

Лекция 4 СКРЕБКОВЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

1. Общая характеристика

Скребковые конвейеры - машины непрерывного действия, предназначенные для транспортирования различных легкосыпучих, пылевидных, зернистых и кусковых грузов в горизонтальном и полого наклонном направлениях. Скребковые конвейеры с погружными скребками применяются для перемещения сыпучих грузов по крутонаклонным вертикальным направлениям. Скребковые конвейеры не рекомендуется применять для перемещения сильно влажных и липких грузов из-за сложной разгрузки, а также абразивных грузов из-за большого износа желоба (рештака), скребков и тяговых цепей.

На обогатительных фабриках скребковые конвейеры применяют в качестве распределительных транспортных средств.

Скребковые конвейеры представляют собой группу транспортных машин, принцип действия которых основан на волочении транспортируемого груза по неподвижному желобу с помощью скребков, прикрепленных к тяговому органу - одной или несколькими цепям. Форма и высота скребков являются основными конструктивными отличиями скребковых конвейеров. Углы наклона скребковых конвейеров общего назначения составляют до 25-30°, а тормозных конвейеров - до 40-45°.

По способу перемещения груза скребковые конвейеры делят на два типа: порционного и сплошного волочения. К первому типу относятся конвейеры со сплошными высокими скребками, высота которых приблизительно равна высоте желоба (рис. 1). Ко второму типу - конвейеры со сплошными низкими (погружными) и контурными скребками, в которых груз перемещается не отдельными порциями, а сплошным слоем, высота которого в несколько раз выше высоты скребков (рис. 2.).

Главный недостаток скребковых конвейеров состоит в несовершенстве

принципа действия, а именно перемещение груза волочением и движение тягового органа скольжением. Вследствие этого возникают большие сопротивления движению, натяжения тягового органа, мощность, расход энергии, износ.

2. Устройство скребковых конвейеров

Скребковые конвейеры включают следующие основные элементы: привод, став, тяговый орган со скребками, натяжное устройство.

Скребковые конвейеры с высокими скребками (рис.1) состоят из неподвижного открытого или закрытого желоба 8, по которому движется замкнутая цепь 2 со скребками 3, огибая приводные 1 и натяжные 5

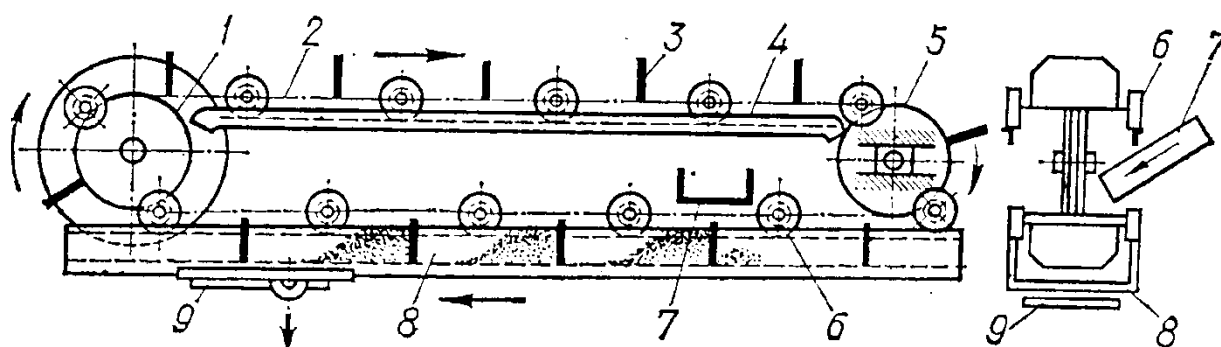


Рисунок 1. Скребковый конвейер порционного волочения:

- 1, 5 - приводные и натяжные звездочки; 2 - тяговая цепь; 3 - скребки;
4 - направляющие; 6 - ролики; 7 - загрузочное устройство;
8 - закрытый желоб; 9 - шибберный затвор

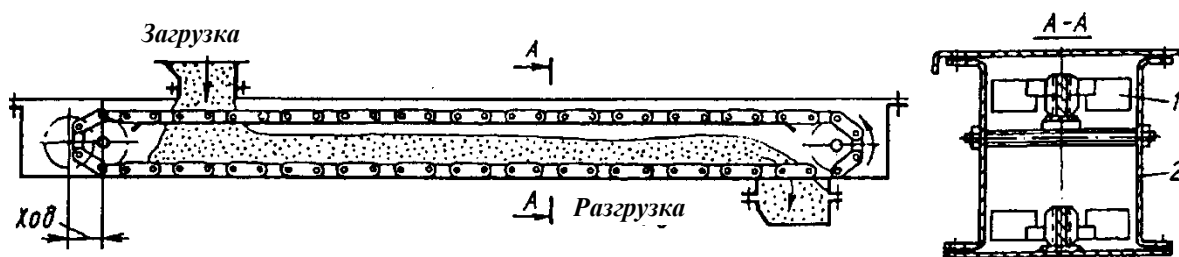


Рисунок 2. Скребковый конвейер со сплошными низкими скребками:

- 1 - скребок; 2 — желоб

звездочки. Ролики 6 цепи катятся по направляющим 4, закрепленным на корпусе конвейера. Приводным звездочкам сообщается движение от привода, состоящего из двигателя, редуктора и соединительных муфт.

Вал натяжных звездочек монтируют на опорах и с помощью винтового устройства перемещают по направляющим. Загрузочным устройством 7 груз засыпается в любом месте по длине конвейера и скребками перемещается по желобу. Разгрузка происходит в конце конвейера или другом месте через выпускные отверстия в днище желоба, которые открываются и закрываются шиберными затворами 9.

Скребок конвейеры изготавливают с цепью, замкнутой в вертикальной или горизонтальной (реже) плоскости.

Формы скребков могут быть прямоугольные, трапециевидные (рис. 3, а, б). Для трубчатых скребок конвейеров скребки могут быть и полукруглые (рис. 3, в).

В указанных конвейерах срезания нижнего слоя груза, равного высоте скребка, не происходит, так как сила сдвига (сила внутреннего трения) частиц груза значительно выше сопротивления трению их о дно и стенки желоба. Из-за трения о боковые стенки желоба происходит некоторое отставание груза от скребков.

При использовании контурных скребков (рис 4.) заметного отставания груза не наблюдается, сопротивление движению уменьшается. В таких конвейерах могут быть круто наклоненные участки.

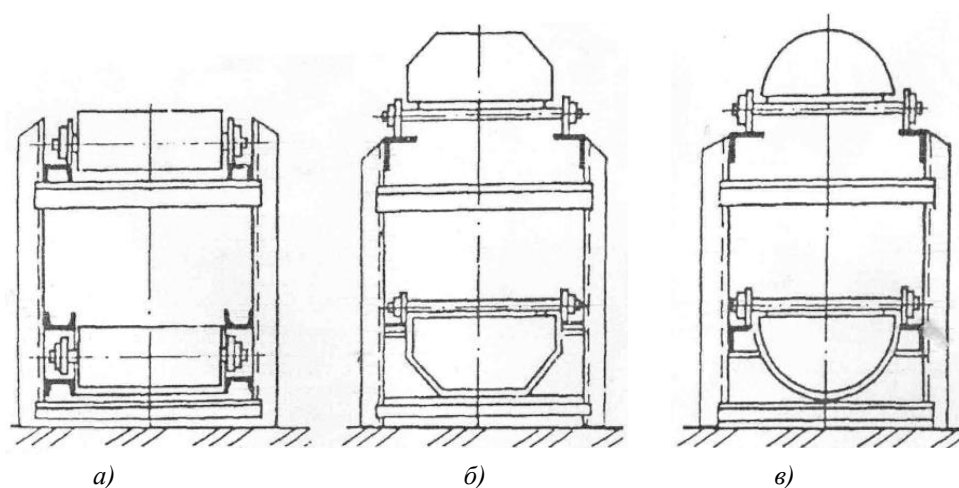


Рис. 3 Поперечное сечение конвейера с высокими сплошными скребками:

а — прямоугольные; б - трапециевидные; в — полукруглые

Скорость цепи скребковых конвейеров $0,15...1$ м/с, длина - до 100 м и производительность - до 100 т/ч. Скребковые конвейеры для угольной промышленности имеют скорости $0,2...1,4$ м/с, длину до 300 м и производительность до 1000 т/ч.

Скребки шахтных конвейеров изготавливают массивными, литыми, износостойкими. Для того, чтобы предотвратить "всплывание", их снабжают скошенной передней стенкой (под углами $15-30^\circ$). Скребки должны

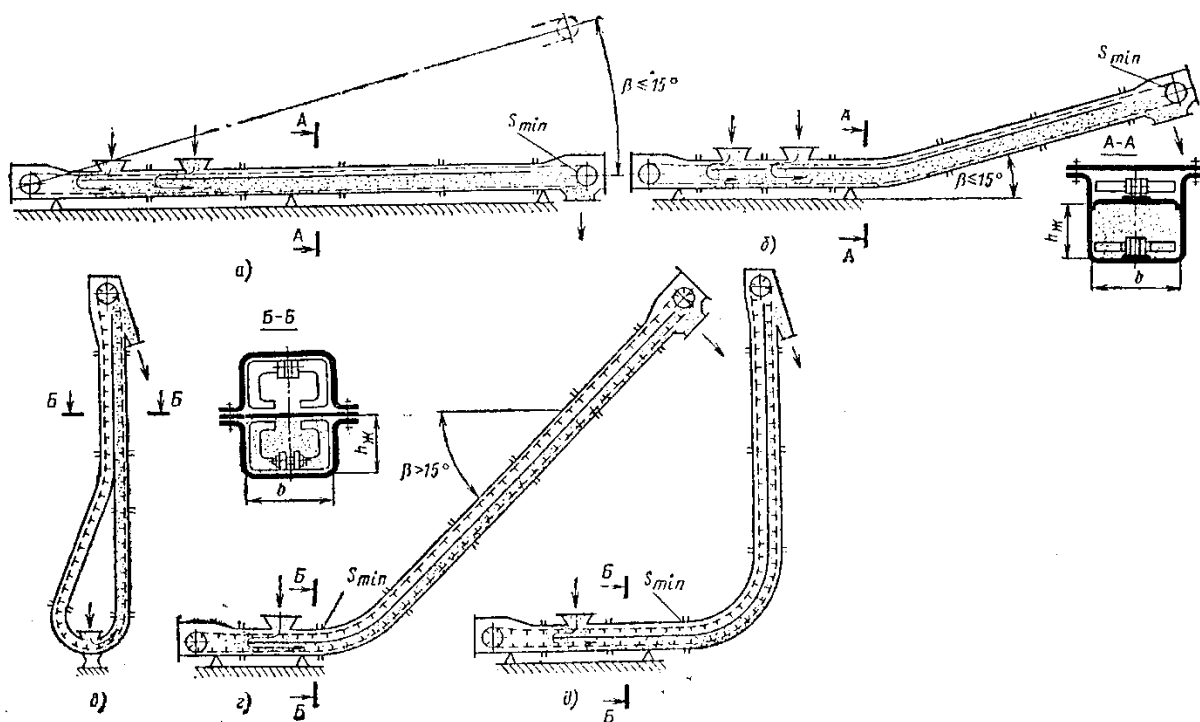


Рис. 4. Конвейеры с контурными скребками:

а - горизонтальный; *б* - горизонтально-пологонаклонный; *в* - вертикальный;
г - крутонаклонный, *д* - L-образный

обладать прочностью, обтекаемой формой, облегчающей прохождение неровностей, особенно на стыках рештаков, удобством присоединения к тяговому органу, технологичностью при изготовлении. Скребки разборных одноцепных конвейеров изготавливают сваркой из отдельных элементов, что дорого и не позволяет иметь жесткой конструкции. Для изготовления скребков передвижных конвейеров используют прокат специального профиля. Практикуется также скручивание скребков вокруг продольной оси для повышения его жесткости против изгиба. Скребки изгибающихся одноцепных конвейеров изготавливают штамповкой.

В конвейерах с высокими скребками нормализованные прямоугольные скребки предусматривают консольное и симметричное крепление к тяговым цепям. Консольные скребки шириной 200...320 мм и высотой 100...160 мм закрепляют на одной цепи, консольные и симметричные скребки шириной 400 мм и высотой 200 мм закрепляют на двух цепях. Высокие скребки изготавливают из стальных листов толщиной 3...8 мм или пластмассы; скребки трубчатых конвейеров из стали, чугуна, пластмассы или резины толщиной 10...20 мм и диаметром 94...198 мм; низкие скребки - из стержней, профильной или полосовой стали.

Применение скребков из пластмассы или алюминиевых сплавов позволяет значительно снизить вес, повысить долговечность желоба и исключить возможность появления искр при ударах скребков на стыках секций, что важно при транспортировании взрывоопасных или легковоспламеняющихся грузов.

Крепление скребков к цепям осуществляется с помощью сварки или крепежных деталей. Как и высокие скребки, они могут располагаться симметрично или несимметрично относительно горизонтальной оси поперечного сечения цепи. Контурные скребки изготавливают совместно со звеньями цепи или отдельно и прикрепляют к вильчатым или пластинным цепям. Известно применение скребков из пластмасс.

Цепи скребковых конвейеров изготавливают

- разборными, которые можно соединить - рассоединить в любом месте без применения инструмента (рис. 5, а). Их недостатки: пониженная статическая и особенно усталостная прочность, (что обусловлено неблагоприятной конфигурацией звеньев), деформация звеньев под действием различных поперечных нагрузок (попадание твердых предметов между цепью и звездочкой и др.), потеря разборности, большой отход металла, идущего в облой при изготовлении звеньев (штамповкой). Объем производства разборных цепей снижается вместе с уменьшением выпуска разборных конвейеров. Не оправдали себя также и не применяются

различные виды пластинчатых цепей, хотя они имеют преимущественное распространение в конвейерах общего назначения благодаря их дешевизне.

- круглозвенными цепями (рис. 5,б,в), состоящими из не разбираемых отрезков и соединительных звеньев. Достоинства этих цепей: изгибаемость в любом направлении (что позволяет иметь изгибающиеся конвейеры), высокая прочность, почти полностью безотходное изготовление на цепеделательных автоматах. Заготовкой служит круглая сталь, диаметр которой в мм называется калибром цепи.

Основным недостатком круглозвенных цепей является сложная конфигурация «С-образных» соединительных звеньев (рис. 5, г), представляющих собой незамкнутую деталь, замыкание которой производится с помощью болта и гайки, что не исключает ослабления соединения во время работы, даже при установке специальных стопорящих колец, предназначенных для предупреждения самоотвинчивания гаек. Соединительные звенья менее прочны, чем рядовые и для их изготовления применяют более прочную сталь. Соединительные звенья используют также для присоединения скребков к деталям.

В конвейерах с высокими скребками наибольшее применение находят пластинчатые тяговые цепи (ГОСТ 588-81); тяговые разборные цепи (ГОСТ 589-85); сварные тяговые цепи (ГОСТ 23199-70); вильчатые (ГОСТ 12996-90) и цепи, изготовленные заодно со скребками.

В конвейерах с высокими скребками применяют обычно одну или две пластинчатые втулочно - катковые цепи типа 3-4 по ГОСТ 588-81 с шагом 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315 и 400 мм. В коротких тихоходных конвейерах применяют разборные тяговые цепи по ГОСТ 589-85 с шагом от 80 мм и сварные по ГОСТ 23199-70.

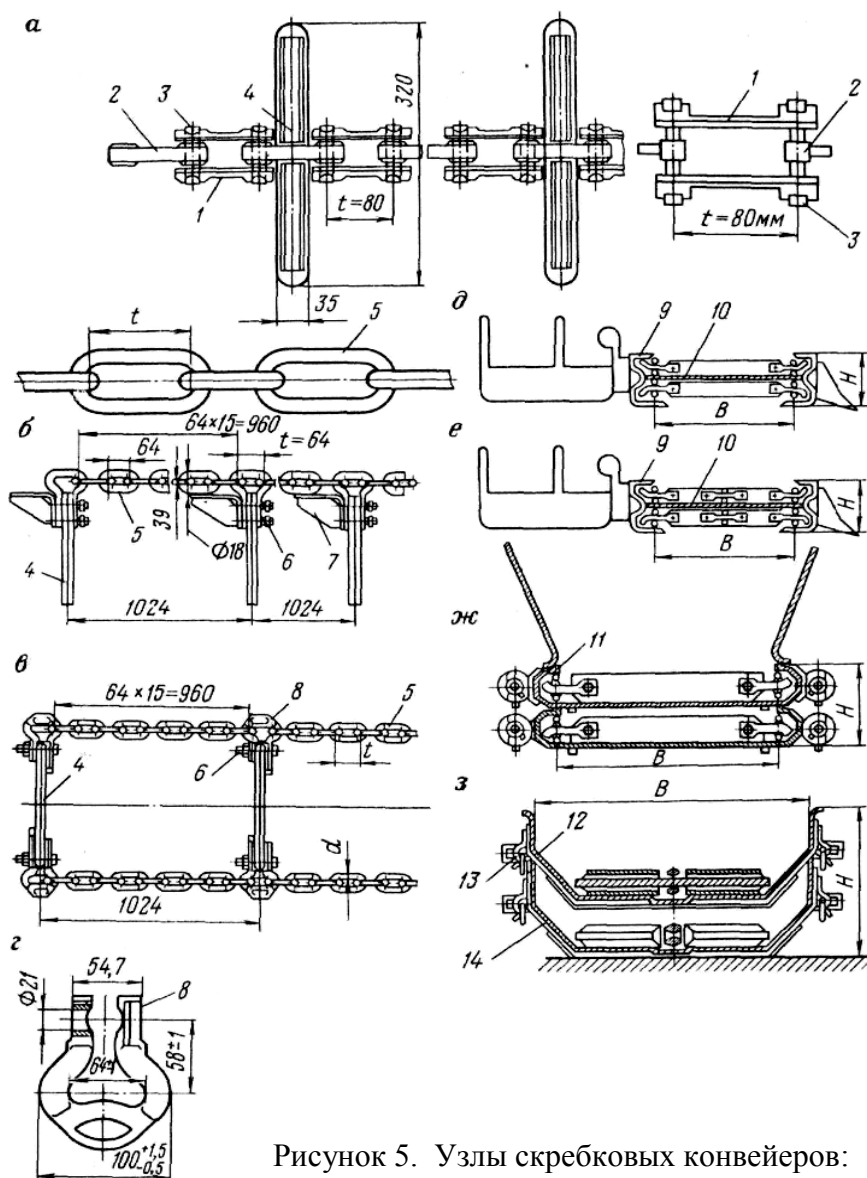


Рисунок 5. Узлы скребковых конвейеров:

а — тяговая цепь со скребками штампованная; *б, в* — то же, круглозвенная; *г* — соединительное звено цепи; *д, з* — сечение решетчатого става (*д, е* — конвейеров типа СП, *ж* — СР70 и С53); *1* — боковое звено; *2* — внутреннее звено; *3* — валик звена; *4* — скребок; *5* — звено цепи, *б* — соединительный болт; *7* — кронштейн; *8* — соединительное звено; *9* — боковина решетки конвейера типа СП; *10* — днище решетки; *11* — направляющие для цепи конвейера типа СР; *12, 14* — верхний и нижний решетки конвейера типа С53; *13* — затвор со скобой.

Став комплектуется из отдельных секций (рештаков). *Двухрештачная* система секций (рис. 6, *а, б*) применяется при вертикально-замкнутой цепи один рештак располагается под другим (*а*), при горизонтально-замкнутой цепи, оба рештака расположены рядом (*б*). *Однорештачная* система секций применяется при вертикально-замкнутой цепи (рис. 6, *в, г, д*). Рештак образуется из двух боковин специального профиля и приваренного к ним

донного листа. Специальный профиль образует контр-направляющие для цепей и ручей, по которому они перемещаются. Это препятствует приподниманию над желобом под действием сил натяжения верхней ветви при вогнутом профиле и опусканию на почву нижней ветви при отсутствии нижнего листа и выпуклом профиле. Отсутствие нижнего листа позволяет, после подъема домкратами участка става, обслуживать нижнюю ветвь, например, устранять порыв цепи. Для этой же цели в некоторых конструкциях предусмотрена третья (*центральная*) цепь, позволяющая избегать перекоса и заклинивания скребков, наступающего после порыва одной из крайних цепей, и перетягивать место порыва на верхнюю ветвь. В то же время отсутствие нижнего листа при неровной почве приводит к попаданию на порожнюю ветвь угольной или породной мелочи, которая увлекается к хвостовой части става, и засоряет его, это вызывает напесовку горной массы в нижних направляющих и увеличение сопротивления движению. Поэтому находят применение также и закрытые рештаки, снабжённые смотровыми люками, вообще же надо отметить, что засорение направляющих имеет место не только на нижней, но и на верхней ветви. Поэтому доказана целесообразность вынесения цепей из направляющих, по которым пускают концы скребков, препятствующие вертикальным перемещениям ветвей. Замки стыков рештаков допускают взаимные отклонения в плоскости пласта до 4° , что и позволяет иметь изгибающийся став при фланговой передвижке, и до 3° в вертикальной плоскости.

Рештачный став должен быть прочным и жёстким, т.к. помимо нагрузок, вызванных процессом транспортирования, он испытывает нагрузки от использования в качестве опоры комбайна или струга. Для этого служит не только сам став, но и трубчатая направляющая. Кроме того рештаки испытывают нагрузки от навесного оборудования.

Желоб конвейера с высокими скребками изготавливают по форме скребка прямоугольного, трапецеидального или полукруглого сечения. Для обеспечения доступа в конвейер желоб изготавливают из секций длиной 3...6

м, а в ряде случаев в крышках предусматривают смотровые люки. Толщину стенок желоба принимают 3... 6 мм.

Желоба для транспортирования абразивных материалов футеруют износостойким покрытием. Желоб трубчатых конвейеров изготавливают из труб с толщиной стенки 4...6 мм. Желоб конвейера с низкими скребками выполняют в виде единого сварного каркаса из листовой стали, подкрепленным профильным прокатом. Наиболее изнашиваемые части желоба - дно и криволинейные направляющие перехода трассы конвейера выполняют из сменных полос легированных сталей, подвергнутых термической обработке. Там, где это затруднено, применяют повышенную толщину стенок (8... 12 мм) или футеровку.

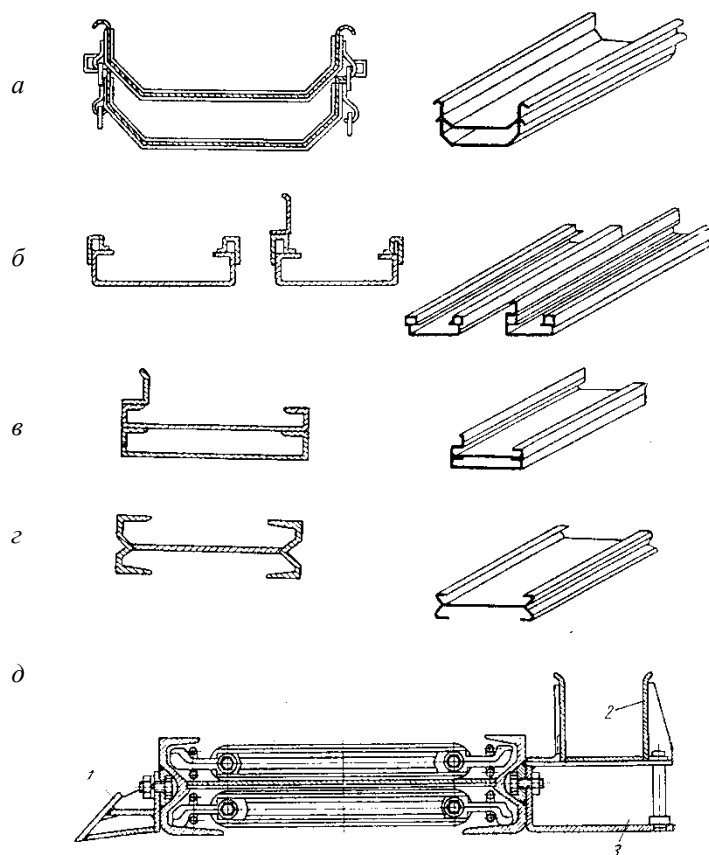


Рисунок 6 Элементы става скребкового конвейера:
 а – унифицированные решетки одноцепного конвейера;
 б – решетки конвейера для тонких пластов; в – решетки двухцепного конвейера с закрытыми цепями;
 г, д – решетки передвижного конвейера

Привод скребкового конвейера (рис. 7) является движущим элементом

скребков цепи. Основными составными частями привода является рама 1, к вертикальным листам которой присоединяются приводные блоки, состоящие из асинхронного электродвигателя 2, гидравлической муфты 3 и редуктора 4, а также составного блока (звёздочек).

В точке сбегания тягового органа возможно частичное заклинивание цепи зубом звездочки. Для предотвращения этого явления каждую звездочку снабжают сбрасывателем в виде вильчатой лапы, охватывающей нижнюю часть звездочки. Кроме того, на раме привода монтируют кронштейн для закрепления тяговой цепи комбайна, элементы крепления распорного устройства, литые износостойкие утюги для направления тягового органа на сопряжении днища рештака с наклонным листом рамы, некоторую аппаратуру автоматики и др.

На приводах первых конструкций в качестве предохранительных применялись простейшие устройства в виде срезных валиков, фрикционных муфт и т.п., которые в дальнейшем были заменены гидравлической турбомуфтой. Последняя помимо предохранения привода и тягового органа от перегрузок облегчает пуск двигателя, (так как момент сопротивления вращению ротора при малых оборотах равен нулю, а далее нарастает плавно) и, смягчая механическую характеристику применяемого асинхронного двигателя, способствует выравниванию нагрузки между отдельными двигателями, количество которых на одном конвейере может достигать 4-х.

Выравниванию нагрузки между приводами, расположенными на противоположных концах конвейера, способствует также тяговый орган, обладающий свойствами упругого элемента.

Привод скребковых конвейеров с высокими скребками целесообразно устанавливать в конце грузенной ветви. Электродвигатель соединяется с редуктором втулочно-пальцевой муфтой, гидромуфтой или клиноременной передачей. Редуктор с приводными звездочками соединяется при помощи муфты или цепной передачи. Для повышения

мощности конвейера могут устанавливать два, три или четыре привода в соответствии с принятой схемой сборки. Приводной механизм должен иметь предохранительное устройство, исключающее поломку конвейера в случае его перегрузки и при заклинивании цепи. Для этого устанавливают муфту предельного момента, предохранительные (срезные) пальцы или штифты.

Натяжные устройства (стационарные или накладные) на современных конвейерах располагают вблизи головного привода. Для создания требуемого натяжения один конец тягового органа должен быть

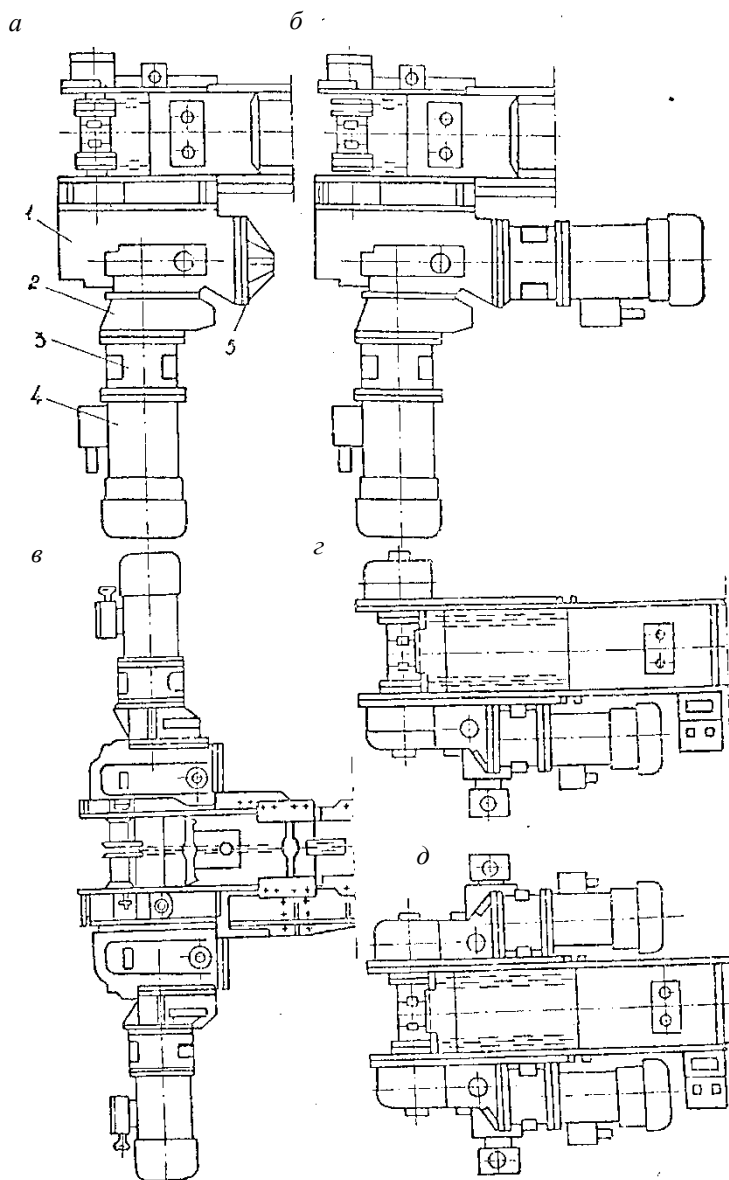


Рисунок 7 Расположение приводов на скребковых конвейерах

закреплен. Это достигают стопорением головного вала храповым механизмом с ручным управлением, который устанавливают на редукторе или встраивают в него. Один конец тягового органа вблизи привода закрепляют (колодкой, жимком или крюком). Натяжение производят стяжным (тягальным) устройством, либо двигателем, который реверсируют и включают короткими толчками. Образовавшиеся на свободном конце отрезки цепи с лишними звеньями удаляют и заменяют укороченными отрезками.

3. Расчет скребковых конвейеров

3.1. Выбор размеров желоба конвейера общего назначения, типа цепи и шага скребков

Из условия оптимального заполнения формы поперечного сечения желоба определяют его потребную площадь

$$F_0 = B \cdot h = \lambda \cdot h^2 = B^2 / \lambda = \frac{Q}{3600 \cdot V \cdot \gamma \cdot \psi \cdot k_\beta}, \text{ м}^2,$$

Где B – ширина желоба, м;

h – высота желоба, м, $h=B/\lambda$;

$\lambda = (2,4...4)$ – отношение B к h ;

Q – производительность скребкового конвейера, т/ч;

V – скорость перемещения материала, м/с. Для условий обогатительных фабрик принимают следующий ряд скоростей:

$V = 0,4; 0,5; 0,63; 0,75$ м/с;

ψ – коэффициент заполнения желоба, принимают равным 0,5...0,6 – для легко-сыпучих грузов и 0,7...0,9 – для кусковых грузов;

k_β – коэффициент, учитывающий уменьшение объема насыпного груза перед скребками с увеличением угла наклона конвейера. При $\beta=(0-10)^\circ$ – $k_\beta=1$; при $\beta=(10-18)^\circ$ – $k_\beta=0,85$.

По величине F_0 из таблицы 1 находят ширину B , высоту h и площадь скребка F , а также шаг установки скребков p_c и погонную массу скребковой цепи q_0 . В качестве тяговых рекомендуется принимать цепи ПВК и ПВКГ.

Таблица 1. Основные параметры скребковой цепи

Размеры скребков, мм		Площадь скребка, F , м ²	Шаг скребка p_c , мм	Погонная масса скребковой цепи q_0 , кг/м	Максимальный размер кусков, a'_{max} содержание	
B	h				до 10%	> 10%
450	200	0,09	500	61	200	140
600	250	0,15	640	79	300	200
800	250	0,2	640	87/104*	300	200
1000	320	0,32	640	134/176*	300	200
1200	400	0,48	640	214/285*	350	300

* в числителе для цепей, применяемых на конвейере длиной до 35м, в знаменателе – при большой длине конвейера.

3.2. Определение сопротивлений на характерных участках трассы конвейера

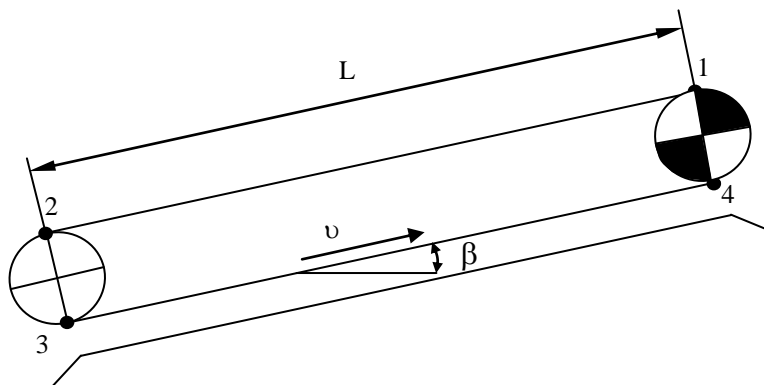


Рисунок 8 Расчетная схема скребкового конвейера

На рис.8. приведена схема конвейера.

Сопротивление движению на грузной ветви

$$W_{gp} = W_{3-4} = [(q_0 \cdot w' + q \cdot f_1) \cdot \cos \beta \pm (q + q_0) \cdot \sin \beta] \cdot L \cdot g, \text{ Н},$$

где $q = Q / 3,6 \cdot V$, кг/м – погонная масса груза;

L – длина конвейера, м;

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

w' – коэффициент сопротивления движению цепи;

$w' = 0,10 \dots 0,12$ – для катковых цепей;

$w' = 0,25 \dots 0,30$ – для втулочных цепей;

f_1 – коэффициент трения материала о желоб, равный 0,5-0,6 для угля и 0,4-0,45 для антрацита.

Сопротивление движению на порожней ветви конвейера

$$W_{nop} = W_{1-2} = q_0 \cdot L \cdot g \cdot (w' \cdot \cos \beta \pm \sin \beta), \text{ Н}.$$

Сопротивление на хвостовой звездочке $W'_{36} = W_{2-3}$ определяют приближенно в зависимости от натяжения $S_2 = S_{нб}$ набегающей на эту звездочку ветви цепи

$$W'_{36} = W_{2-3} = 0,1 \cdot S_2, \text{ Н}$$

Сопротивление на приводной звездочке

$$W_{36} = W_{4-1} = 0,05 \cdot (S_4 + S_1), \text{ Н}.$$

3.3. Определение натяжений в характерных точках

Натяжение в характерных точках находим методом обхода тягового контура по точкам.

Минимальное натяжение принимается исходя из условий обеспечения нормального взаимодействия цепи со звездочкой: $S_{min} = 2000 \dots 3000 \text{ Н}$ на 1 цепь.

Если $W_{nop} = W_{1-2} > 0$, то минимальное натяжение принимают в точке 1 ($S_1 = S_{min}$), если $W_{nop} = W_{1-2} < 0$, то принимают $S_2 = S_{min}$.

Если $W_{nop} > 0$,

$$S_1 = S_{min};$$

$$S_2 = S_1 + W_{1-2};$$

$$S_3 = S_2 + W_{2-3} = 1,1 \cdot S_2;$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = 1,03 \cdot S_2 + W_{3-4}.$$

3.4. Проверка тяговой цепи на прочность

Прочность цепи

$$S_p \geq m \cdot k_u \cdot S_{max} \text{ Н},$$

где $m = 6 \dots 8$ – запас прочности цепи;

k_u – коэффициент, учитывающий количество цепей, одновременно работающих в конвейере, и неравномерность распределения между ними нагрузки: $k_u = 0,6 \dots 0,8$ – для двухцепных конвейеров и $k_u = 1$ – для одноцепных конвейеров.

$S_{max} = S_4$ – максимальное натяжение тягового органа.

По величине S_p делают проверку выбранной цепи на прочность.

3.5. Определение тягового усилия и мощности приводного двигателя

Окружное тяговое усилие на валу приводной звездочки

$$W_0 = S_4 - S_1 + 0,05 \cdot (S_4 + S_1), \text{ Н}$$

Мощность приводного двигателя

$$N = k_o \cdot \frac{W_0 \cdot V}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт},$$

где $k_o = 1,1 \dots 1,2$ – коэффициент запаса мощности;

η – КПД привода.

Угловая скорость вращения приводных звездочек

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot V}{z \cdot t}, \text{ мин}^{-1},$$

где z – число граней приводной звездочки, обычно принимают: $z = 4; 6; 8$;

t – шаг тяговой цепи, м.

Необходимое передаточное число редуктора

$$U_p = n_0 / n_{зв},$$

где n_0 – угловая скорость вращения вала приводного двигателя.

По полученным необходимым значениям передаточного отношения U_p и мощности N выбирают из справочников двигатель и редуктор.

3.6. Особенности расчета конвейеров сплошного волочения

Потребная площадь поперечного сечения желоба конвейера сплошного волочения находится:

– для конвейеров с $\beta \leq 18^\circ$

$$F_0 = B \cdot h = \frac{Q}{3600 \cdot V \cdot \gamma \cdot \psi \cdot \psi_1 \cdot \psi_2 \cdot \psi_3}, \text{ м}^2,$$

где $\psi = 0,75-0,80$ – коэффициент заполнения желоба;

$\psi_1 = 0,9$ – коэффициент, учитывающий уменьшение производительности конвейера вследствие неравномерной скорости перемещения потока материала в поперечном сечении;

$\psi_2 = 0,95$ – коэффициент, учитывающий потерю полезного объема желоба вследствие размещения в ней и скребков;

$\psi_3 = 1$ при $\beta \leq 10^\circ$ и $\psi_3 = 0,90$ при $\beta = 10^\circ-18^\circ$ – коэффициент, учитывающий уменьшение высоты слоя материала в желобе наклонного конвейера;

– для вертикальных конвейеров

$$F_0 = B \cdot h = \frac{Q}{3600 \cdot V \cdot \gamma \cdot \psi'}, \text{ м}^2,$$

где $\psi' = \psi_1 \cdot \psi_2 = 0,5; 0,7; 0,8$ – коэффициент, учитывающий снижение производительности соответственно для порошкообразных, мелкозернистых и мелкокусковых материалов;

V – скорость движения цепи, принимается для мелкокусковых и зернистых материалов 0,16...0,30 м/с, а для порошкообразных – <0,2м/с.

При расчете сопротивлений движению дополнительно к сопротивлениям движению материала на грузовой и порожняковой ветвях конвейера добавляется сопротивление, обусловленное трением материала о боковые стенки, которое определяется по формуле:

$$W'_{cp} = \frac{1000 \cdot K \cdot \gamma \cdot L \cdot h^2 \cdot f_1 \cdot g}{\cos^2 \beta}, \text{ м}^2$$

где $K = \tan^2(45 - \rho'/2)$ – коэффициент подвижности материала;

ρ' – угол внутреннего трения, который на практике принимается равным углу естественного откоса ϕ и может приниматься для угла $\rho' = 30^\circ \dots 45^\circ$;

h – высота слоя груза в желобе, м.

Тяговое усилие на валу приводных звездочек с учетом сил сопротивления W'_{cp} :

$$W_0 = K_2 \cdot (W_{cp} + W'_{cp} + W_{nop}) = K_2 \cdot L \cdot g \cdot [q \cdot (f_1 \cdot \cos \beta \pm \sin \beta) + 2 \cdot q_0 \cdot w' \cdot \cos \beta + \frac{1000 \cdot K \cdot \gamma \cdot L \cdot h^2 \cdot f_1 \cdot g}{\cos^2 \beta}], \text{ м}^2$$

где $K_2 = 1,2-1,3$ – коэффициент, учитывающий сопротивления на концевых звездочках, сопротивления от неровностей желоба и т.п.