

# ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

## СОДЕРЖАНИЕ

- Введение
- 1. Исходные данные для выбора и расчета конвейера
- 2. Задачи и рекомендуемый порядок расчета ленточного конвейера
- 3. Выбор типового шахтного ленточного конвейера
- 4. Выбор стационарных конвейеров общего назначения
- 5. Определение эксплуатационной нагрузки для расчета конвейера
- 6. Эксплуатационный расчет конвейера
  - 6.1. Проверка соответствия ширины ленты расчетному грузопотоку и крупности транспортируемого материала
  - 6.2. Определение линейных масс движущихся частей конвейера
  - 6.3. Определение сил сопротивлений движению на грузовой и порожней ветвях конвейера
  - 6.4. Определение места расположения привода
  - 6.5. Расчетная схема конвейера
  - 6.6. Определение натяжений
    - 6.6.1. Особенности расчета натяжений наклонных конвейеров
- 7. Определение усилия на натяжном устройстве конвейера
- 8. Расчет ленты на прочность
- 9. Определение расчетной мощности двигателей приводной станции конвейера
- 10. Выбор двигателей конвейера и схемы их расстановки
- 11. Приближенный расчет ленточных конвейеров общего назначения
- Библиографический список
- Приложения

## ВВЕДЕНИЕ

Ленточные конвейеры - основной и наиболее совершенный вид непрерывного транспорта, широко используемый на угольных и рудных шахтах, разрезах и обогатительных фабриках.

При проектировании конвейерных линий этих предприятий в их состав включаются типовые ленточные конвейеры, которые в процессе проектирования подвергаются эксплуатационному (проверочному) расчету для оценки пригодности выбранного из каталогов конвейеров в конкретных производственных условиях.

Такой же расчет выполняют и для конвейеров, находящихся в эксплуатации с целью проверки соответствия расчетных параметров конвейера эксплуатационным.

В настоящем методическом пособии изложена методика ведения эксплуатационного расчета ленточных конвейеров, которая может быть использована студентами при выполнении контрольных работ, курсовых и дипломных проектов.

### 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫБОРА И РАСЧЕТА КОНВЕЙЕРА

Исходными данными для выбора конвейера и его расчета являются:

1. Место установки конвейера
2. Характеристика грузопотока, поступающего на конвейер
3. Расстояние транспортирования  $L$ , м
4. Направление транспортирования (вверх или вниз)
5. Угол наклона конвейера  $\beta$ , град
6. Транспортируемый материал и его насыпная плотность  $\rho$ , т/м<sup>3</sup>
7. Характеристика материала по кусковатости (сортированный или рядовой) и размер куска в поперечнике (средний  $a'_{\text{ср}}$  для сортированного материала, максимальный  $a'_{\text{max}}$  для рядового).
8. Пыле-газовый режим шахты и влажность атмосферы, в которой работает конвейер.

### *Расчетный грузопоток*

Расчетный максимальный грузопоток, поступающий на конвейер, является важнейшим исходным данным, к определению которого следует относиться с особым вниманием.

При курсовом и дипломном проектировании, выполнении домашних контрольных заданий, студент обычно располагает данными о фактическом сменном или суточном грузопотоке, поступающем на конвейер. В этом случае величину расчетного грузопотока следует определять, исходя из следующих положений.

Для разрезов и обогатительных фабрик за расчетный принимается среднечасовой грузопоток, с учетом неравномерности его поступления на конвейер. Величина его определяется по формуле:

$$Q_{\text{ср}} = K_n \frac{A_{\text{сут}}}{t_m}, \text{ т/ч} \quad (1)$$

$A_{\text{сум}}$  - фактический грузопоток, поступающий на конвейер, т/сутки;

$t_{\text{м}}$  - машинное время работы конвейера в течении суток, ч.

В соответствии с нормами технологического проектирования  $t_{\text{м}}=20\text{ч}$  для обогатительных фабрик и  $t_{\text{м}}=$  для разрезов

$K_{\text{н}}$  - коэффициент неравномерности грузопотока.

Для разрезов при наличии аккумулирующего бункера в погрузочном пункте  $K_{\text{н}}=1,25$ , при его отсутствии  $K_{\text{н}}=1,5$ . На обогатительных фабриках для основных трактов горной массы и промпродукта  $K_{\text{н}}=1,25$ , для трактов отходов  $K_{\text{н}}=1,5$ .

## 2. ЗАДАЧИ И РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПОРЯДОК РАСЧЕТА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

При выполнении эксплуатационного расчета типового ленточного конвейера для оценки его пригодности к эксплуатации в конкретных производственных условиях необходимо решить три основные задачи, которые сводятся к проверке:

1. соответствия ширины ленты конвейера расчетному грузопотоку и крупности транспортируемого материала;
2. соответствия прочности ленты конвейера эксплуатационным нагрузкам;
3. соответствия необходимой расчетной мощности двигателей привода конвейера их паспортной или установленной мощности.

Положительные результаты решения этих задач будут свидетельствовать о пригодности к эксплуатации подвергаемого эксплуатационному расчету ленточного конвейера.

### *Рекомендуемый порядок расчета ленточного конвейера*

1. Выбор типа ленточного конвейера по исходным данным.
2. Проверка соответствия ширины ленты конвейера расчетному грузопотоку и крупности транспортируемого материала.
3. Определение линейных масс движущихся частей конвейера, участвующих в создании распределенных сил сопротивления.
4. Определение сил сопротивления на грузовой и порожней ветвях конвейера.
5. Определение места расположения привода.
6. Составление расчетной схемы конвейера.
7. Определение натяжений тягового органа в характерных точках расчетной схемы конвейера.
8. Определение усилия на натяжном устройстве.
9. Расчет конвейерной ленты на прочность.
10. Определение расчетной мощности двигателей приводной станции конвейера.
11. Выбор схемы расстановки двигателей.

## 3. ВЫБОР ТИПОВОГО ШАХТНОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Типовой ленточный конвейер выбирают в соответствии с исходными данными с учетом его приемной способности и характеристики поступающего на кон-

вейер груза. Приемная способность конвейера является одним из важнейших параметров, характеризующих его эксплуатационные качества, так как показывает, какое максимальное количество груза может принять движущаяся лента при наибольшем допустимом ее заполнении. Этот параметр введен в настоящее время в технические характеристики выпускаемых для угольной промышленности конвейеров (приложение 1). Приемная способность конвейера зависит от скорости движения и ширины ленты, угла наклона боковых роликов и угла наклона конвейера.

Минутная приемная способность вычисляется по формуле:

$$Q = 60AVK_1K_2\rho, \text{ т/мин} \quad (2)$$

где  $A$  - поперечное сечение потока груза на ленте,  $\text{м}^2$ .

$V$  - скорость движения ленты,  $\text{м/с}$ .

$K_1$  - коэффициент, учитывающий угол установки конвейера (от  $0^\circ$  до  $6^\circ$   $K_1=1$ , от  $6^\circ$  до  $18^\circ$   $K_1=0,9$ )

$K_2$  - коэффициент, учитывающий условия эксплуатации (для стационарного конвейера  $K_2=1$ , для полустационарного конвейера  $K_2=0,90$ ).

$\rho$  - насыпная плотность груза,  $\text{т/м}^3$  (табл.1).

Следует иметь в виду, что в технической характеристике типового конвейера приводится его приемная способность при горизонтальной установке в регламентированных технической характеристикой условиях эксплуатации.

Поэтому для наклонных конвейеров и конвейеров, работающих в условиях, отличающихся от регламентированных, необходимо откорректировать паспортную величину приемной способности конвейера по формуле:

$$Q_{\phi} = Q_n K_1 \cdot K_2, \quad (3)$$

где:  $Q_{\phi}$  - фактическая величина приемной способности конвейера.

Выбор конвейеров для конвейерных линий, не имеющих усреднительных бункеров, производится с соблюдением условий:

$$\rho Q_{np} \geq Q_{1\max}, \quad (4)$$

где  $\rho$  - насыпная плотность груза,  $\text{т/м}^3$ ;  $Q_{np}$  - приемная способность конвейера,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;  $Q_{1\max}$  - максимальный минутный грузопоток, поступающий на конвейер,  $\text{т/мин}$ .

В соответствии с нормами технологического проектирования транспорта горнодобывающих предприятий для выбора конвейеров, работающих в пределах добычных участков шахт, расчетный грузопоток принимается равным расчетной минутной производительности добычной или погрузочной машины ( $Q_{1\max}$ ,  $\text{т/мин}$ ). На обогатительных фабриках для конвейеров, установленных непосредственно после технологических аппаратов, расчетный грузопоток принимается равным паспортной часовой производительности аппарата. При работе конвейера в магистральных выработках и наклонных стволах шахт и рудников расчетный грузопоток принимается:

- при загрузке конвейера из аккумулирующего бункера - максимальной минутной производительности бункерного питателя,  $\text{т/мин}$

- при отсутствии аккумулирующего бункера - максимальному минутному грузопотоку ( $Q_{1\max}$ ), поступающему из одного очистного забоя или суммарному минутному грузопотоку ( $Q_{1\max\Sigma}$ ) при поступлении его на конвейер из нескольких забоев.

Средний суммарный минутный грузопоток за время поступления груза на сборную транспортную линию

$$Q_{1cp\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{1cpi}, \quad (5)$$

где  $Q_{1cp}$  - средний минутный грузопоток, поступающий на конвейер

$$Q_{1cp} = \frac{A_{cm}}{60t_m}, \text{ т/мин} \quad (6)$$

$A$  - сменный грузопоток, поступающий на конвейер, т/смену

$t_m$  - машинное время работы конвейера в течение смены, ч.

Максимальный суммарный грузопоток

$$Q_{1\max\Sigma} = \sum_{i=1}^n Q_{1cpi} + n_{\epsilon} \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}, \quad (7)$$

где  $n_{\epsilon}$  - вероятностный параметр, зависящий от числа забоев, подающих груз на сборный конвейер,  $n_{\epsilon}=2,4; 2,15; 1,9; 1,7; 1,5; 1,25; 1,0$  при числе забоев соответственно 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8;  $\sigma_i$  - среднее квадратичное отклонение минутных грузопотоков за время поступления по каждому очистному забою, подающему груз на сборный конвейер, т/мин;

$$\sigma = \frac{Q_{1\max} - Q_{1cp}}{2,33}.$$

#### 4.ВЫБОР СТАЦИОНАРНЫХ КОНВЕЙЕРОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Выбор стационарных конвейеров общего назначения для использования на обогатительных фабриках и поверхностных комплексах шахт, имеет свои особенности, так как осуществляется методом подбора вариантов. Типажный ряд стационарных конвейеров (приложение 2) состоит из нескольких групп конвейеров, расположенных в порядке возрастания определяющего группу параметра - ширины ленты. Внутри группы конвейеры расположены в порядке возрастания мощности их привода.

При выборе конвейера из типажного ряда необходимо вначале определить группу конвейеров, из которой его следует выбирать. Для этого определяют ширину ленты конвейера в соответствии с методикой, изложенной в разделе 2. При этом скорость ленты принимают, пользуясь рекомендациями табл.2 и нормальным рядом скоростей в соответствии с ГОСТ 10624-63: 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0. Скорость ленты следует подбирать таким образом, чтобы расчетная ширина ленты была максимально приближена к ближайшей большей стандартной.

Определив группу конвейеров, выбирают из нее конвейер наиболее удовлетворяющий исходным данным расчета. При этом критерием для выбора конвейера

является тип конвейерной ленты типажного конвейера, соответствующий физико-механическим свойствам транспортируемого материала (см. приложение 3) и ее разрывная прочность. Конвейер выбирается приближенно, после чего ведется его проверочный расчет по методике, изложенной в последующих разделах. Окончательно вопрос о выборе конвейера решается после проверочного расчета на прочность конвейерной ленты приближенно выбранного конвейера. При завышенной прочности ленты необходимо переориентироваться на конвейер с большей прочностью ленты. В обоих случаях корректировка расчета сводится только к повторному расчету на прочность конвейерной ленты вновь выбранного конвейера.

## 5.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ РАСЧЕТА КОНВЕЙЕРА

Выбранный из каталогов по приемной способности шахтный конвейер подвергается эксплуатационному (проверочному) расчету его параметров по максимальной часовой эксплуатационной нагрузке, которая определяется с учетом продолжительности загрузки несущего полотна конвейера

$$Q_{\Sigma} = 60Q_{1-p} K_t \quad (8)$$

или

$$Q_{\Sigma} = 60Q_{1cp} \sum K_t \quad (9)$$

где  $K_t$  - расчетный коэффициент нагрузки (табл.3), выбирается в зависимости от времени загрузки несущего полотна конвейера  $t_k$  и коэффициента неравномерности минутного грузопотока  $k_1$ ,

$$t_k = \frac{L_k}{60V_k}$$

где  $L_k$  - длина конвейера, м;  $V_k$  - скорость несущего полотна конвейера,

$$K_1 = \frac{Q_{1max}}{Q_{1cp}} \quad \text{или} \quad K_1 = \frac{Q_{1max} \sum}{Q_{cp} \sum}$$

Таблица 3

Значение расчетного коэффициента нагрузки  $K_t$

Минутный коэффициент неравномерности	Продолжительность загрузки несущего полотна $K_t$ , мин									
	2 и меньше	4	6	8	10	12	14	16	18	20 и больше
2,6 и больше	2,37	2,18	2,09	2,02	1,97	1,92	1,88	1,85	1,81	1,78
2,4	2,20	2,04	1,95	1,88	1,83	1,78	1,74	1,71	1,68	1,65
2,2	2,03	1,88	1,80	1,73	1,68	1,64	1,61	1,58	1,54	1,51
2,0	1,86	1,74	1,66	1,61	1,56	1,52	1,49	1,45	1,43	1,41
1,8	1,70	1,59	1,53	1,48	1,44	1,41	1,38	1,36	1,34	1,32
1,6	1,53	1,45	1,40	1,36	1,33	1,30	1,28	1,26	1,25	1,24
1,4	1,36	1,31	1,27	1,24	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15

1,2 и меньше	1,18	1,15	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06
-----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Для конвейеров общего назначения, используемых на обогатительных фабриках и в поверхностных комплексах шахт, эксплуатационная нагрузка принимается равной расчетному часовому грузопотоку, поступающему на конвейер (формула 1).

## 6. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РАСЧЕТ КОНВЕЙЕРА

6.1. Проверка соответствия ширины ленты конвейера расчетному грузопотоку и крупности транспортируемого материала производится по формуле:

$$B_p = 1,1 \left( \sqrt{\frac{Q_p}{K_{\Pi} V \rho \psi}} + 0,05 \right) \leq B_{\Pi} \quad (10)$$

где  $B_p$  - расчетная ширина ленты, м

$B_{\Pi}$  - паспортная ширина ленты конвейера, м

$Q_p$  - максимальный расчетный грузопоток, т/ч.

Для подземных конвейеров и конвейеров для открытых работ

$$Q_p = 60 I_{\max}$$

$V$  - паспортная скорость движения ленты, м/сек.

$\rho$  - насыпная плотность материала, т/м<sup>3</sup>

$K_{\Pi}$  - коэффициент производительности (табл.4)

$\psi$  - коэффициент загрузки ленты (табл.5 и 1), зависящий от угла наклона конвейера.

Паспортная ширина ленты проверяется также по крупности транспортируемого материала

$$B_{\Pi} \geq 2a'_{\max} + 200, \text{ мм} \quad (11)$$

$$B_{\Pi} \geq 3,3a'_{\text{ср}} + 200, \text{ мм} \quad (12)$$

Минимальная ширина ленты для конвейеров, работающих на шахтах, и для магистральных конвейеров обогатительных фабрик принимается равной 800 мм.

## 6.2. Определение линейных масс движущихся частей конвейера

Определяются линейные массы груза ( $q$ ), ленты ( $q_{\text{л}}$ ), а также массы вращающихся частей роlikоопор на грузовой и порожней ветвях ( $q'_p, q''_p$ ). Линейная масса груза

$$q = \frac{Q_g}{3,6V} \quad (13)$$

Линейная масса резиноканевых лент принимается по табл.6 или определяется расчетом по формуле

$$q_{\text{л}} = \gamma_{\text{л}} B_{\Pi} (i\delta + \delta' + \delta''), \text{ кг/м} \quad (14)$$

где  $\gamma_{\text{л}} = 1,1$  - объемная масса ленты, т/м<sup>3</sup>;

$B_{\text{л}}$  - паспортная ширина ленты, м;

$\delta$  - толщина одной прокладки, мм (приложение 3);

$\delta', \delta''$  - толщина верхней и нижней обкладок (табл.7), мм

$i$  - число прокладок в ленте, которое принимается ориентировочно в пределах числа прокладок, установленного для выбранного типа и ширины ленты (приложение 4), а затем уточняется при окончательном расчете ленты на прочность. Линейная масса резинотросовых лент выбирается из их технической характеристики (приложение 5).

Линейные массы вращающихся частей роlikоопор определяются по формулам:

$$q'_p = \frac{m'_p}{l'_p}, \text{ кг/м} \quad (15)$$

$$q''_p = \frac{m''_p}{l''_p}, \text{ кг/м} \quad (16)$$

где  $m'_p$  и  $m''_p$  - масса вращающихся частей роlikоопор соответственно на грузовой и порожней ветвях ленты (табл.8)

$l'_p$  и  $l''_p$  - расстояние между роlikоопорами на грузовой и порожней ветвях конвейера, м., принимается в соответствии с технической характеристикой конвейера. При отсутствии ее  $l'_p$  принимается по табл.9, а  $l''_p = 2l'_p$ .

### 6.3. Определение сил сопротивлений на грузовой и порожней ветвях конвейера

Сопротивление движению на грузовой ветви конвейера

$$W_{\text{гр}} = gL[(q + q_{\text{л}} + q'_p)w \cos \beta \pm (q + q_{\text{л}}) \sin \beta], \text{ Н} \quad (17)$$

Сопротивление движению на порожней ветви конвейера

$$W_{\text{п}} = gL[(q_{\text{л}} + q''_p)w \cos \beta \pm q_{\text{л}} \sin \beta], \text{ Н} \quad (18)$$

где  $w$  - коэффициент сопротивления движению (табл.10)

При наличии на грузовой ветви устройств для промежуточной разгрузки к сопротивлению на грузовой ветви прибавляется дополнительное сопротивление от этих устройств, определяемое по формулам:

Для плужкового сбрасывателя

$$W_{\text{ПС}} = 2,7qgB, \text{ Н} \quad (19)$$

Для 2-х барабанной сбрасывающей тележки

$$W_{\text{Т}} = 300gB^2, \text{ Н} \quad (20)$$

$B$  - ширина ленты, м

### 6.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИВОДА

Выбор места расположения привода конвейера производится с учетом выполнения требований правил безопасности и правил технической эксплуатации ленточных конвейеров. При этом необходимо проверить возможность такой установки привода, при соблюдении указанных выше требований, при которой длина



участков конвейерной ленты, испытывающих при работе максимальные натяжения, была бы по возможности наименьшей.

Это условие будет соблюдено, если привод будет установлен в конце ветви с наибольшим сопротивлением движению. В соответствии с этим привод устанавливают:

при работе конвейера по горизонтали или вверх - всегда в конце грузовой ветви;

при работе конвейера вниз - место установки привода зависит от соотношения между  $W_{\text{гр}}$  и  $W_n$ :

при  $W_{\text{гр}} > W_n$  - в конце грузовой ветви (внизу);

при  $W_{\text{гр}} = W_n$  - в конце грузовой или порожней ветви;

при  $W_{\text{гр}} < W_n$  - в конце порожней ветви (вверху).

Если величина сопротивления грузовой ветви  $W_{\text{гр}}$  бремсбергового конвейера отрицательна и по абсолютной величине больше  $W_n$ , то конвейер, как правило, самодействующий и его двигатель работает в генераторном режиме (обычно при  $\beta > 6^\circ$ ).

## 6.5. РАСЧЕТНАЯ СХЕМА КОНВЕЙЕРА

Расчетная схема конвейера должна давать ясные представления о схеме обводки барабанов конвейера лентой, направлении и расстоянии транспортирования, угле наклона конвейерной установки, месте расположения приводной станции и натяжной станций. Примеры изображения расчетной схемы ленточного конвейера приведены на рис.1.

## 6.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЙ В ЛЕНТЕ КОНВЕЙЕРА

Для проверки на прочность ленты конвейера необходимо знать ее максимальное натяжение при рабочей нагрузке, которое находят, выполняя расчет натяжений.

Для определения натяжений в ленте используется метод обхода контура расчетной схемы конвейера по точкам. С этой целью на расчетной схеме обозначаются и нумеруются все точки сопряжения прямолинейных и криволинейных участков.

За начальную точку (точку 1) при обходе по контуру принимается точка сбега ленты с приводного (или с приводных) барабана. Остальные точки нумеруются от точки 1 по ходу движения ленты.

Расчет начинают с определения необходимой величины предварительного натяжения ленты, создаваемой перед пуском конвейера в точке сбега с приводного барабана  $S_{\text{сб}} = S_1$ , которое должно обеспечивать выполнение следующих условий:

1. Лента не должна буксовать по приводным барабанам в период пуска загрузенного конвейера (наиболее тяжелый режим работы).

2. Стрела провисания ленты между роликоопорами в точке с наименьшим натяжением на нагруженной грузовой ветви не должна превышать нормативной величины.

Обычно определяет натяжение  $S_{сб}$  по первому условию, а затем проверяют по второму.

По первому условию натяжение в точке сбегаания

$$S_{сб} = \frac{K_T F}{e^{f\alpha} - 1}, \quad (21)$$

$K_T$  - коэффициент запаса сил трения на приводных барабанах. Значения  $K_T=1,2-1,4$ . Большие принимаются для конвейеров с жесткими натяжными устройствами (винтовыми, лебедочными) и приводами, не имеющими устройств для смягчения пуска конвейера. Меньшие - для конвейеров с податливыми натяжными устройствами (грузовыми, автоматическими) и приводами, снабженными для смягчения пуска конвейера (например, гидромuftами с дополнительным объемом).

$F$  - тяговое усилие на ободу приводных барабанов конвейера. С достаточным приближением  $F$  может быть найдено по формуле:

$$F = K_c (W_{гр} + W_n), \quad (22)$$

$K_c$  - коэффициент, учитывающий сосредоточенные сопротивления на поворотных пунктах и криволинейных участках конвейера.

$e^{f\alpha}$  - тяговый фактор приводных барабанов (табл. 12)

Величина  $K_c$  в зависимости от длины конвейера:

$L$	10	20	30	50	80	100	200	300	400	600	830	1000	1500
$K_c$	4,5	3,2	2,6	2,2	1,9	1,75	1,45	1,3	1,25	1,15	1,1	1,08	1,05

Чтобы найти значение  $e^{f\alpha}$  по табл.11 необходимо знать суммарный угол обхвата приводных барабанов, состояние их поверхности (футерованная или не футерованная) и состояние окружающей атмосферы (сухо, влажно, очень влажно).

Значения натяжений в любой последующей  $n$ -й точке ( $S_n$ ) определяется путем суммирования натяжения в предыдущей точке с сопротивлением, действующим на участке между этими точками

$$S_n = S_{n-1} + W_{(n-1)-n} \quad (23)$$

Сопротивления на прямолинейных участках трассы конвейера определяются предварительно по уравнениям (17)-(20). Сосредоточенные сопротивления на каждом из криволинейных участков учитываются путем повышения значения натяжения ленты в точке сбегаания с этого участка на 3-5% в сравнении с натяжением в точке набегания

$$S_{сб.кр.} = K S_{нб.кр.}$$

Значения коэффициента  $K$  зависят от угла поворота  $\alpha_{кр}$  трассы конвейера

$$K=1,03 - 1,04 \quad \text{при } \alpha_{кр}=90^\circ$$

$$K=1,04 - 1,05 \quad \text{при } \alpha_{кр}=180^\circ$$

Применительно к схеме на рис.1(а)

$$S_{сб.} = S_1; \quad S_2 = S_1;$$

$$S_3 = KS_2; \quad K=1,04;$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} \quad (W_n)$$

$$S_5 = KS_4; \quad S_6 = S_5 + W_{5-6} \quad (W_{зп})$$

$$S_7 = KS_6; \quad S_8 = S_7$$

$$S_9 = KS_8; \quad S_{10} = S_9$$

Полученная расчетная величина наименьшего натяжения ленты на грузовой ветви ( $S_{зп.min}$ ) проверяется по условию соблюдения допустимой стрелы провисания ленты между роlikоопорами в соответствии с уравнением

$$S_{зп.min} \geq 6,25(q + q_n)l'_p g \quad (24)$$

Если это условие не выполняется, необходимо сделать перерасчет натяжений, приняв за начальную точку с наименьшим натяжением на грузовой ветви и назначив в ней значение натяжения в соответствии с формулой (24).

Затем от этой точки производят обход по контуру в обе стороны к точкам набегания и сбегания ленты с приводного барабана и находят новые величины  $S_{нб.}$  и  $S_{сб.}$ , удовлетворяющие условию провисания ленты. Например, применительно к схеме на рис.1(б)

$$S_0 = S_{зп.min} = S_5 = 6,25(q + q_n)l'_p g;$$

$$S_4 = \frac{S_5}{K}; \quad S_3 = S_4 - W_{4-3}; \quad S_2 = \frac{S_3}{K}; \quad S_1 = S_2 - W_{2-1};$$

$$S_6 = S_5 + W_{5-6}; \quad S_7 = KS_6; \quad S_8 = S_7 + W_{7-8}.$$

Выполнив расчет натяжений, из полученных значений выбирают максимальное, которое и используют для расчета ленты на прочность. У горизонтальных конвейеров и наклонных конвейеров, работающих вверх, таким натяжением всегда будет натяжение в точке набегания ленты на приводные барабаны.

У конвейеров, работающих вниз (бремсберговых) положение точки с максимальным натяжением зависит от угла наклона конвейера.

#### 6.6.1. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НАТЯЖЕНИЙ НАКЛОННЫХ КОНВЕЙЕРОВ

При расчете наклонных конвейеров, работающих вверх, величина сопротивления на их порожней ветви может оказаться отрицательной

В этом случае при расчете натяжений по первому условию необходимо сопоставить абсолютную величину отрицательного сопротивления  $/W_e/$  с величиной натяжения  $S_{сб.}$ .

Если окажется, что  $/W_e/ > S_{сб.}$  то следует сделать вывод, что условие отсутствия буксования ленты по приводным барабанам будет обеспечено при любом предварительном натяжении ленты за счет действия продольной составляющей веса сбегавшей с приводного барабана ветви ленты конвейера. В этом случае дальнейший расчет натяжений по первому условию не ведут, так как он приводит к получению отрицательных значений натяжения не имеющих физического смысла.

Расчет натяжений ведут только по второму условию, приняв в точке наименьшего натяжения грузовой ветви натяжение  $S_{зр.min}$ , подсчитанное по формуле (24).

У бремсберговых конвейеров при углах наклона  $\beta > 5^\circ$  сопротивление на грузовой ветви обычно получается отрицательным. В этом случае расчет натяжений целесообразно выполнить вначале по условию обеспечения нормального провисания ленты между роlikоопорами, приняв за начальную точку с наименьшим натяжением на грузовой ветви и назначив в ней значение натяжения, равное  $S_{зр.min}$ . Выполнив расчет следует проверить, соблюдается ли при этом условие, при котором лента не будет проскальзывать по приводным барабанам.

Проверка осуществляется по формуле

$$\frac{K_T S_{max.пр.}}{S_{min.пр.}} \leq e^{f\alpha} \quad (25)$$

где  $S_{max.пр.}$  и  $S_{min.пр.}$  - соответственно максимальное и минимальное натяжение ленты на приводе конвейера, полученные предыдущим расчетом.

$K_T = 1,2 - 1,4$  - запас сил трения на приводных барабанах

$e^{f\alpha}$  - тяговый фактор приводных барабанов

Если условие отсутствия проскальзывания ленты по барабанам не соблюдается, необходимо сделать перерасчет натяжений по этому условию, приняв за начальную точку с наименьшим натяжением ленты на приводе.

## 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ НА НАТЯЖНОМ УСТРОЙСТВЕ КОНВЕЙЕРА

Усилие на натяжном устройстве (вес натяжного груза) равно сумме натяжений ленты в точках ее набегания и сбега с натяжного барабана.

$$F_H = S_{нб.н} + S_{сб.н.} \quad (26)$$

## 8. РАСЧЕТ ЛЕНТЫ НА ПРОЧНОСТЬ

Расчет выполняется по формулам:

для резинотросовых лент

$$m_\phi = \frac{S_{разр}}{S_{max}} \geq [m], \quad (27)$$

для резинотканевых лент

$$i_p = \frac{[m] S_{max}}{B \sigma_p} \quad (28)$$

$[m]$  - допускаемый коэффициент запаса прочности лент (табл.12)

$S_{max}$  - максимальное статическое натяжение ленты, полученное расчетом

$S_{разр}$  - полное разрывное усилие резинотросовой ленты (прилож.5)

$B$  - ширина ленты, мм

$\sigma_p$  - разрывное усилие 1 мм ширины прокладки (приложение 3)

$m_\phi$  - фактический коэффициент запаса прочности резинотросовой ленты

$i_p$  - расчетное число прокладок в ленте конвейера

При расчете ленты на прочность необходимо принимать тип ленты, указанный в технической характеристике конвейера.

Дробное значение расчетного числа прокладок округляется до целого в большую сторону и сопоставляется с числом, установленным для данного типа ленты и ее ширины (приложение 5). Принимаемое число прокладок должно находиться в пределах, установленных для данного типа и ширины ленты.

При расчете на прочность лент конвейеров общего назначения, используемых обычно на обогатительных фабриках, нужно сопоставить расчетное значение числа прокладок  $i_p$  с паспортным значением числа прокладок  $i_n$  выбранного конвейера. Если  $i_p < i_{\Pi}$  или  $i_p > i_{\Pi}$ , необходимо переориентироваться на конвейер той же группы, но, соответственно, с большей или меньшей прочностью ленты. В обоих случаях необходимо сделать повторно расчет ленты на прочность вновь выбранного конвейера с использованием результатов выполненного расчета натяжений ленты. Если при расчете на прочность лент подземных конвейеров окажется, что  $m_{\phi} < [m]$  (при резинотросовых лентах) или  $i_p > i_{\Pi}$  (при резинотканевых) необходимо на рассматриваемом расстоянии транспортирования предусматривать последовательную установку нескольких конвейеров того же типа, но меньшей длины.

Число таких конвейеров определяют по формуле:

$$n = \frac{S_{\max}}{S_{\text{дон}}} \quad (29)$$

где  $S_{\text{дон}}$  - допустимое натяжение ленты

Для резинотросовой

$$S_{\text{дон}} = \frac{S_{\text{разр}} B}{[m]}, \text{ кН} \quad (30)$$

для резинотканевой

$$S_{\text{дон}} = \frac{B \cdot i_n \cdot \sigma_p}{[m]}, \text{ кН} \quad (31)$$

Дробное число конвейеров округляют в большую сторону до целого числа. Длину каждого конвейера принимают одинаковой и равной

$$l = \frac{L}{n}$$

## 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИВОДНОЙ СТАНЦИИ КОНВЕЙЕРА

Расчет суммарной мощности двигателей приводной станции ведется по формуле

$$N_p = K_p \frac{FV_n}{1000\eta}, \text{ кВт} \quad (32)$$

где  $N_p$  - расчетная мощность двигателей, кВт

$K_p = 1,15-1,20$  - коэффициент резерва мощности

$V_n$  - паспортная или выбранная скорость движения ленты, м/с

$\eta$  - коэффициент полезного действия механической передачи

$\eta = 0,87-0,92$

$F$  - тяговое усилие на валу двигателя

$$F = S_{нб} - S_{сб} + f_n(S_{нб} + S_{сб}), \text{ Н} \quad (33)$$

где  $S_{нб}$  - натяжение в точке набегания ленты на первый приводной барабан,  
Н

$S_{сб}$  - натяжение в точке сбегания с приводных барабанов, Н

$f_n$  - приведенный коэффициент трения в подшипниках вала приводного барабана  $f_n = 0,03$

У бремсберговых конвейеров (или у конвейеров транспортирующих груз вниз) в большинстве случаев двигатели при рабочем ходе конвейера работают в генераторном режиме, вследствие отрицательного значения суммарного сопротивления движению.

При холостом ходе конвейеров значение суммарного сопротивления движению будет, как правило, положительным. В этом случае двигатели конвейера будут работать в двигательном режиме. В соответствии с этим, расчет мощности привода бремсберговых конвейеров ведется в двух вариантах.

1. Для генераторного режима работы двигателей, при работе загруженного конвейера.

$$N_n = K_p \frac{[F]V_n\eta}{1000}, \text{ кВт} \quad (34)$$

2. Для режима работы двигателей при работе конвейера на холостом ходу.

$$N_o = K_p \frac{F_{x.x}V_n}{1000\eta}, \text{ кВт} \quad (35)$$

Тяговые усилия при холостом ходе конвейера определяются по формуле

$$F_{x.x.} = K_c(W_e + W_n),$$

где  $W_e$  и  $W_n$  - сопротивления верхней и нижней ветвей конвейера, определяемые по формуле (18), в которой коэффициент сопротивления при холостом ходе конвейера следует принять увеличенным по сравнению с расчетным на 30%.

$$w_{x.x.} = 1,3w$$

$K_c$  - коэффициент сосредоточенных сопротивлений.

Из полученных двух расчетных значений мощности выбирается наибольшее, по которому ведется выбор установленной мощности двигателя.

## 10. ВЫБОР ДВИГАТЕЛЕЙ КОНВЕЙЕРА И СХЕМЫ ИХ РАССТАНОВКИ

При выборе двигателей конвейера и схемы их расстановки могут встретиться следующие случаи:

1. В соответствии с технической характеристикой конвейера привод однобарабанный с одним приводным блоком.

2. То же, но с двумя приводными блоками.

3. Привод конвейера двухбарабанный с одним приводным блоком.

4. Привод конвейера двухбарабанный с несколькими приводными блоками.

Для 1-го и 3-го случаев двигатель выбирается из каталогов со значением мощности ближайшим большим к величине расчетной, но не превышающей мощности  $N_n$  двигателя конвейера. Схема установки двигателя принимается в соответствии с паспортом конвейера.

Для 2-го случая при выборе двигателей решается вопрос и о числе приводных блоков.

При  $N_p \leq N_n$  к установке принимается один приводной блок с ближайшей большей к расчетному значению мощностью двигателя. При  $N_p > N_n$  к установке принимается два приводных блока. Выбор двигателя для каждого приводного блока производится по расчетной установленной мощности двигателя  $N'_p$ , приходящейся на один блок.

Для 4-го случая число приводных блоков и мощность их двигателей устанавливаются с учетом того, что тяговая способность приводных барабанов конвейера будет не одинакова, вследствие разных значений натяжений  $S_{нб}$  и  $S_{сб}$  для каждого из этих барабанов. Суммарная тяговая способность приводных барабанов.

$$F = S_{сб}(e^{f(\alpha_1 + \alpha_2)} - 1) \quad (36)$$

где:  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - углы обхвата лентой соответственно 1-го и 2-го приводных барабанов. Обычно  $\alpha_1 = \alpha_2$

Тяговая способность 2-го по ходу ленты приводного барабана.

$$F_2 = S_{сб}(e^{f\alpha_2} - 1) \quad (37)$$

Тогда тяговая способность 1-го по ходу движения ленты приводного барабана будет равна:

$$F_1 = F - F_2 = S_{сб}[(e^{f(\theta\alpha_1 + \alpha_2)} - 1) - (e^{f\alpha_2} - 1)] \quad (38)$$

Соотношение между мощностями двигателей приводных барабанов  $N_1$  и  $N_2$  будет определяться, очевидно, соотношением их тяговых способностей, которое носит название коэффициента распределения мощности между приводными барабанами при номинальной нагрузке.

$$K_p = \frac{N_1}{N_2} = \frac{F_1}{F_2}$$

Подставляя развернутые значения  $F'$  и  $F''$ , получаем

$$K_p = \frac{e^{f\alpha_2}(e^{f\alpha_1} - 1)}{e^{f\alpha_2} - 1} \quad (39)$$

Мощность двигателей 1-го и 2-го по ходу ленты барабанов

$$N_1 = \frac{K_p N_p}{K_p + 1} \quad (40) \quad N_2 = \frac{N_p}{K_p + 1} \quad (41)$$

В соответствии с полученными значениями решают вопрос о количестве приводных блоков, мощности их двигателей и схеме их расстановки.

## 11. ПРИБЛИЖЕННЫЙ РАСЧЕТ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Приближенный или ориентировочный расчет ленточных конвейеров общего назначения обычно предшествует детальному расчету с целью более точного предварительного выбора конвейера из типового ряда. В ряде случаев, например, при проектировании обогатительных фабрик, он используется как основной, если позволяет определить с допустимой погрешностью параметры ленточного конвейера.

Ширину ленты конвейера при ориентировочном расчете определяют также как и при детальном расчете по формулам (10), (11) и (12).

Для определения мощности двигателя тяговое усилие на приводном барабане конвейера с прямолинейной трассой определяется по формуле (22). Для конвейеров с комбинированной трассой тяговое усилие определяют как сумму сопротивлений на наклонном ( $L_n$ ) и горизонтальном ( $L_z$ ) участках трассы конвейера по формуле

$$F = K_1 g [(L_n \cos \beta + L_z)(q + 2q_l + q'_p + q''_p)w] \pm q L_n g \sin \beta, \text{ Н} \quad (42)$$

При наличии у конвейера устройств для промежуточной разгрузки в формулу (42) вводят их сопротивления, подсчитанные по формулам (19) и (20).

Для определения мощности двигателя используют формулу (32). Полученные значения ширины ленты и мощности двигателя позволяют с достаточной точностью выбрать конвейер из типового ряда (приложение 2), который затем проверяется детальным расчетом.

Если детальный расчет вести не требуется, то для конвейеров, работающих вверх, определяют максимальное натяжение в ленте

$$S_{\max} = S_{нб} = K_T F \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha}-1} \quad (43)$$

Определив  $S_{\max}$  находят по формуле (28) необходимое число прокладок в ленте, которой оснащается выбранный из типового ряда конвейер.



# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

№ п/п	Наименование дисциплины	Автор, название, место издания, издательство, год издания	Кол-во экз. <sup>1</sup>	Электронный ресурс
Основная литература (печатные / электронные издания)				
1.	Горные машины и оборудование, часть 2	<b>Основы проектирования и эксплуатации технического оборудования:</b> учеб.-метод. комплекс / сост.: В. И. Костенко [и др.]. - СПб. : Изд-во СЗТУ, 2010. - 111 с. - Библиогр.: с. 22		<a href="http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&amp;view=irbis&amp;Itemid=374">http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&amp;view=irbis&amp;Itemid=374</a>
2.		<b>Основы проектирования обогатительных фабрик Адамов, Э.В.</b> [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э.В. Адамов. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2012. — 647 с.		<a href="https://e.lanbook.com/reader/book/47414/#1">https://e.lanbook.com/reader/book/47414/#1</a>
3.		<b>Транспортные машины непрерывного действия:</b> Тарасов Ю.Д., учебное пособие Санкт-Петербург, СПГИ (ТУ) 2009», 544	16	
Дополнительная литература (печатные / электронные издания)				
1.	Горные машины и оборудование, часть 2	<b>Машины непрерывного транспорта</b> Рачков, Е. В: Учебное пособие. - М.: Альтаир-МГАВТ, 2014. - 164 с.		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=503072">http://znanium.com/bookread2.php?book=503072</a>
2.		<b>Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий:</b> Пособие / Галкин В.И., Дмитриев В.Г., Дьяченко В.П., - 2-е изд. - М.:Горная книга, 2011. - 545 с.: ISBN 978-5-98672-209-2		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=995184">http://znanium.com/bookread2.php?book=995184</a>