышленные механизмы и бытовая техника / Е. М. Соколова. 8-е изд., стер. Москва: Академия, 2013. 223 с. Текст: непосредственный.

28. *Спиваковский, Л. О.* Транспортирующие машины / Л. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. Москва: Машиностроение, 1968. 503 с. Текст: непосредственный.

29. *Тарнопольский, А. В.* Проектирование ленточного конвейера / А. В. Тарнопольский. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2009. 160 с. Текст: непосредственный.

30. *Технологичность* конструкции изделия: справочник / Ю. Д. Амиров, Т. К. Алферова, П. Н. Волков [и др.]; под ред. Ю. Д. Амирова. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1990. 768 с. Текст: непосредственный.

31. *Транспортные* и погрузочно-разгрузочные средства / Ю. Ф. Ключин, И. И. Павлов, В. С. Рекошев [и др.]; под ред. Ю. Ф. Ключина. 2-е изд., стер. Москва: Академия, 2014. 334 с. Текст: непосредственный.

32. *Устинов Ю. Ф.* Машины непрерывного транспорта: лабораторный практикум / Ю. Ф. Устинов, Ю. И. Калинин, Н. М. Волков. Воронеж: Из-во Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2006. 2-е изд., перераб. и доп. 125 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/72921.html>. Текст: электронный.

33. *Финкель, А. Ф.* Технологическое оборудование металлургических заводов / А. Ф. Финкель, П. П. Ипатов. Москва: Металлургия, 1975. 335 с. Текст: непосредственный.

34. *Холодили́н, А. Н.* Расчет конвейеров / А. Н. Холодили́н. Оренбург: Изд-во Оренбург. гос. ун-та, 2017. 126 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/71320.html>. Текст: электронный.

35. *Цейтлин, Л. С.* Электропривод, электрооборудование и основы управления / Л. С. Цейтлин. Москва: Высшая школа, 1985. 192 с. Текст: непосредственный.

36. *Шахмейстер, Л. Г.* Теория и расчет ленточных конвейеров / Л. Г. Шахмейстер, В. Г. Дмитриев. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1987. 335 с. Текст: непосредственный.

37. *Шестопалов, К. К.* Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование / К. К. Шестопалов. 8-е изд., стер. Москва: Академия, 2014. 318 с. Текст: непосредственный.

## **Пример оформления титульного листа курсового проекта**

Министерство просвещения Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения  
в машиностроении и металлургии

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА**

Пояснительная записка к курсовому проекту по дисциплине  
«Машины непрерывного транспорта»

Задание 3, вариант 19

Выполнил:

студент гр. ЗПМ-502

И. П. Пушкин

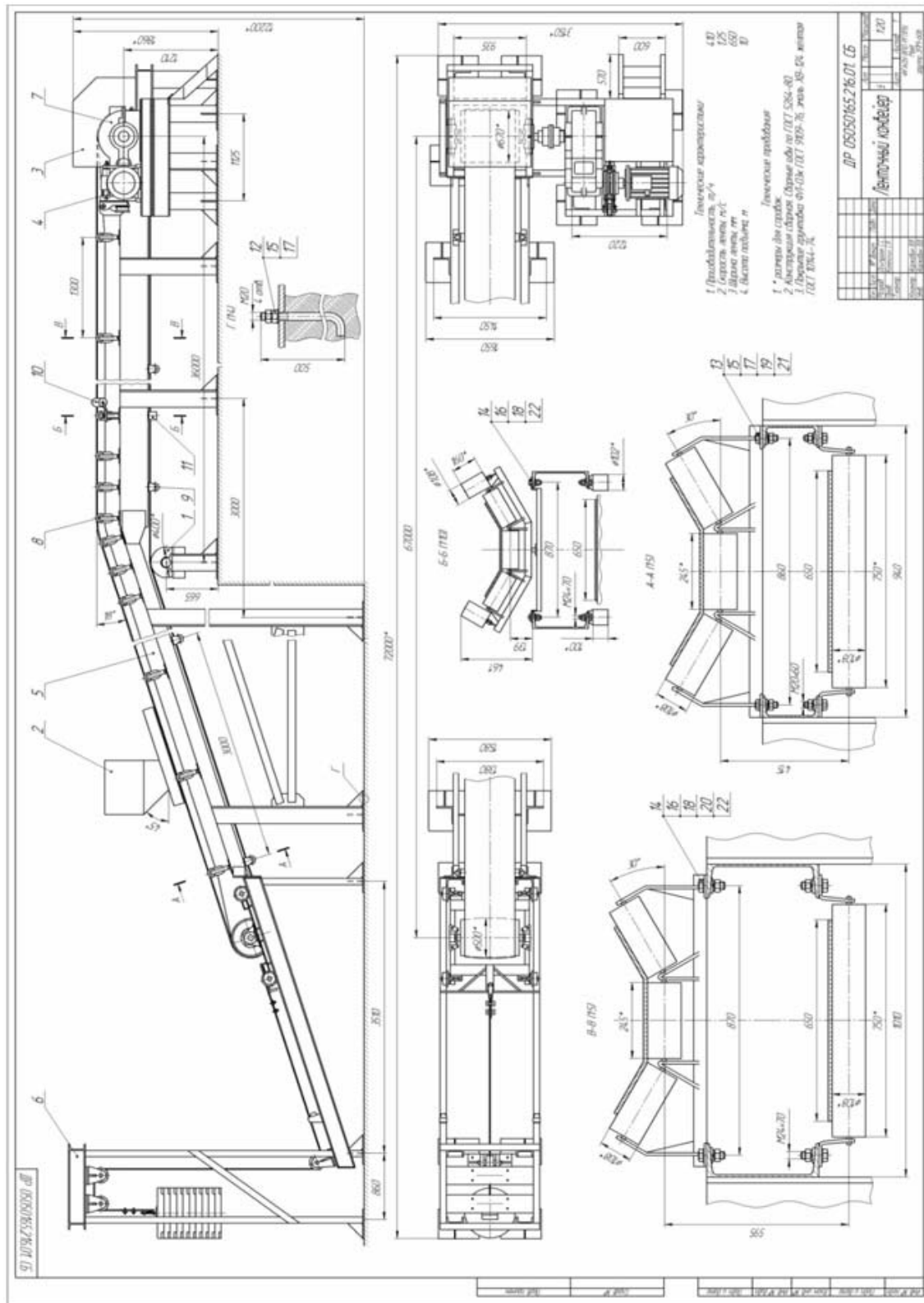
Руководитель:

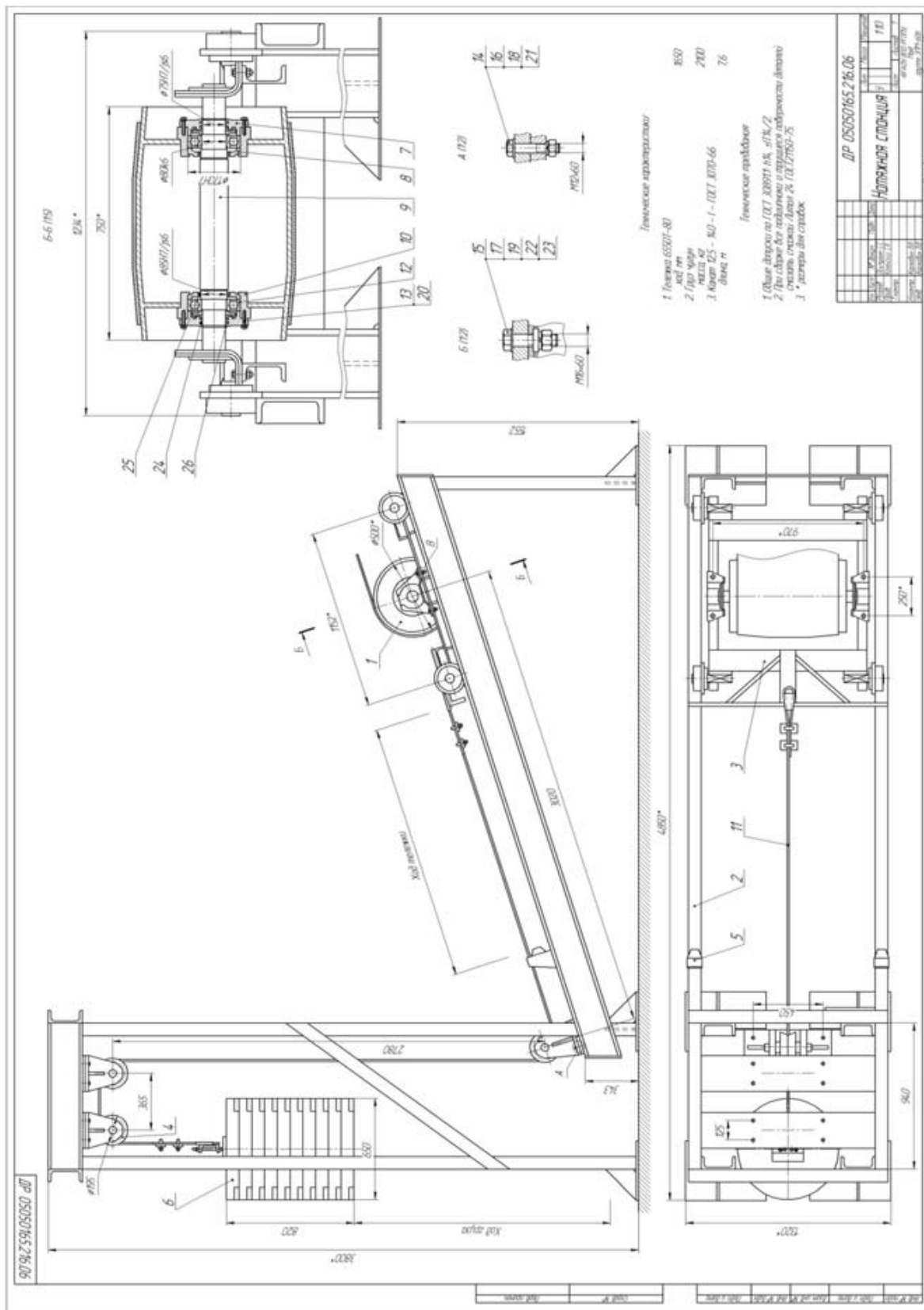
доцент кафедры ИММ

С. Ф. Каменских

Екатеринбург 2020

## Пример оформления чертежей курсового проекта









### Характеристика некоторых насыпных грузов

Груз	Насыпная плотность $\rho$ , т/м <sup>3</sup>	Угол естественного откоса в покое $\varphi$	Коэффициент трения в состоянии покоя		Группа абразивности
			по стали	по резине	
Опилки древесные сухие	0,16...0,32	40...45°	0,8	0,65	A
Торф кусковой сухой	0,33...0,4	32...45	0,6	0,7	A
Пшеница, ячмень, рожь	0,6...0,8	30...35	0,6	0,7	A
Овес	0,5...0,6	28...35	0,58	0,65	A
Мука пшеничная	0,4...0,7	50...55	0,6...0,7	0,75	A
Зола сухая	0,4...0,729	40...50	0,65	0,75	D
Картофель	0,6...0,8	30...40	0,51	0,58	A
Цемент	1,0...1,8	30...40	0,65	0,64	C
Земля грунтовая сухая	1,1...1,6	30...40	0,8	0,82	C
Гипс порошкообразный	1,2...1,4	30...40	0,78	0,61	B
Песок сухой	1,4...1,65	30...45	0,32...0,7	0,46	C
Глина сухая	0,7...1,5	40...50	0,75	0,8	B
Гравий рядовой	1,5...2,0	30...45	0,8	0,9	B
Уголь каменный кусковой	0,6...0,8	35...40	0,42...0,6	0,55	B
Шлак каменноугольный	0,6...1,0	35...50	0,7	0,6	C
Земля формовочная	0,8...1,3	30...45	0,7	0,6	C
Кокс среднекусковой	0,48...0,53	30...35	0,84	0,8	D
Известняк мелкокусковой	1,47...2,2	30...45	0,6	0,7	B
Щебень сухой	1,2...1,8	35...45	0,74	0,6	D
Агломерат железной руды	1,7...2,0	45	0,8...1,0	0,9	D
Руда железная, мелко- и среднекусовая	2,1...3,5	30...50	1,2	1,0	D

### Характеристика конвейеров с различной шириной ленты

Ши- рина ленты В, мм	Ско- рость движе- ния ленты $v$ , м/с	Лента			Диаметр барабанов $D$ , мм		Диа- метр роли- ков $d_p$ , мм	Мощ- ность на бараба- не $N_6$ , кВт
		Разрывная прочность по ширине, до Н/см		Число про- кладок $i$				
		ленты $k_2$	про- кладки $\sigma_{\text{л}}$		при- водных	непри- водных		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
400	0,4; 0,5; 0,63; 0,8	50... 200	50... 100	1...4	160; 200; 250; 315	160; 200; 250; 315	63; 89; 108	0,4...16
				1...2	400; 500	400; 500		
500	1; 1,25; 1,6; 2	50... 315		1...5	160	160		0,4...25
				1...3	200	200		
650	0,5; 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5	50... 400		1...3	315; 400	315; 400		0,63...50
				3; 4	500; 630	500; 630		
800	0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4	100... 1250	50; 100; 150; 200; 300	2...5	200	160	108; 133; 159	1...315
				4; 5	250; 315; 400	200; 250; 315		
				4	500	400		
				4; 5	630; 800	500; 630		
				4	1000	800; 1000		
1000	0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4	100... 1600	50; 100; 150; 200; 300	2...5	200; 250	200; 250	108; 133; 159	315..500
				4; 5	315; 400	315; 400		
				4	500	500		
				4...6	630; 800	630; 800		
				5	1000; 1250	1000; 1250		
1200	0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4	100... 2500	50; 100; 200; 300; 400	2...6	200; 250; 315	200; 250; 315	108; 133; 159	3,5... 1000
				5	400	400		
				4...6	500	500		
				5; 6	630; 800	630; 800		
				6	1000; 1250; 1600	1000; 1250; 1600		

## Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1400	1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4	100... 3150	50; 100; 200; 300; 400; 500	2...6	250; 315	250; 315	159; 194	6,3... 1400
				5; 6	400	400		
				5; 6	500; 630	500; 630		
				5	800; 1000	800; 1000		
				5; 6	1250; 1600; 2000	1250; 1600; 2000		
1600	1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4	200... 4000		4...6	400; 500	315; 400		5,6... 2000
				5; 6	630; 800; 1000	500; 630; 800		
2000	1,6; 2; 2,5; 3,15; 4	200... 4000	50; 100; 200; 300; 400; 500	5; 6	1250	1000; 1250	194	6,3... 2200
				6; 8	1600; 2000	1600; 2000		
(2250)				4...6	400; 500	315; 400	219	9... 2200
2500				5; 6	630; 800	500; 630; 800		1... 2500
(2750)				5; 6	1000; 1250	1000; 1250		12... 3000
3000				6; 8	1600; 2000	1600; 2000		