

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Т. Ф. ГОРБАЧЕВА»**

Кафедра горных машин и комплексов

Составители
С. В. Пешков
А. Ю. Захаров

ПЛАСТИНЧАТЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

**Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине «Конвейерный транспорт»
для студентов всех форм обучения**

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специальности 21.05.04 «Горное дело»
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2016

Рецензенты:

Юрченко В. М. – доцент кафедры горных машин и комплексов

Буялич Г. Д. – председатель учебно-методической комиссии специальности 21.05.04 «Горное дело», специализация 21.05.04.09 «Горные машины и оборудование»

Пешков Сергей Владимирович

Захаров Александр Юрьевич

Пластинчатые конвейеры [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Конвейерный транспорт» для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», образовательная программа «Обогащение полезных ископаемых», всех форм обучения / сост.: С. В. Пешков, А. Ю. Захаров; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2016. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 16 Мб; Windows XP; мышь. – Загл. с экрана.

Приведено описание устройства пластинчатых конвейеров, их конструктивные особенности, технологическое назначение на обогатительных фабриках. Приводятся рекомендации по соотношению конструктивных параметров и методика обобщённого тягового расчета.

Рекомендовано для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», образовательная программа «Обогащение полезных ископаемых», а также для студентов образовательной программы «Горные машины и оборудование» при курсовом проектировании по дисциплине «Карьерные транспортные машины».

© КузГТУ, 2016

© Захаров А. Ю., Пешков С. В.,
составление, 2016

Введение

Пластинчатыми конвейерами называют машины непрерывного действия, грузонесущим элементом которых является жесткий металлический или деревянный, пластмассовый, резиноканевый настил (полотно), состоящий из отдельных пластин; тяговым элементом является одна или две пластинчатые цепи, огибающие концевые (приводную и натяжную) звездочки.

Пластинчатые конвейеры используют для транспортирования в горизонтальном и наклонном направлениях насыпных и штучных грузов в машиностроительной, химической, горнорудной, энергетической и других отраслях промышленности.

На пластинчатых конвейерах можно перемещать крупнокусковые и абразивные материалы, а также тяжелые штучные грузы. Одновременно с процессом транспортирования грузы-изделия могут подвергаться технологическим операциям (закалке, отпуску, охлаждению, мойке, окраске, сушке и др.).

Пластинчатые конвейеры классифицируют по конструкции настила, конфигурации трассы и назначению. По назначению различают стационарные и передвижные пластинчатые конвейеры.

Классификация пластинчатых конвейеров

В зависимости от конструкции настила и тяговой цепи и конфигурации трассы (рис. 1) различают пластинчатые конвейеры общего назначения (вертикально замкнутые); изгибающиеся (с пространственной трассой) и специального назначения (различочные машины, эскалаторы, пассажирские, конвейеры с настилом сложного профиля).

Наиболее широкое применение получили пластинчатые стационарные, вертикально замкнутые конвейеры с прямолинейными трассами, которые являются конвейерами общего назначения. В металлургической промышленности их используют для подачи крупнокусковой руды и горячего агломерата; на химических заводах и при производстве строительных материалов – для перемещения крупнокусковых нерудных материалов; на тепловых электростанциях – при подаче угля; в машиностроении – для транспортирования горячих поковок, отливок, опок, отходов

штамповочного производства; на поточных линиях сборки, охлаждения, сушки, сортирования и химической обработки.

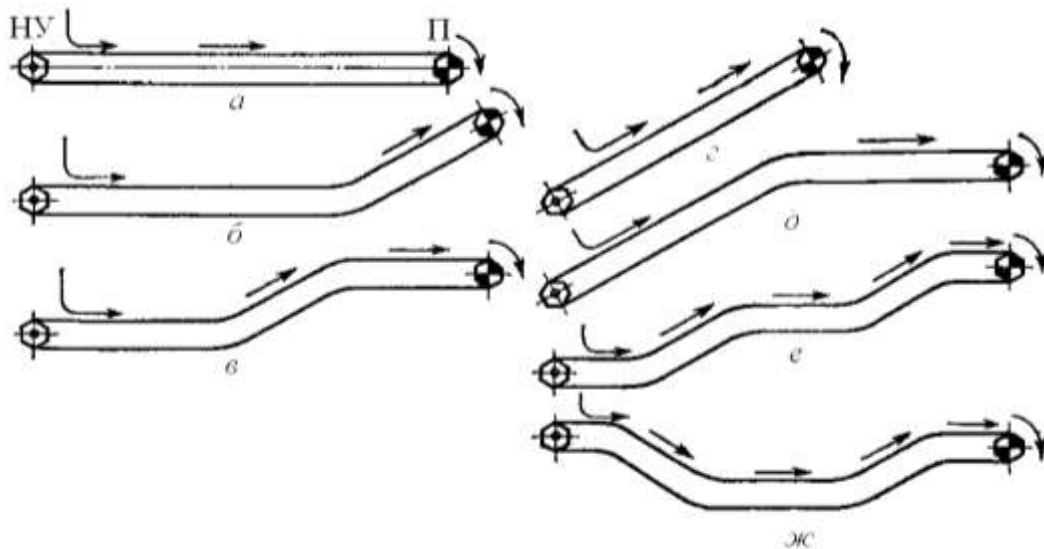


Рис. 1. Схемы трасс пластинчатых конвейеров:
а – горизонтальная; *б* – горизонтально-наклонная; *г* – наклонная;
д – наклонно-горизонтальная; *в*, *е*, *ж* – сложная

Передвижные пластинчатые конвейеры используют на складах, погрузочно-разгрузочных, сортировочных и упаковочных пунктах для перемещения тарно-штучных грузов.

Специальные пластинчатые конвейеры, в том числе и изгибающиеся с пространственной трассой, используют в горно-рудной и угольной промышленности для транспортирования на дальние расстояния руды и угля.

Пластинчатые конвейеры специального назначения состоят из тех же основных элементов, что и пластинчатые конвейеры общего назначения (тяговые элементы, полотно или настил, привод, натяжное устройство), однако, имеют некоторые конструктивные особенности в зависимости от применения и использования в производственных и технологических процессах.

Изгибающиеся пластинчатые конвейеры с пространственной трассой перемещают насыпные и штучные грузы по трассе с перегибами настила, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях (рис. 2). Применяются в угледобывающей и других отраслях промышленности, в аэропортах для перемещения багажа [2].

Основным преимуществом изгибающихся пластинчатых конвейеров является бесперегрузочное транспортирование по сложной трассе; недостатком – сложность конструкции и эксплуатации.

Тяговым элементом изгибающегося пластинчатого конвейера являются одна или две специальные пластинчатые или круглозвенные цепи (рис. 3).

Настил изготавливают из металлических пластин с резиновыми элементами, имеющими плоские фрагменты и фигурные складки, что обеспечивает малые радиусы поворота и большие углы наклона трассы. Опорные катки обеспечивают движение настила на горизонтальных участках, направляющие катки – повороты настила.

Основные параметры изгибающихся пластинчатых конвейеров: радиусы горизонтальных поворотов для одноцепных конвейеров составляют 4–7,5 м, для двухцепных – 10–15 м; ширина настила 400–1400 мм; привод – угловой или гусеничный; НУ – пружинно-винтовое.

Промежуточная разгрузка может выполняться путем поперечного наклона настила.

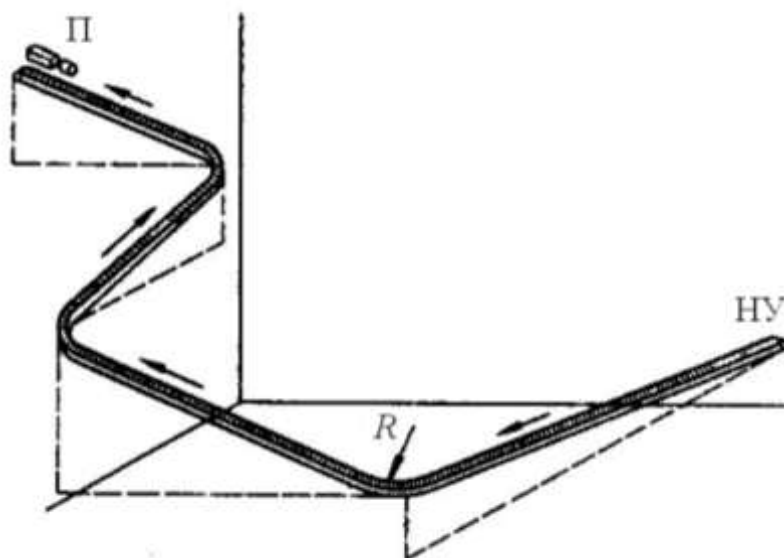


Рис. 2. Схема трассы изгибающегося пластинчатого конвейера

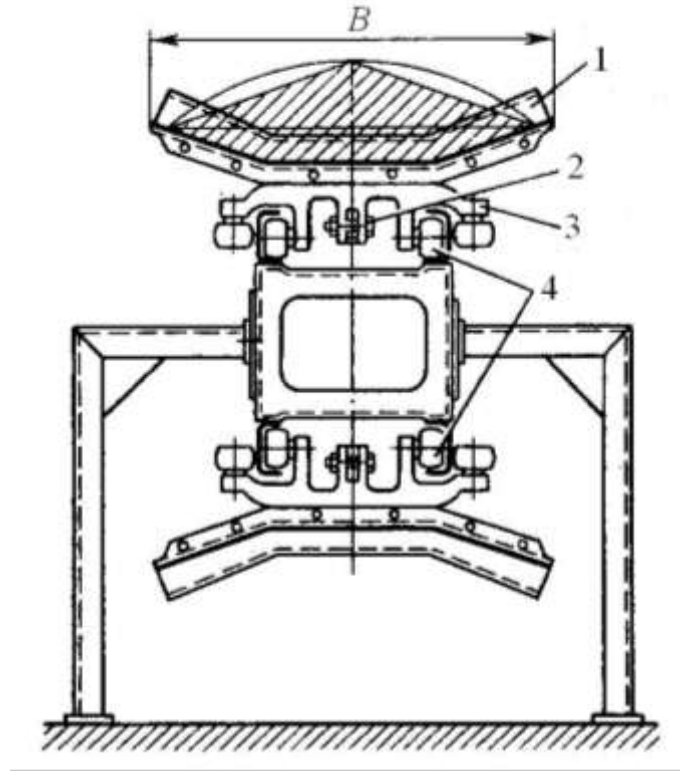


Рис. 3. Пластинчатый конвейер с пространственной трассой:
1 – настил; 2 – цепь; 3 – опорное устройство; 4 – каток

Общее устройство, назначение и области применения

К преимуществам пластинчатых конвейеров по сравнению с ленточными относятся: возможность транспортирования тяжелых крупнокусковых, острокромочных и горячих грузов; спокойный и бесшумный ход; возможность загрузки без применения питателей; большая продолжительность трассы с наклонными участками и малыми радиусами переходов и обеспечение бесперегрузочного транспортирования; возможность установки промежуточных приводов; высокая производительность при небольшой скорости движения; возможность использования конвейеров в технологических процессах и поточных линиях при высоких и низких температурах.

Недостатками пластинчатых конвейеров являются: большая масса настила и цепей и их высокая стоимость; наличие большого количества шарниров цепей, требующих дополнительного обслуживания; сложность замены изношенных катков тяговых цепей; большие сопротивления движению.

Пластинчатый конвейер (рис. 4) имеет станину, на концах которой установлены две звездочки – приводная 3 с приводом и натяжная с натяжным устройством 4. Бесконечный настил 1, состоящий из отдельных пластин, закрепляется к ходовой части, состоящей из одной или двух тяговых цепей 2, которые огибают концевые звездочки и находятся в зацеплении с их зубьями.

Вертикально замкнутые тяговые цепи движутся вместе с настилом по направляющим путям станины вдоль продольной оси конвейера. Конвейер загружается через одну или несколько воронок 5 в любом месте трассы, а разгружается через концевую звездочку и воронку. Промежуточная разгрузка возможна только для пластинчатых конвейеров с безбортовым плоским настилом. Скорость их движения составляет до 1,25 м/с.

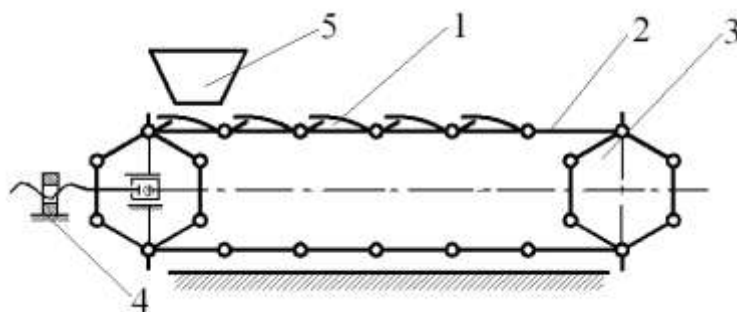


Рис. 4. Пластинчатый конвейер:

- 1 – настил; 2 – тяговая цепь; 3 – приводная звездочка;
4 – натяжное устройство; 5 – загрузочный бункер

Основные параметры пластинчатых конвейеров общего назначения установлены ГОСТ 22281-92: ширина настила: 400; 500; 650; 800; 1000; 1200; 1400; 1600 мм; число зубьев звездочек: 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; скорость движения: 0,01; 0,016; 0,025; 0,04; 0,05; 0,063; 0,08; 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0 м/с.

Угол наклона полотна пластинчатого конвейера обычно составляет 35–60° и зависит от характеристики транспортируемого груза и типа настила. При транспортировании штучных грузов и наличии на настиле поперечных грузодерживающих планок угол наклона конвейера может быть увеличен.

Элементы пластинчатых конвейеров

Тяговым элементом обычно служат пластинчатые цепи:

ПВ – пластинчатые втулочные;

ПВР – пластинчатые втулочно-роликовые;

ПВК – пластинчатые втулочно-катковые с гладкими катками;

ПВКГ – пластинчатые втулочно-катковые с гребнями на катках;

ПВКП – пластинчатые втулочно-катковые с подшипниками качения у катков

В качестве тягового элемента могут быть использованы втулочные, роликовые и круглозвенные цепи. Конвейеры с шириной настила более 400 мм имеют две тяговые цепи, легкие конвейеры (с шириной настила менее 400 мм) – одну цепь.

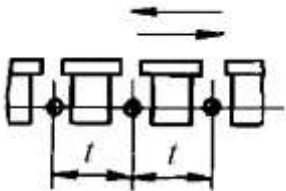
Опорными элементами у пластинчатых втулочно-катковых цепей являются ходовые катки, передающие нагрузку от настила и транспортируемого груза на направляющие пути (на конвейерах тяжелых типов применяют катки на подшипниках качения).

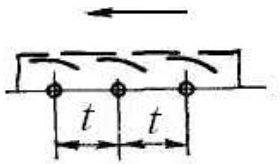
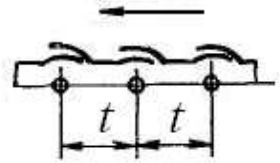
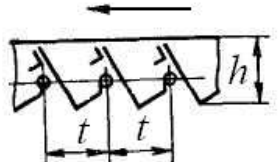
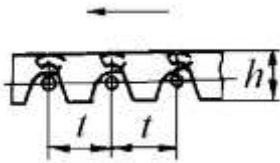
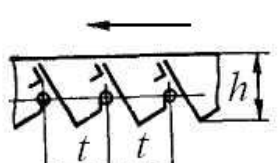
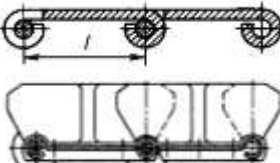
В конвейерах с втулочными и роликовыми цепями и гладким настилом опорными элементами служат стационарные роликовые опоры, закрепленные на станине конвейера. В конвейерах легкого типа с шириной настила 80–200 мм цепь могут объединять с настилом, скользящим по направляющим металлическим или пластмассовым путям.

Настил является грузонесущим элементом конвейера. Настил выполняется с бортами и без бортов и имеет различную конструкцию в зависимости от характеристики транспортируемого груза (табл. 1) [2].

Таблица 1

Типы настилов пластинчатых конвейеров

Конструктивная схема настила	Тип конвейера	Область применения
	Плоский разомкнутый ПР	Транспортирование штучных грузов

Конструктивная схема настила	Тип конвейера	Область применения
	Плоский сомкнутый ПС	Транспортирование штучных и насыпных (кусковых) грузов
	Безбортовой волнистый В	
	Бортовой волнистый БВ	Транспортирование насыпных и штучных грузов
	Коробчатый мелкий КМ	Транспортирование насыпных грузов
	Коробчатый глубокий КГ	
	Плоский петлевой	Транспортирование стальных листовых отходов и металлической стружки

Плоский настил изготавливают из деревянных планок, стальных или полиуретановых пластин; для обеспечения надежного положения груза настил снабжают фасонными накладками или упорами. Волнистый настил обеспечивает надежное перекрытие соседних пластин, увеличивает жесткость и прочность полотна, повышает сцепление грузов с поверхностью конвейера, уменьшает их просыпание между пластинами и обеспечивает перемещение грузов под большими углами наклона.

Швеллерный настил применяется для транспортирования крупных горячих отливок и штамповок, обеспечивает прочность и жесткость полотна и облегчает его очистку. Настил изготавли-

вают методом штамповки и сварки стальных листов толщиной 4–10 мм. Пластины настила крепят на болтах, заклепках или приваривают к специальным уголкам, которые крепятся к пластинам тяговых цепей.

Основными размерами настила являются его ширина B и высота бортов h . Нормальный ряд ширины настила: 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 мм; высота бортов: 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 355, 400, 450 и 500 мм.

Привод пластинчатого конвейера – угловой или прямолинейный (гусеничный), состоит из приводных звездочек, передаточного механизма (редуктора или редуктора с дополнительной передачей) и электродвигателя. На конвейерах, имеющих наклонный участок трассы, устанавливают стопорное устройство или электромагнитный тормоз. Передаточным механизмом привода служит один редуктор или редуктор с зубчатой или цепной передачей. Мощные конвейеры большой производительности и длины имеют несколько приводов.

Натяжные устройства. На пластинчатых конвейерах устанавливаются винтовые (наибольшее распространение) или пружинно-винтовые натяжные устройства (на тяжело нагруженных конвейерах значительной длины со скоростями более 0,25 м/с). НУ устанавливаются на концевых звездочках и имеют ход равный не менее 1,6–2 шага цепи, $X = 320–2000$ мм.

Одна из звездочек НУ закрепляется на валу на шпонке, другая – свободно для возможности самоустановки по положению шарниров цепи.

Станина пластинчатого конвейера изготавливается из угловой или швеллерной стали. Концевые части выполняют в виде отдельных рам для привода и НУ, среднюю часть – в виде отдельных секций металлоконструкции длиной 4–6 м.

Расчет пластинчатых конвейеров

Расчет пластинчатых конвейеров проводится в два этапа: предварительное (ориентировочное) определение основных параметров; поверочный расчет. Исходными данными для расчета являются:

– производительность;

- конфигурация трассы;
- характеристика транспортируемого груза;
- скорость движения полотна;
- режим работы.

В соответствии с ГОСТ22281-92 выбирается тип конвейера и тип настила. Настил применяется трех типов:

легкий – при насыпной плотности транспортируемого груза $\rho < 1 \text{ т/м}^3$;

средний – при $\rho = 1\text{--}2 \text{ т/м}^3$;

тяжелый – при $\rho > 2 \text{ т/м}^3$.

Высота бортов h бортового настила для насыпных грузов выбирается из нормального ряда (по справочнику), для штучных грузов $h = 100\text{--}160 \text{ мм}$.

Угол наклона конвейера зависит от типа настила и характеристики перемещаемого груза (табл. 2), выбранный угол наклона конвейера должен удовлетворять условию $\beta \leq \varphi_1 - (7\text{--}10^\circ)$, где φ_1 – угол естественного откоса груза в движении.

Таблица 2

Рекомендации к выбору типа настила
пластинчатого конвейера

Тип настила	Угол наклона конвейера β ($^\circ$)
Гладкий без бортов	$\beta' - 9$
Волнистый без бортов	$\beta' - 5$
Коробчатый без бортов	35
Гладкий с бортами	$\beta' - 6$
Волнистый с бортами	$\beta' - 3$
Коробчатый с бортами	35

β' – угол трения груза о настил

На настиле без бортов насыпной груз располагается по треугольнику (рис.3) так же, как на ленточном конвейере с прямыми роликоопорами; B – ширина настила, $b = 0,85B$, φ – угол естественного откоса груза в покое (угол естественного откоса груза в движении $\varphi_1 = 0,4 \varphi$).

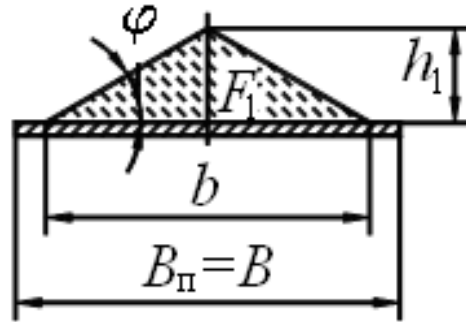


Рис. 3. Расположение насыпного груза на плоском настиле

Площадь сечения насыпного груза на настиле без бортов

$$F_1 = \frac{bh_1c_2}{2} = \frac{c_2b^2tg\varphi_1}{4}, \quad (1)$$

где h_1 – высота треугольника;

c_2 – коэффициент, учитывающий уменьшение площади на наклонном конвейере (табл. 4.3).

Производительность конвейера

$$Q_n = 3600F_1\rho v = 648B_n^2c_2v\rho tg\varphi_1 \quad (2)$$

где ρ – плотность груза, т/м³;

v – скорость конвейера, м/с;

B_n – ширина настила без бортов.

Таблица 3

Значения коэффициента c_2

Угол наклона конвейера, град	Тип настила	
	Без бортов	С бортами
До 10	1,00	1,00
10–20	0,90	0,95
Более 20	0,85	0,90

Ширина настила без бортов

$$B_n = \sqrt{\frac{Q_n}{648c_2vtg\varphi_1}}. \quad (3)$$

Производительность при настиле с бортами (рис. 4)

$$Q_6 = 3600Fv\rho. \quad (4)$$

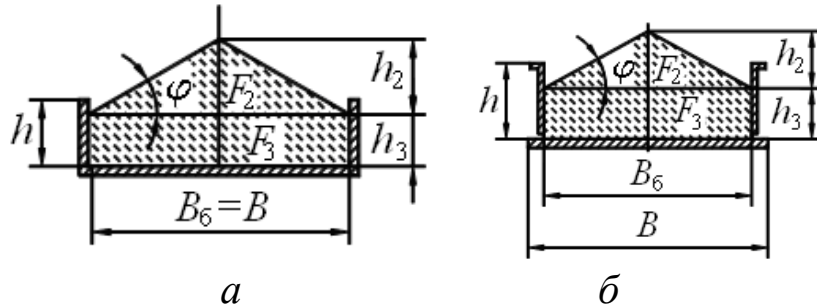


Рис. 4. Типы бортовых настилов:
a – с подвижными бортами; *б* – с неподвижными бортами

Площадь сечения груза на настиле с бортами

$$F = F_2 + F_3 = 0,25B_6^2 k_\beta \operatorname{tg} \varphi_1 + B_6 h \psi, \quad (5)$$

где B_6 – ширина настила с бортами, м;

$\psi = 0,65-0,8$ – коэффициент наполнения сечения настила.

Полученную ширину настила проверяют по условию кусковатости $B \geq X_2 a + 200$ мм, где X_2 – коэффициент кусковатости. Для сортированного груза $X_2 = 2,7$; для рядового груза $X_2 = 1,7$.

Окончательно выбранные значения ширины настила округляются до ближайших значений в соответствии с нормальным рядом.

Для штучных грузов ширину настила выбирают по габаритным размерам груза, способу его укладывания и количеству, при этом зазор между грузами должен составлять 100–300 мм.

Тяговый расчет. В ходе тягового расчета определяют силы сопротивления и натяжения цепей на отдельных участках трассы.

Максимальное натяжение цепей рассчитывается путем последовательного определения сопротивлений на отдельных участках, начиная от точки наименьшего натяжения.

Минимальное натяжение принимают равным не менее 500 Н на одну цепь (обычно $S_{\min} = 1-3$ кН) [1].

Линейную силу тяжести настила с цепями q_0 (Н/м) определяют по справочникам и каталогам, обычно

$$q_0 \approx 600 B + A, \quad (6)$$

где A – коэффициент, принимаемый в зависимости от типа и ширины настила.

Линейная сила тяжести груза (Н/м)

$$q_r = \frac{gQ}{3,6v} = \frac{2,73Q}{v}. \quad (7)$$

Максимальное статическое натяжение цепей

$$S_{\max} = 1,05 \{ S_{\min} + \omega [(q_r + q_0)L_r + q_0 L_x] \pm (q_r + q_0)H \}, \quad (8)$$

где L_r и L_x – длины горизонтальной проекции загруженной и незагруженной ветвей конвейера, м;

H – высота подъема груза, м.

Знак «+» в формуле – для участков подъема, «-» – для участков спуска.

Полное расчетное усилие

$$S_{\max} = S_{\text{ст}} + S_{\text{дин}}, \quad (9)$$

где $S_{\text{ст}}$ – статическое натяжение тяговых цепей, Н;

$S_{\text{дин}}$ – динамические нагрузки в тяговых цепях, Н.

Если тяговый элемент состоит из двух цепей, то расчетное усилие на одну цепь учитывается коэффициентом неравномерности ее распределения $C_n = 1,6-1,8$.

Расчетное усилие одной цепи $S_{\text{расч}} = S_{\max}$, двух цепей $S_{\text{расч}} = (1,5S_{\max}) / 2$.

Окружное усилие на звездочке

$$P = \sum W = S_{\text{ст}} - S_0, \quad (10)$$

где $S_{\text{ст}}$ – наибольшее статическое усилие в тяговых цепях в точке набегания на приводные звездочки, полученное методом обхода

по контуру, Н;

S_0 – натяжение цепей в точке сбегания с приводной звездочки, Н.

Мощность привода конвейера

$$N_B = Q L_T \omega / 367, \quad (11)$$

где Q – производительность, т/ч;

L_T – горизонтальная проекция длины, м;

ω_0 – обобщенный коэффициент сопротивления движению.

Далее производится выбор двигателя, определение передаточного числа и выбор редуктора; определение фактической скорости движения и уточнение производительности; определение статического тормозного момента (для наклонных конвейеров); расчет тормозного момента; определение хода натяжного устройства [5].

Поверочный расчет включает уточненный тяговый расчет методом обхода по контуру; проверку выбранной тяговой цепи; проверку рассчитанной мощности привода; выбор типа натяжного устройства.

Монтаж пластинчатых конвейеров

Последовательность этапов монтажа пластинчатого конвейера [7]:

- разбивка осей и установка средней части става конвейера;
- установка опорных конструкций или рельсов (для катков цепи) при обеспечении допусков не более 1–2 мм;
- установка привода и натяжной станции при обеспечении горизонтальности и перпендикулярности осей конвейера и приводного вала;
- по приводному валу ориентируют другие элементы привода (открытые передачи, редуктор и электродвигатель), обеспечивая строгую соосность валов;
- тщательной проверке подлежит ходовая часть;
- опробование начинают продвижением ходовой части на 5–10 м вручную или от электродвигателя;

- обкатка конвейера вхолостую в течение 3–4 часов:
 - конвейер должен работать плавно, без стуков, ударов и вибраций;
 - зацепление цепи должно быть плавным;
 - соседние пластины должны свободно проворачиваться на звездочках и криволинейных участках;
 - температура нагрева редуктора и подшипников скольжения должна быть не более 70° , нагрева подшипников качения не должно быть;
- обкатка под нагрузкой (в течение 12 часов)
 - производят те же проверки, что и при обкатке вхолостую;
 - регулируют расположение загрузочного устройства;
 - устраняют просыпание грузов на рабочие поверхности рельсов и в зазоры между пластинами;
 - регулируют работу НУ для предотвращения смещения полотна.

Технический осмотр и ремонт элементов пластинчатых конвейеров

Технический осмотр (ТО) тяговых цепей предусматривает их систематический осмотр, текущий ремонт, очистку и смазку. В процессе осмотра выявляют: состояние деталей, посадок в соединениях; подвижность роликов и катков [7].

Невращающиеся ролики и катки с лысками на поверхности качения подлежат замене, ослабленные болтовые соединения звеньев и креплений рабочих органов должны быть затянуты.

ТО звездочек выявляет износ по боковым поверхностям зубьев: звездочка подвергается ремонту или замене; устраняется сбеги полотна.

ТО грузонесущих элементов предусматривает их осмотр и устранение повреждений, затрудняющих эксплуатацию: выявляют наличие остаточных деформаций, надежности крепления к тяговому органу, износ; деформированные пластины исправляют или заменяют, регулируют зазоры между ними, ослабленные соединения подтягивают.

Контрольные вопросы

1. Общее устройство и области применения пластинчатых конвейеров.
2. Преимущества и недостатки пластинчатых конвейеров.
3. Тяговые элементы пластинчатых конвейеров, параметры выбора тяговых цепей.
4. Какие элементы используются в качестве опорных путей для ходовых катков цепей?
5. Приводы пластинчатых конвейеров, их типы и конструктивное исполнение, места установки на трассе.
6. Какие натяжные устройства используются в пластинчатых конвейерах? От чего зависит выбор натяжного устройства пластинчатого конвейера?
7. Для чего и в каких случаях в пластинчатых конвейерах используют стопорные устройства или тормоза?
8. От чего зависит выбор типа настила?
9. Особенности выполнения тягового расчета пластинчатого конвейера, имеющего наклонные участки.
10. Устройство, особенности конструкции и области применения специальных пластинчатых конвейеров.

Литература

1. Ромакин, Н. Е. Конструкция и расчет конвейеров. – Старый Оскол : ТНТ, 2011. – 504 с
2. Конвейеры: справочник / Р. А. Волков, А. Н. Гнутов, В. К. Дьячков [и др.]; ред. Ю. А. Пертен. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 367 с.: ил.
3. Спиваковский, А. О. Транспортирующие машины : учеб. пособие для машиностроительных вузов / А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. – 3-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1983. – 487 с.: ил.
4. Ромакин, Н. Е. Машины непрерывного транспорта : учеб. пособие для студентов вузов. – М. : Академия, 2008. – 430 с
5. Батаногов, А. П. Подъемно-транспортное, хвостовое и ремонтное хозяйство обогатительных фабрик : учебник / А. П. Батаногов. – М. : Недра, 1989. – 336 с.

6. Шешко, Е. Е. Горнотранспортные машины и оборудование для открытых горных работ : учеб. пособие для вузов. – М. : Изд-во Моск. горн. ун-та, 2006. – 260 с.

7. Кузнецов, Б. А. Транспорт на горных предприятиях : учебник / Б. А. Кузнецов. – М. : Недра, 1976. – 552 с.

8. Зенков, Р. Л. Машины непрерывного транспорта : учебник / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов. – М. : Машиностроение, 1987. – 432 с.