

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Горные машины»

Н.И. Березовский  
П.В. Цыбуленко  
Е.К. Костюкевич

# ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И ПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальностей

1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)»  
и 1-36 13 01 «Технология и оборудование торфяного производства»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области горнодобывающей промышленности*

Минск  
БНТУ  
2018

УДК 602.5(075.4)

ББК 33.16я7

Б48

**Р е ц е н з е н т ы:**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой  
«Теоретическая механика и теория механизмов и машин» Белорусского  
государственного аграрного технического университета *А.Н. Орда*;  
ведущий инженер Управления торфяной промышленности  
ПО «Белтопгаз» *Д.Б. Джеллилов*

**Березовский, Н.И.**

Б48

Горно-транспортные машины и подъемные механизмы : учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)» и 1-36 13 01 «Технология и оборудование торфяного производства» / Н.И. Березовский, П.В. Цыбуленко, Е.К. Костюкевич. – Минск : БНТУ, 2018. – 36 с.  
ISBN 978-985-550-839-8.

Описаны машины непрерывного транспорта, отражены вопросы устройства различного типа конвейеров, подробно рассмотрен расчет наклонного пластинчатого конвейера.

Пособие адресовано студентам специальностей 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование» и 1-36 13 01 «Технология и оборудование торфяного производства», также может быть полезно аспирантам и научным сотрудникам.

**УДК 602.5(075.4)**

**ББК 33.16я7**

**ISBN 978-985-550-839-8**

© Березовский Н.И., Цыбуленко П.В.,  
Костюкевич Е.К., 2018

© Белорусский национальный  
технический университет, 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	4
<b>Глава 1. Машины непрерывного транспорта</b> .....	5
<b>Глава 2. Основные типы конвейеров</b> .....	7
2.1. Конвейеры ленточные .....	7
2.2. Конвейеры цепные .....	10
2.3. Конвейеры пластинчатые .....	13
<b>Глава 3. Расчет наклонного пластинчатого конвейера</b> .....	18
3.1. Определение основных параметров .....	18
3.2. Выбор типа настила и определение его ширины .....	19
3.3. Приближенный тяговый расчет .....	20
3.4. Подробный тяговый расчет .....	21
3.5. Определение расчетного натяжения тягового элемента .....	23
3.6. Определение мощности и выбор двигателя .....	24
3.7. Расчет и выбор редуктора .....	25
3.8. Выбор тормоза.....	26
3.9. Выбор муфт .....	26
3.10. Расчет приводного вала .....	27
3.11. Расчет оси натяжной станции .....	30
3.12. Расчет натяжного устройства.....	31
3.12.1. Расчет пружины .....	32
3.12.2. Расчет натяжных винтов .....	34
<b>Список рекомендуемой литературы</b> .....	36

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Ликвидация ручного труда при транспортировании, погрузке и разгрузке различных материалов невозможна без использования специальной техники.

Транспортные горные машины обеспечивают внутренние перевозки горного предприятия. При этом основные транспортные машины осуществляют доставку и откатку полезного ископаемого, а вспомогательные – перевозку машин, оборудования, материалов и людей. Одним из прогрессивных видов основного транспорта, применяемого при подземном и открытых способах разработки месторождений полезных ископаемых, является конвейерный транспорт (доставочные забойные и перегрузочные штрековые скребковые конвейеры, доставочные штрековые ленточные конвейеры).

Кроме конвейерного транспорта, при подземном и открытом способах разработки месторождений полезных ископаемых широко применяются самоходные вагоны, локомотивный, скреперный и автомобильный виды основного транспорта.

Грузоподъемные машины и механизмы используются для подъема и перемещения различных машин и оборудования, монтажа и демонтажа технологических рабочих и транспортных горных машин, инженерных сооружений. Грузоподъемные машины и подъемные механизмы подразделяются на краны, подъемники и вспомогательные машины и механизмы (домкраты, полиспасты, тали, тельферы и лебедки).

В пособии описаны машины непрерывного транспорта, отражены вопросы устройства различного типа конвейеров и подробно рассмотрен расчет наклонного пластинчатого конвейера

## 1. МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА

К машинам непрерывного транспорта относятся конвейеры, погрузочные машины непрерывного действия, средства транспорта в несущей среде (пневно- и гидротранспорт).

*Конвейер* – машина непрерывного действия для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов. Конвейеры наиболее целесообразно классифицировать по принципу действия и конструктивным признакам, типу тягового и грузонесущего органа, роду перемещаемого груза, назначению и областям применения.

*Основной классификационный признак конвейера* – тип тягового и грузонесущего органов. Различают конвейеры с ленточным, цепным, канатным и другими тяговыми органами и конвейеры без тягового органа (винтовые, инерционные, вибрационные, роликовые). По типу грузонесущего органа конвейеры могут быть: ленточные, пластинчатые, скребковые, подвесные грузонесущие, толкающие, тележечные, ковшовые и люлечные, а также винтовые, инерционные, вибрационные, роликовые.

*По принципу действия* конвейеры делятся на несущие и скребковые. Несущие конвейеры перемещают груз на (или в) своих элементах, а в скребковых конвейерах его перемещают по дну желоба. К несущим можно отнести ленточные, пластинчатые, ковшовые, люлечные, полочные и другие.

*По конструктивному признаку* их можно разделить на конвейеры с гибким тяговым органом и без такового. К конвейерам с гибким тяговым органом относятся ленточные, пластинчатые, тележечные, скребковые, люлечные и другие. Без гибкого органа – винтовые, роликовые, инерционные и им подобные.

*По виду гибкого тягового органа* выделяют конвейеры с тяговым органом в виде ленты, цепи и канатов.

Они могут быть предназначены для насыпных, штучных грузов и пассажиров; могут быть транспортными и технологическими: первые для транспортирования грузов от пункта погрузки к пункту разгрузки, а технологические – для перемещения материалов вдоль технологической линии.

При погрузочно-разгрузочных работах используются соответствующие машины. Это могут быть подвижные и переносные устройства – различные конвейеры и погрузчики. Последние отличаются от конвейеров наличием грузосборного органа.

*При выборе транспортирующих машин* необходимо учитывать:

физические и химические свойства транспортируемого материала (крупность кусков, сыпучесть, хрупкость, плотность, угол естественного откоса, однородность и тому подобное);

необходимую производительность;

длину и направление пути перемещения;

технологический процесс;

способы загрузки и разгрузки;

экономические показатели.

*Грузы* делятся на *штучные и насыпные*. Характеристикой штучных грузов является масса, размер, форма, хрупкость, взрывоопасность и пожароопасность. Основными характеристиками насыпных грузов являются форма и размер частиц, плотность  $\rho$  и угол естественного откоса  $\varphi$ , абразивность, предельный угол подъема груза на гладкой ленте, максимальная скорость транспортирования.

Насыпной груз по размеру частиц разделяют на крупнокусковой (размер куска более 160 мм), кусковой (10–160 мм), зернистый (0,5–10 мм), порошкообразный (0,05–0,5 мм), пылевидный (менее 0,05 мм).

Угол естественного откоса  $\varphi$  – угол между боковой поверхностью свободно насыпанного материала и горизонтальной плоскостью. При движении материала угол естественного откоса уменьшается за счет вибрации.

По абразивности насыпной груз делят на четыре группы: А – неабразивный, В – малоабразивный, С – среднеабразивный, D – высокоабразивный.

Учитываются также липкость, смерзаемость, коррозионная активность и другие факторы.

## 2. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ КОНВЕЙЕРОВ

### 2.1. Конвейеры ленточные

Ленточный конвейер – наиболее распространенная машина непрерывного транспорта, несущим и тяговым органом которого является гибкая лента (рис. 2.1).

Длина ленточного конвейера во многом зависит от прочности ленты. Обычно это 25–150 м при одном приводном барабане и резиноканевой ленте. Производительность конвейера зависит от ширины ленты, скорости движения, типа груза и колеблется в достаточно широких пределах (от единиц до сотен тонн в час).

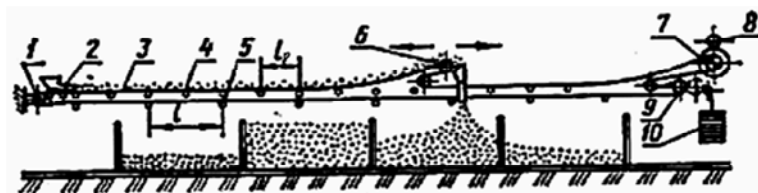


Рис. 2.1. Ленточный конвейер:

- 1 – барабан окончный; 2 – лоток загрузочный; 3 – лента; 4 – роликовая опора рабочей ветви; 5 – роликовая опора нерабочей ветви;
- 6 – разгрузочное устройство; 7 – барабан приводной; 8 – привод;
- 9 – устройство натяжное; 10 – груз.

Для механизации погрузочно-разгрузочных работ и оснащения технологических линий могут применяться серийно выпускаемые стандартизированные, конвейеры: например, ГОСТ 2103-78 (передвижные) или ГОСТ 22644-77 (общего назначения), но значительно чаще изготавливаемые по индивидуальным проектам – как нестандартное оборудование.

В ленточных конвейерах *ленты* – это тяговый элемент; они используются для размещения на них транспортируемого груза. Естественно, что поверхность ленты не должна повреждаться перемещаемым грузом. Основным типом конвейерной ленты является резиноканевая лента.

Такая лента состоит из нескольких слоев тканевых прокладок, соединенных между собой слоями резины и покрытых со всех сторон резиновыми же обкладками, предохраняющими ее от механических повреждений, воздействия влаги, химического воздействия и т. п. Имеются также ленты, армированные внутри продольными тросами. Ленты общего назначения применяют при температуре груза до 65 °С, а с покрытием из термостойкой резины – до 100 °С. Наиболее распространены резинотканевые ленты благодаря широкому прочностному диапазону из-за различного числа прокладок и большой гибкости. Серьезный недостаток резинотканевых лент – большое удлинение (до 3–4 %). Резинотросовые ленты, имеющие значительно меньшие удлинения и выдерживающие большие натяжения, применяются на конвейерах большой протяженности (1 и более км) – например, магистральных.

Ленточный конвейер перемещает груз как по горизонтали, так и по наклонной плоскости, причем угол наклона  $\beta$  не должен превышать  $\frac{2}{3}$  от угла естественного откоса материала.

Промышленность выпускает плоские резиновые ленты шириной от 0,1 до 3,0 м, с числом прокладок  $z$  от 3 до 12. Коэффициент запаса прочности ленты берется в зависимости от угла подъема от 9–10 до 11–12. Прочность резинотканевой ленты на разрыв зависит от ее устройства – количества прокладок, их материала, ширины и толщины, толщины и материала обкладок. Так, прокладки из хлопчатобумажной ткани («бельтинг») имеют предел прочности на разрыв 55 Н/мм. Это наименее прочные прокладки. Ленты с такими прокладками имеют марку БКНЛ-65.

Промышленность выпускает резинотканевые ленты БКНЛ-100, БКНЛ-150 с прокладками из лавсано-хлопчатобумажных тканей и ленты ТА (ТК)-100, ТК-200, ТЛК-200, ТА-300, ТА (ТК)-400 с прокладками из капроновых и других синтетических тканей. Цифры в обозначении характеризуют предел прочности прокладки на разрыв (Н/мм).



Ширину ленты определяют из условия оптимального заполнения ленты грузом и в зависимости от необходимой производительности.

В местах изменения направления движения ленты устанавливают *барабаны* – оконечные, приводные, натяжные, промежуточные и т. п. Барабаны изготавливают литыми из чугуна или сварными из стали.

Приводные барабаны, а иногда и остальные, имеют для центрирования ленты небольшую стрелу выпуклости, составляющую приблизительно 0,5 % длины барабана, или около 1–3 мм. Довольно часто для лучшего сцепления приводного барабана с лентой его поверхность покрывают резиной – футеруют.

Диаметр барабана зависит от толщины ленты, то есть от числа прокладок. При использовании прорезиненной ленты с прокладками из хлопчатобумажной или смесовой ткани диаметр барабана  $D_{\delta} = (125 - 150) z$ ;

для ленты с прокладками из синтетической ткани –  $D_{\delta} = (160 - 180) z$ ;

для стальной ленты –  $D_{\delta} = (600 - 800) \delta$ ,

где  $\delta$  – толщина ленты, мм.

Для лент с канатной (тросовой) основой  $D_{\delta} = 500 d_k$ ,

где  $d_k$  – диаметр каната, мм.

Полученные значения округляют до ближайшего стандартного, которое по ГОСТ 22664 – 77 составляет: 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1400, 1600, 2000, 2500 мм.

Диаметр натяжного барабана обычно составляет две трети от диаметра приводного ( $D_n = 2/3 D_{\delta}$ ).

**Приводное устройство**, или привод ленточного конвейера, состоит из приводного барабана и механизмов, передающих движение от силовой установки к барабану. Лента приводится в движение за счет трения между лентой и барабаном. Обычно в привод входит промежуточный редуктор, передаточное отношение которого определяется как отношение частоты вращения двигателя к частоте вращения барабана ( $n / n_{\delta}$ ).

На длинных и тяжелогрузных конвейерах значительно возрастают линейные и местные сопротивления, и для их преодоления необходимо очень большое максимальное натяжение тягового элемента. В этих случаях используется так называемый многобарабанный привод, когда на одну ленту работают два и более барабана. Привод вместе с рамой, на которой он закреплен, называется приводной станцией.

**Натяжное устройство** (натяжная станция) служит для обеспечения сцепления ленты с приводным барабаном и устранения ее провисания между роликами. Натяжные системы бывают механическими или грузовыми.

## 2.2. Конвейеры цепные

*Цепные конвейеры* предназначены для транспортирования сыпучих и штучных грузов. Тяговым элементом служат цепи, грузонесущим – настилы, ковши, лотки, полки и т. п.

Наличие цепей в качестве тягового элемента ограничивает скорость их (обычно  $v < 1,0$  м/с), но позволяет иметь большую длину транспортирования при значительной производительности.

*Основными преимуществами* цепных конвейеров по сравнению с ленточными являются возможность перемещения горячих (пластинчатые и скребковые конвейеры), пылящих (скребковые конвейеры), крупнокусковых (пластинчатые и ковшовые конвейеры) грузов при больших углах наклона трассы или даже в вертикальном направлении, а также работа в более тяжелых условиях.

По виду рабочих и грузонесущих органов цепные конвейеры подразделяют на пластинчатые, скребковые, люлечные, полочные, ковшовые и подвесные конвейеры.

Под понятием *скребковые конвейеры* подразумевается группа машин непрерывного действия с тяговым элементом, отличительным признаком которых является рабочий орган, выполненный в виде скребка. Скребковые конвейеры обычно

классифицируют по этому признаку и с его учетом подразделяют на конвейеры:

*со сплошными высокими скребками* (высота скребка приблизительно равна высоте желоба, в котором перемещается груз);

*с погруженными скребками.*

К конвейерам с погруженными скребками относят конвейеры со сплошными низкими скребками, контурными скребками, трубчатые.

Область применения скребковых конвейеров очень широка: их используют на предприятиях пищевой и зерноперерабатывающей промышленности, в угольных шахтах, химической промышленности для транспортирования сыпучих и кусковых грузов. Возможность изготовления герметичного желоба позволяет применять их для транспортирования пылящих и горячих грузов.

К *достоинствам* скребковых конвейеров относят простоту конструкции, герметичность желобов, возможность загрузки и выгрузки в любой точке горизонтального или наклонного участка трассы.

*Недостатками* являются сравнительно быстрый износ шарниров цепи и желоба, повышенная мощность привода вследствие трения груза и скребков о желоб, истирание частиц транспортируемого груза.

### ***Конвейеры со сплошными высокими скребками***

Конвейеры со сплошными высокими скребками (рис. 2.2, *a*) состоят из тягового элемента 2 с прикрепленными к нему скребками 3. Груз, подаваемый в желоб 7, захватывается скребками и перемещается к разгрузочным устройствам 6 (их может быть несколько, если необходима разгрузка в промежуточных точках). Тяговый элемент перемещается на ходовых роликах по направляющим шинам 4 и огибает приводные и натяжные звездочки.

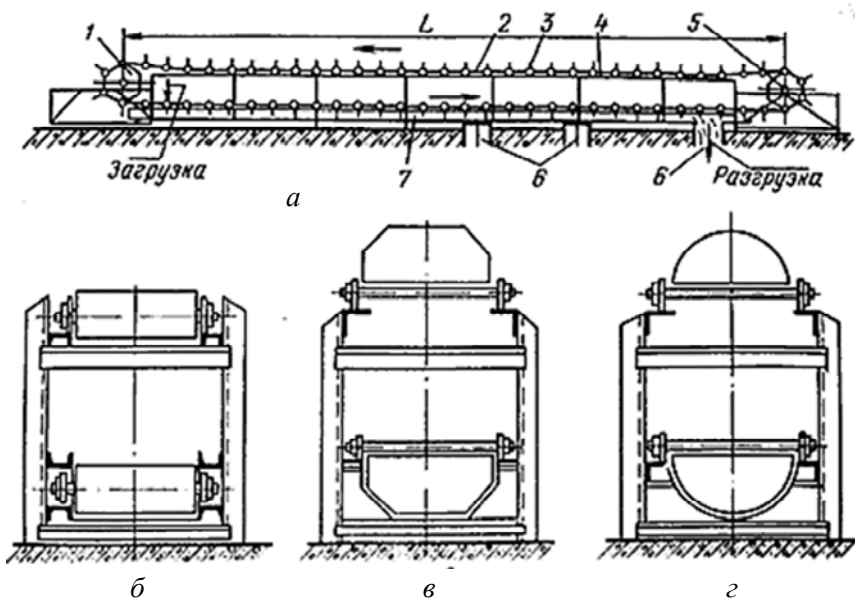


Рис. 2.2. Конвейер с высокими сплошными скребками:  
*а* – общий вид: 1 – натяжное устройство; 2 – тяговый элемент;  
 3 – скребок; 4 – направляющая шина; 5 – приводное устройство;  
 б – разгрузочные устройства; 7 – желоб; б – разрез конвейера  
 со скребками прямоугольной формы; в – то же, трапецидальной формы;  
 г – то же, полукруглой формы.

Рабочей является нижняя ветвь тягового элемента. Однако в зависимости от схемы и назначения конвейера рабочей могут быть и верхняя ветвь тягового элемента или сразу обе ветви.

Скребок конвейера с высокими скребками может перемещать груз в горизонтальном, наклонном, наклонно-горизонтальном и горизонтально-наклонном направлениях. Угол наклона обычно не превышает  $35^\circ$ .

Основное отличие рассматриваемых конвейеров от скребок других типов – это размеры и форма скребка. Она может быть прямоугольной (рис. 2.2, б), трапецидальной (рис. 2.2, в) и полукруглой (рис. 2.2, г). Тяговым элементом обычно служат пластинчатые катковые цепи (ГОСТ 588–81).

Желоб сварной или штампованный, из листовой стали толщиной 4–5 мм. В поперечном сечении он повторяет форму скребка, причем зазоры между скребками и желобом не превышают 3–5 мм. Для натяжения тягового элемента используют винтовые или пружинно-винтовые устройства.

### 2.3. Конвейеры пластинчатые

Для транспортирования различных насыпных и штучных грузов в горизонтальном и наклонном направлениях применяют пластинчатый конвейер.

Горизонтальный пластинчатый конвейер (рис. 2.3) состоит из двух тяговых пластинчатых цепей 2, к которым крепят металлические пластины 3 настила, снабженные бортами. Цепи с закрепленным на них настилом снабжены ходовыми катками 4, которые перемещаются по продольным направляющим шинам 5. Они опираются на станину 6 и жестко с ней связаны. На концах станины закреплены приводные звездочки 1, соединенные муфтами с редуктором 11 и электродвигателем 12, и натяжные звездочки 5 с винтовым натяжным устройством 9. Конвейер загружают через воронку 7, а разгружают через концевую звездочку и воронку 10.

Тяговым элементом конвейера является одна или две цепи, грузонесущим – жесткий металлический или реже деревянный, пластмассовый, резинотканевый настил (полотно), состоящий из отдельных пластин (поэтому конвейер называется пластинчатым), движущийся по направляющим путям. Действие динамических нагрузок на тяговые цепи ограничивает скорость их движения обычно до 1,25 м/с, однако при использовании цепи конвейер может иметь увеличенную длину при больших линейных нагрузках как с одним, так и с несколькими приводами; крутые перегибы по сравнительно небольшому радиусам с повышенным углом наклона.

В таблице представлены типы пластинчатого конвейера и области их применения.

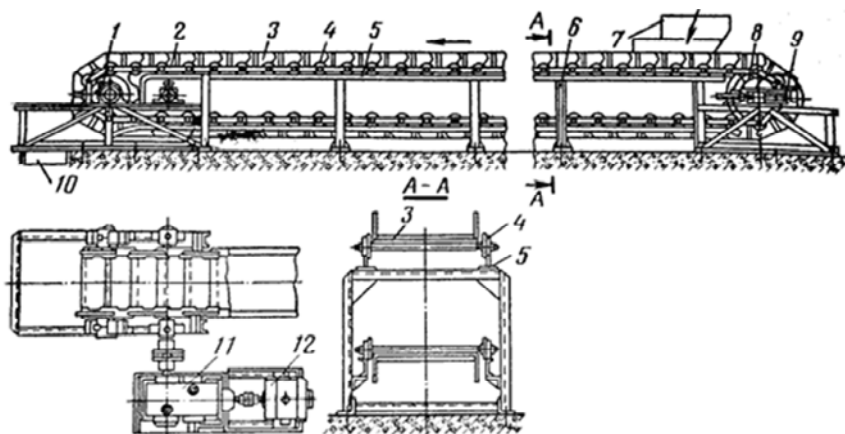


Рис. 2.3. Пластинчатый конвейер:

1 – приводная звездочка; 2 – цепь; 3 – пластина; 4 – каток;  
 5 – направляющая шина; 5 – станина; 7 – загрузочная воронка;  
 8 – натяжная звездочка; 9 – натяжное устройство; 10 – разгрузочная  
 воронка; 11 – редуктор; 12 – электродвигатель

Таблица

### Области использования пластинчатых конвейеров

Обозначение типа конвейера	Тип конвейера	Область применения
ПР	Плоский разомкнутый	Для транспортирования штучных грузов
ПС	Плоский сомкнутый	Для транспортирования штучных и насыпных (кусковых) грузов
В	Безбортовой волнистый	
БВ	Бортовой волнистый	Для транспортирования насыпных и штучных грузов
КМ	Коробчатый мелкий	Для транспортирования насыпных грузов
КГ	Коробчатый глубокий	

По конструкции настила, тяговой цепи и расположению трассы различают пластинчатые вертикально замкнутые конвейеры общего назначения (основной тип) и изгибающиеся конвейеры с пространственной трассой (рис. 2.4).

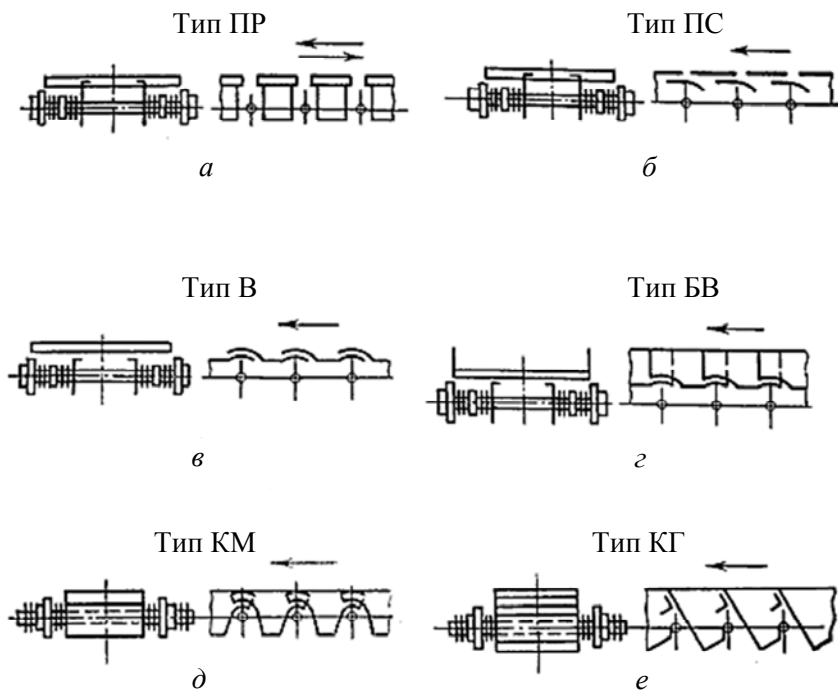


Рис. 2.4. Основные типы пластинчатых конвейеров:  
*a* – плоский разомкнутый; *б* – плоский сомкнутый;  
*в* – безбортовой волнистый; *г* – бортовой волнистый;  
*д* – коробчатый мелкий; *е* – коробчатый глубокий.

Тяговым элементом пластинчатых конвейеров являются, как правило, две пластинчатые катковые цепи. Катки, служащие ходовыми опорными устройствами для цепи и настила, устанавливают на подшипниках скольжения или качения. Катки могут быть гладкими, с одной или двумя ребрами в зависимости от типа направляющих шин.

Направляющие шины – в зависимости от величины нагрузок – изготавливают из уголков, швеллеров, рельс. Конструкция звездочек или блоков определяется видом тягового элемента.

Конвейеры каждого типа могут быть:

1) с ходовой частью с катками

2) с ходовой частью без катков; катки (опорные ролики) являются элементом конструкции.

К специальным пластинчатым конвейерам относят различные машины для транспортирования и охлаждения жидкого металла, эскалаторы, пассажирские конвейеры и конвейеры с настилом сложного профиля.

Известны пластинчатые конвейеры фирмы Беумер (ФРГ), у которых тяговым элементом служит резинотросовая лента; к ленте через специальные привулканизированные подкладки крепится коробчатый настил. На рабочей ветви лента с настилом опирается на прямые роликоопоры, а обратная ветвь движется по рельсам на катках, прикрепленных к стенкам настила. Применение ленты позволяет увеличить скорость конвейера, снизить массу и износ ходовой части, повысить плавность движения. Недостатки такой конструкции – сложность ходовой части и повышенное рабочее натяжение из-за применения фрикционного привода.

Пластинчатые конвейеры применяют для транспортирования в горизонтальном и наклонном направлениях различных насыпных и штучных грузов в металлургической, химической, угольной, энергетической, машиностроительной и многих других отраслях промышленности, а также для перемещения изделий от одного рабочего места к другому по технологическому процессу при поточном производстве. Часто на пластинчатом конвейере одновременно с транспортированием грузы-изделия подвергаются технологическим операциям – закалке, отпуску, охлаждению, мойке, окраске, сборке, контролю и т. п. На пластинчатых конвейерах, в отличие от ленточных, перемещают более тяжелые крупнокусковые, абразивные (руда, камень и т. п.), а также горячие (поковки, отливки и т. п.) грузы.



*Преимущества пластинчатых конвейеров* – в возможности транспортирования тяжелых крупнокусковых и горячих грузов при больших производительности (до 2 000 м<sup>3</sup>/ч и более) и длине перемещения (известны установки длиной до 2 км), включая крутонаклонные участки (с углом наклона до 60°) вследствие высокой прочности тяговых цепей и возможности применения промежуточных приводов; спокойный и бесшумный ход; возможность непосредственной загрузки (самопитания) из бункеров без применения питателей, широкое разнообразие, трасс перемещения грузов (рис. 2.5) с более крутыми, по сравнению с ленточными конвейерами, наклонами (до 35–60°) и меньшими радиусами переходов (5–8 м) с одного направления на другое. К недостаткам пластинчатых конвейеров относят значительные массы настила и цепей и повышенную их стоимость, усложненную эксплуатацию из-за большого числа шарнирных сочленений деталей цепей.

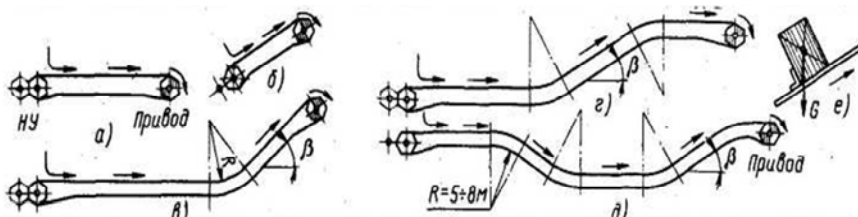


Рис. 2.5. Схемы трасс пластинчатых конвейеров:

а – горизонтальной; б – наклонной; в – горизонтально-наклонной;  
 г и д – сложной комбинированной; е – положение груза на наклонном  
 участке конвейера

Пластинчатые конвейеры классифицируют по конструкции настила, конфигурации трассы и назначению. По назначению различают стационарные и передвижные конвейеры. Последние используют обычно как погрузочные и перегрузочные машины, самоходные и несамоходные.

К недостаткам относят большую массу настила, сложность эксплуатации из-за значительного числа шарниров цепей

и катков и сравнительную дороговизну тягового элемента с настилом. Основные параметры и размеры конвейеров (ширина настила, высота бортов, скорость ходовой части и номинальная производительность) стационарных пластинчатых конвейеров общего назначения установлены ГОСТ 22281-76.

### 3. РАСЧЕТ НАКЛОННОГО ПЛАСТИНЧАТОГО КОНВЕЙЕРА

Приводится пример проекта наклонного пластинчатого конвейера, производительностью 400 т/ч с длиной горизонтальной части 70 метров и высотой 25 метров, предназначенного для транспортировки горелой земли, температура которой 150 °С.

#### 3.1. Определение основных параметров

Определим характеристики транспортируемого груза.

Размер типичного куска горелой земли  $a' = 60$  мм;

насыпная плотность груза  $\rho = 1,25$  т/м<sup>3</sup>;

угол естественного откоса груза в покое  $\alpha_n = 30^\circ$ , а в движении  $\alpha'_n = 0,7 \cdot \alpha_n = 0,7 \cdot 30 = 21^\circ$ ;

коэффициент трения груза по стальному настилу  $f_b = 0,71$ ;

угол трения груза о металлический настил  $\beta' = \arctg f_b = \arctg 0,71 = 35,3^\circ$ .

Для заданных условий выбираем двухцепной конвейер общего назначения с длиннозвенными тяговыми пластинчатыми цепями и звездочками с малым числом зубьев. С учетом этого принимаем скорость конвейера  $\vartheta = 0,25$  м.

Объемная производительность, соответствующая расчетной производительности  $Q = 400$  т/ч, составляет

$$V = \frac{Q}{\rho} = \frac{400}{1,25} = 320 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

### 3.2. Выбор типа настила и определение его ширины

С учетом параметров груза  $a' = 60$  мм и  $\rho = 1,25 \text{ т/м}^3$  выбираем бортовой настил (рис. 3.1).

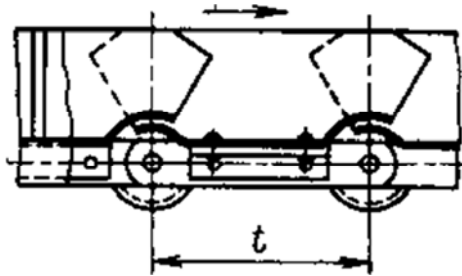


Рис. 3.1. Волнистый бортовой настил.

Определим высоту бортов.

$$h \geq 3 \cdot a' = 3 \cdot 60 = 180 \text{ мм. Принимаем } h = 200 \text{ мм.}$$

Находим требуемую ширину настила.

$$B_H = \sqrt{\frac{Q}{980 \cdot v \cdot \rho \cdot k_B \cdot \text{tg}(0,4 \cdot \alpha_H)} + \left( \frac{2 \cdot h_0 \cdot \psi}{k_B \cdot \text{tg}(0,4 \cdot \alpha_H)} \right)^2} - \frac{2 \cdot h_0 \cdot \psi}{k_B \cdot \text{tg}(0,4 \cdot \varphi)} =$$

$$= \sqrt{\frac{400}{900 \cdot 0,25 \cdot 1,25 \cdot 0,9 \cdot \text{tg}(0,4 \cdot 30)} + \left( \frac{2 \cdot 0,32 \cdot 0,8}{0,95 \cdot \text{tg}(0,4 \cdot 30)} \right)^2} - \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 0,8}{0,9 \cdot \text{tg}(0,4 \cdot 30)} = 0,856 \text{ м,}$$

где  $Q$  – производительность, т/ч;

$v$  – скорость конвейера, м/с;

$\alpha_n$  – угол естественного откоса груза (щебня) в покое;  
 $k_p = 0,9$  – коэффициент угла наклона конвейера [1, с. 247, табл. 6.10];

$h_b$  – высота борта, м;  
 $\psi = 0,65 - 0,8$  – коэффициент использования высоты борта [1, с. 246].

Так как груз мелкокусковой, то проверка настила по гранулометрическому составу груза не требуется.

Из ряда ГОСТ 22281-76 принимаем ближайшее большее значение ширины настила  $B_H = 1000$  мм.

### 3.3. Приближенный тяговый расчет

$$S_{\max} \approx 1,1(S_0 + \omega[(q_\Gamma + q_0)L_B + q_0L_H] + (q_\Gamma + q_0)H),$$

где  $S_0$  – начальное натяжение цепи, Н;

$L_B$  – горизонтальная проекция полной длины загруженной ветви конвейера, м;

$L_H$  – то же для незагруженной ветви конвейера, м;

$q_0$  – линейная нагрузка от ходовой части конвейера, Н/м;

$q_0 = (60B + A)g = (60 \cdot 1 + 100)9,8 = 1568H$  – для металлического настила [1, с. 246].

$A$  – эмпирический коэффициент [2, с. 225, табл. 5.3]

$q_\Gamma$  – линейная нагрузка от насыпного груза, Н;

$$q_\Gamma = \frac{g \cdot Q}{3,6 \cdot v} = \frac{9,8 \cdot 400}{3,6 \cdot 0,25} = 4355,6H,$$

где  $\omega$  – коэффициент сопротивления движению ходовой части прямолинейных участках.

$\omega = 0,03$  – для катков на подшипниках качения [1, с. 247];

$$S_{\max} = 1,1 \cdot (2000 + 0,03 \cdot [(4355,6 + 1568) \cdot 70 + 1568 \cdot 70] + (4355,6 + 1568) \cdot 25) = 18\ 2405\ H.$$

Определим разрывное усилие

$$S_{\text{разр}} = \frac{1,5 \cdot S_{\max}}{2} \cdot n = \frac{1,5 \cdot 18\ 2405}{2} \cdot 8 = 1094\ kH.$$

По найденному усилию выбираем цепь по ГОСТ 588-81 М1250 с максимальной разрушающей нагрузкой 1250 кН, шагом  $t = 250$  мм.

### 3.4. Подробный тяговый расчет

Определяем натяжения в характерных точках трассы. Наименьшее натяжение тягового элемента будет в нижней точке 2 (рис. 3.2).

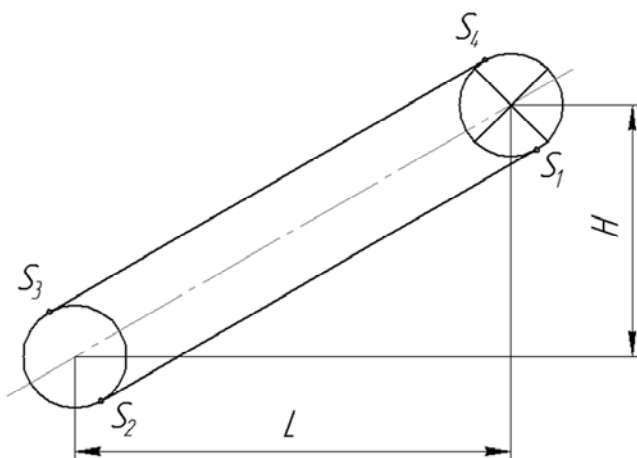


Рис. 3.2. Трасса конвейера

Принимаем натяжение в точке 2  $S_2 = 2000 \text{ Н}$ . При обходе трассы от точки 2 по направлению движения полотна определяем:

$$S_1 = S_2 - W_{1-2} = S_2 - q_o \cdot L_{1-2} \cdot \omega - q_0 \cdot H = \\ = 2000 - 2619,54 \cdot 0,08 \cdot 75 - 2619,51 \cdot 6,6 = 3571,724 \text{ Н};$$

$$S_3 = k \cdot S_2 = 1,03 \cdot 2000 = 2060 \text{ Н};$$

$$S_4 = S_3 + (q_\Gamma + q_0) \cdot L_{3-4} \cdot \omega + (q_\Gamma + q_0) \cdot H = \\ = 2160 + (4768,7 + 2619,54) \cdot 75 \cdot 0,08 + (4768,7 + 2619,54) \cdot 6,6 = \\ = 95\,251,8 \text{ Н}.$$

Значения  $q_\Gamma$  и  $q_0$  выбираются по табл. 3.11 и 6.2 [1] в соответствии с принятыми цепями и настилом.

Так как номер цепи М1250, то масса 1 м цепи для шага цепи  $t_\Gamma = 250 \text{ мм}$  будет равна 61,20 кг.

$$q_\Gamma = 2 \cdot 61,2 \cdot 9,8 = 1199,52 \text{ Н/м}.$$

По ширине настила  $B_\Gamma = 1000 \text{ мм}$  определяем его массу  $m = 178 \text{ кг}$ .

$$q_0 = 178 \cdot 9,8 = 1744,4 \text{ Н/м}.$$

$$q_o = q_\Gamma + q_0 = 1199,52 + 1744,4 = 2943,92 \text{ Н/м}.$$

Расчетное натяжение цепи для двухцепного конвейера:

$$S_{\max} = S_4 = 199\,876,9 \text{ Н}.$$

$$S_p = 0,75 \cdot S_{\max} = 0,75 \cdot 199\,876,9 = 149\,907,7 \text{ Н}.$$

$$S_{\text{разр}} = n \cdot S_p = 8 \cdot 149\,907,7 = 1\,199\,261,9 \text{ Н}.$$

### 3.5. Определение расчетного натяжения тягового элемента

По аналогии с применяемыми конструкциями принимаем тяговый элемент, состоящий из двух параллельно расположенных пластинчатых цепей с шагом  $t = 250 \text{ мм} = 0,25 \text{ м}$ ; приводную звездочку с числом зубьев  $z_0 = 8$ .

При заданной схеме трассы конвейера максимальное натяжение тягового элемента  $S_{\max} = S_{\text{нб}} = S_4 = 199\,876,9 \text{ Н}$ .

Определяем динамическое усилие по формуле (2.88) [3, с. 168].

$$\begin{aligned} S_{\text{дин}} &= 2 \cdot K_{\text{и}} \cdot \left( \frac{\pi \cdot \vartheta}{z_0} \right)^2 \frac{k' \cdot m_{\Gamma} + k'' \cdot m_{\text{Х}}}{t} = \\ &= 2 \cdot 1,5 \cdot \left( \frac{\pi \cdot 0,25}{8} \right)^2 \frac{1 \cdot 31\,111,43 + 0,75 \cdot 42\,056}{0,25} = 7239 \text{ Н}, \end{aligned}$$

где  $K_{\text{и}} = 1,5$  – коэффициент, учитывающий интерференцию упругих волн;

$k'$  – коэффициент участия в колебательном процессе массы перемещаемого груза ( $k' = 1$  при  $\beta \leq 20^\circ$ );

$k''$  – коэффициент участия в колебательном процессе ходовой части конвейера ( $k'' = 0,75$  при общей длине горизонтальных проекций ветвей конвейера  $L = 50 - 120 \text{ м}$ );

$m_{\Gamma}$  – масса груза, находящегося на конвейере, кг;

$m_{\text{Х}}$  – масса ходовой части конвейера, кг;

$z_0$  – число зубьев приводной звездочки;

$t$  – шаг тяговой цепи, м.

$$L = 2 \sum L_{i\Gamma} = 2 \cdot 70 = 140 \text{ м}.$$

$$m_{\Gamma} = \frac{q_{\Gamma} \cdot L}{2} = \frac{4355,6 \cdot 140}{2 \cdot 9,8} = 31111,43 \text{ Н.}$$

$$m_X = q_0 \cdot L = \frac{2943,92 \cdot 140}{9,8} = 42056 \text{ Н.}$$

Ввиду незначительности динамическую нагрузку не учитываем.

Определение расчетного натяжения тягового элемента.

$$S_{\text{разр}} = \frac{1,5 \cdot S_{\max}}{2} n = \frac{1,5 \cdot 199876,9}{2} 8 = 1199261,4 \text{ кН.}$$

Так как разрывная нагрузка меньше, чем у выбранной цепи, то окончательно останавливаемся на М1250.

### 3.6. Определение мощности и выбор двигателя

Тяговое усилие на приводных звездочках

$$\begin{aligned} W_0 &= S_{\text{нб}} - S_{\text{сб}} = S_4 - S_1 + (S_4 + S_1) \cdot (k_2 - 1) = \\ &= 95251,8 - 69415,8 + (199876,9 + 69415,8) \times \\ &\quad \times (1,08 - 1) = 152004,52. \end{aligned}$$

При коэффициенте запаса  $k_3 = 1,15$  и КПД привода  $\eta_0 = 0,9$  мощность двигателя

$$P = \frac{k_3 \cdot W_0 \cdot 9}{1000 \cdot \eta_0} = \frac{1,15 \cdot 152004,52 \cdot 0,25}{1000 \cdot 0,9} = 48,6 \text{ кВт.}$$

По полученному значению мощности выбираем двигатель серии 5A225M4:

$$P = 55 \text{ кВт, } n = 1500 \text{ об/мин.}$$



Определяем крутящий момент на приводном валу

$$T_{\text{дв}} = \frac{9550 \cdot N_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}} = \frac{9550 \cdot 55}{1500} = 350 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

### 3.7. Расчет и выбор редуктора

Определяем частоту вращения приводного вала

$$n_{\text{пр.в}} = \frac{60 \cdot 9 \cdot 1000}{\pi \cdot D_{\text{зв}}} = \frac{60 \cdot 0,25}{\pi \cdot 0,637} = 7,5 \text{ об/мин.}$$

Диаметр звездочки

$$D_{\text{зв}} = \frac{z_0 \cdot t_{\text{ц}}}{\pi} = \frac{8 \cdot 0,25}{3,14} = 0,637 \text{ м}.$$

Определяем передаточное число привода

$$i_{\text{общ}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{пр.в}}} = \frac{1500}{7,5} = 200.$$

Так как передаточное число велико, то требуется дополнительная понижающая передача. В качестве дополнительной передачи применяем открытую одноступенчатую зубчатую передачу. Рекомендуемое передаточное число такой передачи не более 5, следовательно,

$$i_{\text{ред}} = \frac{i_{\text{общ}}}{i_{\text{зуб}}} = \frac{200}{4,84} = 40.$$

Выбираем редуктор Ц2-500 с  $i_{\text{ред}} = 41,34$ ,  $n = 1500$  об/мин.

### 3.8. Выбор тормоза

Тормоз устанавливаем на приводном валу, что в значительной мере уменьшает величину тормозного момента.

Определяем тормозной момент (3.81) [2, с.97]:

$$M_T = M_{ст} + M_{дин} = \frac{M_{зв} \cdot \eta_M}{i} + \left[ \frac{(q + 2q_0)LD_{зв}}{4gi^2} + \frac{GD^2}{4g} + J \right] \frac{9\omega}{2s},$$

где  $M_{зв}$  – момент на приводном валу.

Определим момент звездочки:

$$\begin{aligned} M_{зв} &\approx [q_\Gamma L \sin \beta - (q_\Gamma + 2q_0) L \omega \cos \beta] \frac{D_{зв}}{2} = \\ &= [4355 \cdot 70 \sin 30^\circ - (4355 + 2 \cdot 2943,92) 70 \cdot 0,03 \cos 30^\circ] \frac{0,637}{2} = \\ &= -42621 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

где  $D_{зв}$  – делительный диаметр звездочки.

Так как момент звездочки имеет отрицательное значение, следовательно, тормозной момент также будет отрицателен, значит, необходимо устанавливать храповый останов.

### 3.9. Выбор муфт

Между электродвигателем и редуктором устанавливаем упругую втулочно–пальцевую муфту. Номинальный момент муфты равен крутящему моменту на приводном валу электродвигателя  $T_{дв} = 350 \text{ Нм}$ .

Расчетный момент муфты

$$T_{расч} = 1,2 \cdot T_{дв} = 1,2 \cdot 350 = 420 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Выбираем МУВП 500.

### 3.10. Расчет приводного вала

На рис. 3.3 представлены результаты расчетов изгибающих и крутящих моментов, действующих на приводной вал.

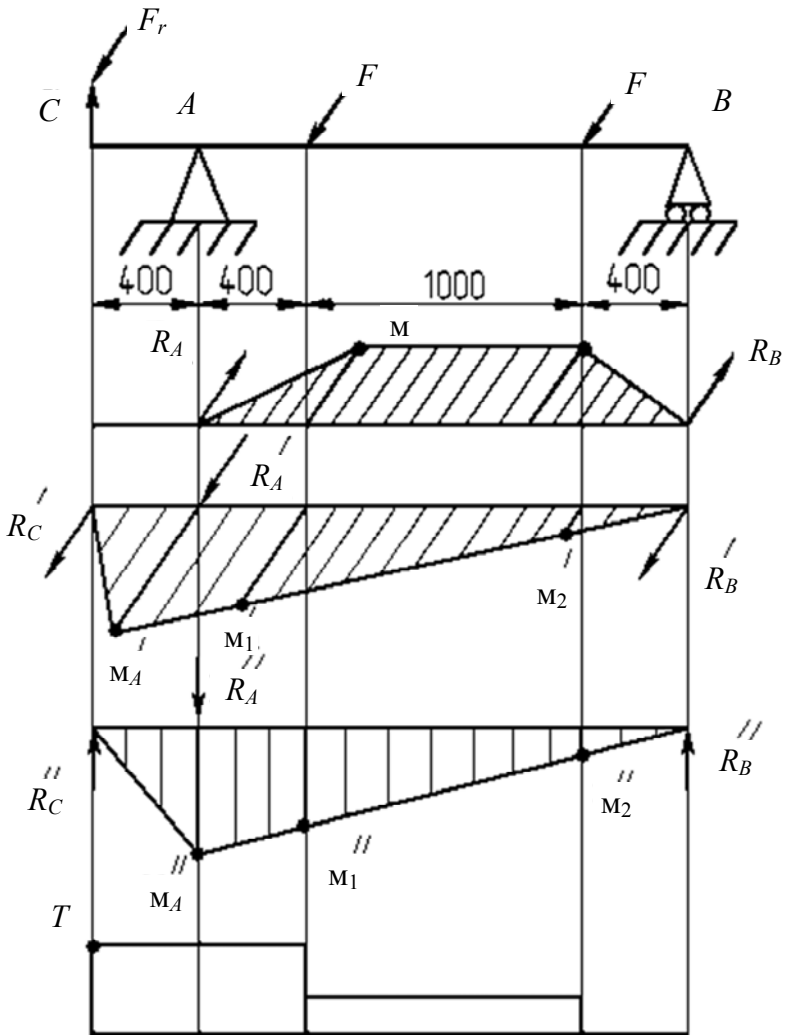


Рис. 3.3. Эпюры моментов, действующих на приводной вал

$$F = (S_1 + S_4) \cdot 0,75 = (69\,415,8 + 199\,876,9) \cdot 0,75 = 201\,969,53 \text{ Н.}$$

Определяем реакции опор:

$$R_A = R_B = F = 201\,969,53 \text{ Н,}$$

$$M = R_A \cdot 0,4 = 201\,969,53 \cdot 0,4 = 80\,787,81 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Действие силы  $F_r$ :

$$R'_B = \frac{F_r \cdot 0,4}{1 + 0,4 + 0,4} = \frac{54\,563 \cdot 0,4}{1,8} = 12\,125 \text{ Н,}$$

$$M'_A = R'_B \cdot 1,8 = 21\,825 \text{ Н} \cdot \text{м,}$$

$$M'_1 = R'_B \cdot 0,4 = 4\,850 \text{ Н} \cdot \text{м,}$$

$$M'_2 = R'_B \cdot 1,4 = 16\,975 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Действие силы  $F_t$ :

$$R''_B = \frac{F_t \cdot 0,4}{1,8} = \frac{94\,450 \cdot 0,4}{1,8} = 21 \text{ кН,}$$

$$M''_A = R''_B \cdot 1,8 = 37,8 \text{ кН} \cdot \text{м,}$$

$$M''_1 = R''_B \cdot 0,4 = 8,4 \text{ кН} \cdot \text{м,}$$

$$M''_2 = R''_B \cdot 1,4 = 29,4 \text{ кН} \cdot \text{м,}$$

$$T = F_t \frac{d_2}{2} = 94\,450 \frac{0,672}{2} = 31\,735 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Определяем диаметры сечений вала.

Материал вала – сталь 40 ХН:  $\sigma_T = 785$  МПа.

$$[\sigma] = \frac{0,8\sigma_T}{n} = \frac{0,8 \cdot 785}{2,8} = 224,3 \text{ МПа.}$$

Опора А:

$$M_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(0+16\,975)^2 + 37\,800^2 + 31\,735^2} = 52\,192 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{52\,192 \cdot 10}{224,3 \cdot 10^6}} = 0,098 \text{ мм.}$$

С учетом ослабления сечения шпоночными пазами увеличиваем диаметр вала на 20 %:

$$d \geq 0,098 \cdot 1,2 = 0,118 \text{ мм.}$$

Звездочка 1:

$$M_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(M - M_A')^2 + M_A'^2 + T^2} = 71,8 \text{ кН}\cdot\text{м,}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\text{ЭКВ}} \cdot 10}{[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{71,8 \cdot 10}{224,3 \cdot 10^6}} = 0,115 \text{ мм.}$$

С учетом ослабления сечения шпоночными пазами увеличиваем диаметр вала на 20 %:

$$d \geq 0,115 \cdot 1,2 = 0,138 \text{ мм.}$$

Звездочка 2:

$$M_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{(M - M_1')^2 + M_A'^2 + T^2} = 60,6 \text{ кН}\cdot\text{м,}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{60,6 \cdot 10}{224,3 \cdot 10^6}} = 0,112 \text{ мм.}$$

С учетом рассчитанных данных конструируем вал, назначая диаметры по нормальному ряду размеров. В целях унификации принимаем диаметры вала в опорах одинаковыми и равными большему: 120 мм. Диаметры вала под звездочками также принимаем одинаковыми и равными 140 мм.

### 3.11. Расчет оси натяжной станции

На рис. 3.4 представлены расчетные данные по изгибающему моменту, действующему на ведомый вал.

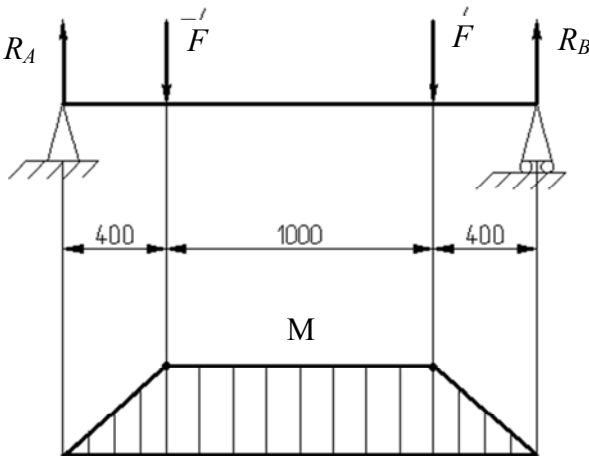


Рис. 3.4. Эпюры избегающего момента на ведомом валу

$$F' = (S_3 + S_2) \cdot 0,75 = (2000 + 2060) \cdot 0,75 = 3045 \text{ Н,}$$

$$R_A = R_B = F' = 3045 \text{ Н.}$$

$$M = R_A \cdot 0,4 = 3045 \cdot 0,4 = 1218 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Материал вала – сталь 40:  $\sigma_T = 315$  МПа.

$$[\sigma] = \frac{0,8\sigma_T}{n} = \frac{0,8 \cdot 315}{2,8} = 90 \text{ МПа.}$$

Определяем диаметр сечения вала под звездочками

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\text{ЭКВ}} \cdot 10}{[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{1218 \cdot 10}{90 \cdot 10^6}} = 0,057 \text{ мм.}$$

С учетом ослабления сечения шпоночным пазом увеличиваем диаметр вала на 10 %:

$$d \geq 0,057 \cdot 1,1 = 0,0627 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр вала под звездочками равный 65 мм.

### 3.12. Расчет натяжного устройства

Выбираем пружинно-винтовое натяжное устройство, так как длина конвейера более 20 метров.

Определение усилия натяжки и хода натяжного устройства.

Усилие натяжки равно

$$P_H = S_5 + S_4 = 2000 + 2060 = 4060 \text{ Н.}$$

Ход натяжного устройства назначаем в соответствии с рекомендациями 1,5 шага цепи

$$L_H = 1,5t_{\text{ц}} = 1,5 \cdot 250 = 375 \text{ мм.}$$

### 3.12.1. Расчет пружины

На рис. 3.5 показана схема натяжного устройства.

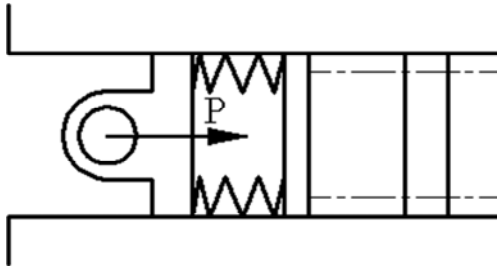


Рис. 3.5. Схема натяжного устройства

Расчетное усилие в одной пружине с учетом равномерного распределения нагрузки:

$$P = \frac{1}{4} P_H \cdot k_3 = \frac{1}{4} \cdot 4060 \cdot 1,2 = 1218 \text{ Н},$$

где  $k_3 = 1,2$  – коэффициент запаса.

Материал пружины сталь 65Г (ГОСТ 1050-85).

Диаметр прутка находим из условия прочности пружины сжатия

$$\tau = K_K \frac{P \cdot D}{2W_P} \leq [\tau]_{\text{КР}},$$

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{K_K \cdot P \cdot c}{[\tau]_{\text{КР}}}} = 1,6 \sqrt{\frac{1,18 \cdot 1218 \cdot 6}{173}} = 12 \text{ мм},$$

где  $K_K \approx \frac{4c+2}{4c-3} = \frac{4 \cdot 6+2}{4 \cdot 6-3} = 1,18$  – коэффициент, зависящий от индекса пружины  $c = \frac{D}{d} = 6$ ;



$D$  – начальный средний диаметр, м;  
 $[\tau]_{\text{КР}}$  – допустимое напряжение кручения для материала проволоки. Па;

$$[\tau]_{\text{КР}} = \frac{\tau_{-1}}{S \cdot K_{\tau}} = \frac{270}{1,3 \cdot 1,2} = 173 \text{ МПа},$$

где  $\tau_{-1}$  – предел выносливости при кручении;  
 $S = 1,3 \dots 1,4$  – коэффициент безопасности;  
 $K_{\tau} = 1,2 \dots 1,4$  – коэффициент концентрации касательных напряжений.

Определяем средний диаметр пружины

$$D = c \cdot d = 6 \cdot 0,012 = 0,072 \text{ м.}$$

Определяем число витков по заданной осадке:

$$i = \frac{\lambda_{\text{РАБ}} \cdot G \cdot d^4}{8D^3 (P_{\text{МАХ}} - P_{\text{МИН}})} = \frac{0,1 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 0,012^4}{8 \cdot 0,072^3 (1218 - 1218 \cdot 0,2)} = 16 \text{ витков.}$$

где  $G$  – модуль сдвига,  
 $\lambda_{\text{РАБ}} = 100 \text{ мм}$  – рабочий ход пружины.

Определяем общее число витков с учетом шлифовки торцов пружины при образовании опорных поверхностей:

$$i_0 = i + 2 = 16 + 2 = 18 \text{ витков.}$$

Длина пружины до соприкосновения витков

$$H = i_0 \cdot d = 18 \cdot 12 = 216 \text{ мм.}$$

Длина пружины в ненагруженном состоянии

$$H_0 = H + 1,2 \frac{8 \cdot P_{MAX} \cdot D^3 \cdot i_0}{G \cdot d^4} = \\ = 0,216 + 1,2 \frac{8 \cdot 1218 \cdot 0,16^3 \cdot 18}{8 \cdot 10^{10} \cdot 0,012^4} = 231 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр пружины

$$D_e = D + d = 72 + 12 = 84 \text{ мм.}$$

Внутренний диаметр пружины

$$D_i = D - d = 72 - 12 = 60 \text{ мм.}$$

Шаг витков

$$S = \frac{H_0}{i_0} = \frac{231}{18} = 12,8 \text{ мм.}$$

### 3.12.2. Расчет натяжных винтов

Определяем диаметр винта из условия, что напряжения, возникающие в материале винта, меньше предельно допустимых для данного материала винта. Материал винта – сталь 40Х.

Винт нагружен осевым сжимающим усилием, следовательно,

$$\sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{СЖ},$$

где  $\sigma$  – напряжения, возникающие в материале винта, Па;

$[\sigma]_{СЖ}$  – предельно допустимые напряжения сжатия, Па.

$$[\sigma]_{\text{СЖ}} = \frac{[\sigma]}{n} = \frac{300}{2,8} = 107 \text{ МПа.}$$

$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$  – площадь поперечного сечения винта по внутреннему диаметру резьбы, Н.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\sigma]_{\text{СЖ}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1218}{3,14 \cdot 107 \cdot 10^6}} = 0,011 \text{ мм.}$$

Принимаем внутренний диаметр резьбы винта равный 12 мм.

## Список рекомендуемой литературы

1. Конвейеры : справочник / Р.А. Волков, А.Н. Гнутов, В.К. Дьячков [и др.] / под общ. ред. Ю.А. Пертена. – Л. : Машиностроение, 1984. – 367 с.
2. Спиваковский, А.О., Дьячков, В.К. Транспортирующие машины : учеб. пособие для машиностроительных вузов / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – 3-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1983. – 487 с.
3. Зенков, Р.Л. Машины непрерывного транспорта : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / Р.Л. Зенков, И.И. Ивашков, Л.Н. Колобов, – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 432 с.
4. Ануриев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя / В.И. Ануриев. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Кн. 2. – М. : Машиностроение, 1986. – 576 с.
5. Горфин, О.С. Машины и оборудование по переработке торфа / О.С. Горфин. – М. : Недра, 1990. – 206 с.
6. Борщев, В.Я. Оборудование для переработки сыпучих материалов / В.Я. Борщев, Ю.И. Гусев, М.А. Промтов. – М. : Машиностроение-1, 2006. – 208 с.
7. Катыльмов, А.В. Дозирование сыпучих материалов / А.В. Катыльмов. – Л. : Химия, 1990. – 240 с.

Учебное издание

**БЕРЕЗОВСКИЙ** Николай Иванович  
**ЦЫБУЛЕНКО** Петр Васильевич  
**КОСТЮКЕВИЧ** Елена Казимировна

## **ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И ПОДЪЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ**

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальностей

1-36 10 01 «Горные машины и оборудование (по направлениям)»  
и 1-36 13 01 «Технология и оборудование торфяного производства»

Редактор *Т. В. Мейкиане*  
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 03.10.2018. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,64. Тираж 100. Заказ 470.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.