

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ГОРИЗОНТАЛЬНО– НАКЛОННОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА С ВЫСОКИМИ СКРЕБКАМИ

Гавриленко Р.Э., студент,
Скляров Н.А., канд. техн. наук, проф.,
Донецкий национальный технический университет

Рассмотрены методы эффективного расчета скребкового конвейера с высокими скребками, который имеет горизонтальную и наклонную части

Скребокковые конвейеры с высокими скребками широко применяются для транспортирования сыпучих грузов. При их создании и модернизации необходимо решить множество локальных задач, в том числе рассчитать параметры желоба, скребков, сопротивлений движению и натяжений тягового органа, при которых скребки работали бы устойчиво без чрезмерных отклонений назад, определить мощность привод и др. Поэтому разработка алгоритма расчета указанного конвейера является актуальной научной задачей.

В учебном пособии для вузов [1] в разделе транспорт конвейерами приведены порядок и методика расчета скребковых конвейеров, в том числе расчет производительности конвейера и сопротивлений движению тяговой цепи и её натяжений в характерных точках, проверка тяговой цепи на прочность и расчет мощности двигателей для двигательного и тормозного режима, однако эта методика полностью учитывает особенности условий работы забойных шахтных конвейеров. В другом учебном пособии [2] так же не отражены вопросы расчета скребковых конвейеров с высокими перегородками и комбинированными углами их установки для сложных трасс транспортирования грузов. Успешному решению отдельных задач для указанных типов конвейеров способствуют труды научно-исследовательских, проектно-конструкторских и учебных институтов (Гипроуглемаш, Донгипроуглемаш, ДонУГИ, ИГД им. А.А.Скочинского, ДонНТУ, МГГУ и многие другие).

Целью настоящей работы является снижение трудоемкости операций проектировщика при выборе транспортного оборудования для заданных условий эксплуатации.

В настоящей работе решаются следующие взаимосвязанные задачи:

- обоснование выбора скорости движения тягового органа;
- дается выражение для определения расчетной производительности скребкового конвейера;
- по заданной производительности определяется рабочая ширина желоба;
- определяется суммарное сопротивление движению тягового органа с учетом горизонтального и наклонного участков конвейера;
- рассчитывается тяговое усилие на приводной звездочке;
- рассчитывается мощность приводного электродвигателя;
- определяются усилия в тяговом органе (в набегающей и сбегаящей ветвях);
- выбирают цепь по коэффициенту запаса прочности и уточняют этот коэффициент;
- подбирают электродвигатель, определяют передаточное число и komponуют привод.

Для решения поставленных задач принимаем расчетную схему скребкового конвейера с высокими скребками (рис. 1).

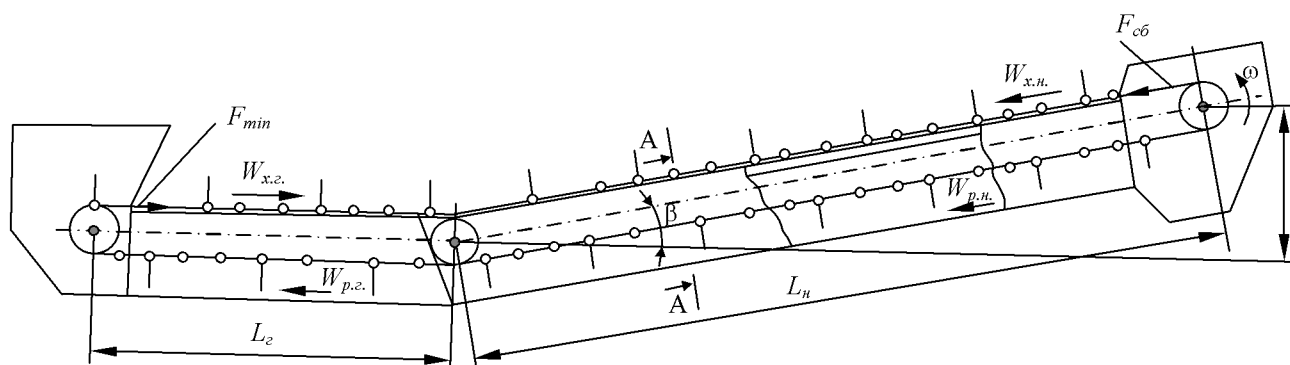


Рисунок 1 – Расчетная схема скребкового конвейера

На основе всестороннего анализа существующих схем скребковых конвейеров, методик расчёта и опытного их апробирования авторами предложен следующий алгоритм расчёта горизонтально–наклонного скребкового конвейера с высокими скребками.

1. Скорость транспортирования принимают постоянной или регулируемой в определенном диапазоне в зависимости от

назначения конвейера. Скорость движения тягового органа скребковых конвейеров меньше скорости движения ленты ленточных конвейеров в следствие больших потерь на трение.

2. Расчетная производительность скребкового конвейера, т/ч:

$$Q = 3600F\gamma v = 3600Bh\psi k_{\beta} v,$$

где F – расчетная площадь груза в желобе, м²; B, h – соответственно ширина и высота желоба, м; ψ - коэффициент заполнения желоба: 0,5...0,6 для легкосыпучих грузов и 0,7...0,8 для плохосыпучих грузов; k_{β} – экспериментально полученный коэффициент, зависящий от угла наклона желоба; ρ - плотность транспортируемого груза, т/м³; v - скорость движения цепи, м/с.

Коэффициент соотношения ширины и высоты скребка

$$k_{\beta} = \frac{b_{ск}}{h_{ск}},$$

где $b_{ск}$ – ширина скребка, мм; $h_{ск}$ – высота скребка, мм.

Коэффициент k_{β} выбирается по таблице 1.

Таблица 1 – Значение коэффициента k_{β}

Груз	Угол наклона конвейера					
	0	10	20	30	35	40
Легкосыпучий	1,0	0,85	0,65	0,5	0,2	-
Плохосыпучий, кусковой	1,0	1,0	1,0	0,75	0,6	0,5

3. Обычно при проектировании конвейеров непрерывного действия необходимо выбрать геометрические параметры конвейера заданной производительности для транспортирования определенного груза. В зависимости от физико-механических свойств груза выбирают рабочую скорость транспортирования, определяют геометрические размеры скребка конвейера, способ их крепления.

4. По заданной производительности находят рабочую ширину желоба

$$B = \sqrt{\frac{(2...4)Q}{3600\rho r k_{\beta} \psi}}.$$

Полученную ширину желоба округляют по типовым размерам ширины скребка (по ГОСТ 7116-77 $b_{ск}=120...1200$ мм) с учетом зазора между желобом и скребком на каждую сторону по 5...15 мм.

Высота скребка обычно больше высоты желоба на 25...50 мм. Шаг скребка $t_{ск} = (2...4)h_{ск}$.

Вычисленная ширина желоба и шаг скребков должны быть проверены по кусковатости груза. Расстояние между скребками и ширина желоба должны удовлетворять условиям

$$t_{ск} \geq 1,5\alpha_{max}; B \geq k_c \alpha_{max},$$

где k_c – коэффициент, зависящий от конструкции конвейера и характера груза: для двухцепных конвейеров и сортированных грузов 3...4; для несортированных грузов 2...2,5; для одноцепных конвейеров соответственно 5...7 и 3...3,5.

5. Типы приводного, натяжного, загрузочного и разгрузочного устройств предварительно выбирают с учетом общих и специфических требований, предъявляемых к конструкции, а также возможности использования стандартных и унифицированных узлов и элементов конструкции.

Суммарное сопротивление движению тягового органа скребкового конвейера, Н

$$W_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n W_i = W_{зр.н} + W_{зр.г} + W_{нор.н} + W_{нор.г},$$

где W_i – сопротивление на i -м участке; n – число участков.

Сопротивление перемещению груза и тягового органа (цепи со скребками) на рабочем наклонном участке длиной $L_{зр.н}$

$$W_{зр.н} = L_{зр.н} g (q_{зр} + q_{ц}) (\omega' \cos \beta + \sin \beta),$$

где $q_{зр}$ – линейная плотность груза, кг/м; $q_{ц}$ – линейная плотность тягового органа, кг/м; ω' – коэффициент сопротивления перемещению груза по желобу: для скребковых конвейеров $\omega' = 0,3...1,0$; β – угол наклона ветви конвейера, град.

Сопротивление перемещению груза и тягового органа (цепи) на рабочем горизонтальном участке длиной $L_{зр.г}$.

$$W_{зр.г} = L_{зр.г} g (q_{зр} + q_{ц}) \omega'.$$

Сопротивление движению порожней ветви тягового органа на горизонтальном участке длиной $L_{нор.г}$

$$W_{нор.г} = L_{нор.г} g q_{ц} \omega'_{ц},$$

где $\omega'_{ц}$ – коэффициент сопротивления перемещения тягового органа: для катковых цепей 0,1...0,13; для цепей без катков

(перемещающихся скольжением) 0,25...0,4 (большее значение принимают для конвейеров меньшей производительностью).

Сопротивление движению порожней ветви тягового органа на наклонном участке длиной $L_{пор.н}$

$$W_{пор.н} = L_{пор.н} g q_{ц} (\omega'_{ц} \cos \beta - \sin \beta).$$

Знак (-) указывает на то, что на рассматриваемом участке $W_{пор.н}$ является движущей силой, направленной в сторону движения тягового органа (рис. 1).

6. Расчетное тяговое усилие (окружная сила) на приводной звездочке

$$W_0 = (\omega'_0)^m \sum_{i=1}^n W_i = (\omega'_0)^m [W_{зр.н} + W_{зр.г} + W_{пор.н} + W_{пор.г}],$$

где $\omega'_0 = 1,05...1,1$ – коэффициент сопротивления на натяжной и отклоняющей звездочках, учитывающий потери в шарнирах цепи при их огибании и потери в подшипниках; m – число звездочек, кроме приводной.

7. Расчетная мощность приводного электродвигателя, кВт.

$$N = \frac{k_m W_0 v}{1000 \eta_0},$$

где η_0 – КПД всего передающего механизма, включая приводные звездочки.

8. Определение усилий в тяговом органе.

Усилия в набегающей ветви тягового органа

$$S_{нб} = W_0 + S_{сб}.$$

Усилия в сбегающей ветви тягового органа в общем случае

$$S_{сб} = (1,0...1,15) S_{min},$$

где S_{min} – минимальное натяжение тягового органа, Н.

В конкретном случае $S_{сб}$ можно определить суммированием всех сил, действующих на порожнюю ветвь цепи (рис. 2)

$$S_{сб} = S_{min} - W_{пор.г} + W_{пор.н}$$

В конвейерах с высокими скребками при недостаточном натяжении цепи скребок отклоняется назад под действием

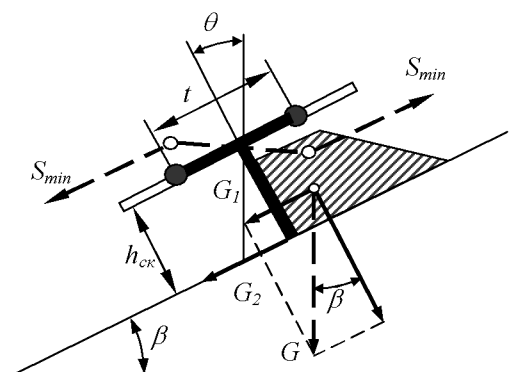


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на скребок

силы сопротивления перемещению порции груза.

Минимальное допустимое натяжение, обеспечивающее устойчивость скребка, то есть допустимое отклонение его на угол $[\theta] = 2...3^\circ$, пренебрегая массой скребка, можно определить из условия (рис. 2)

$$Wh_{ск} \cos \theta \leq S_{мин} t \sin \theta,$$

где W – сопротивление движению груза, находящегося перед скребком; $h_{ск}$ – плечо приложения силы W .

Поскольку $W = g(q_{зр} + q_{ц})t_{ск}(\omega' \cos \beta + \sin \beta)$, то

$$S_{мин} = g(q_{зр} + q_{ц})[(\omega' \cos \beta + \sin \beta)h_{ск} \left(\frac{t_{ск}}{t} \right) t g \theta].$$

Здесь $t_{ск}$ и t – соответственно шаг чередования скребков и шаг цепи. Можно применить $t_{ск}$ равное $(1...2)b_{ск}$ или ($t_{ск}$ равное (4, 6, 8 или 10))· t в зависимости от вида тяговой цепи.

9. Цепь подбирают по коэффициенту запаса прочности n относительно допустимой разрешающей нагрузки $[S_p]$.

При этом должно соблюдаться условие

$$S_p \ll [S_p].$$

Расчетное разрушающее усилие в цепи, Н

$$S_p = S_{мин} [n],$$

где $[n]$ – коэффициент запаса прочности: для горизонтальных конвейеров не ответственного назначения 5...6; для конвейеров ответственного назначения и с наклонными участками 7...10.

Максимальное усилие в цепи, Н

$$S_{max} = S_{нб} + S_{д},$$

где $S_{д}$ – динамическое усилие в цепи, Н.

Поскольку шаг цепи t не известен, то ориентировочно принимают $S_{д} = S_{нб}$. Тогда

$$S_p = S_{max} [n] = 2 \cdot S_{нб} [n].$$

Зная нагрузку S_p (см. приложение) выбирают цепь и, таким образом, получают значение t .

Далее уточняют действующую в цепи динамическую нагрузку:

$$S_{дин} = \left[\frac{6}{t} \cdot \frac{q_{зр} + c' q_{ц}}{g} \cdot \left(\frac{\pi v}{z} \right)^2 \right] g,$$

где c' – коэффициент, учитывающий уменьшение приведенной массы движущихся частей конвейера,

$$c' = 2 \text{ при } L_k < 25 \text{ м;}$$

$$c' = 1,5 \text{ при } L_k = 26 \dots 60 \text{ м;}$$

$$c' = 1 \text{ при } L_k > 60 \text{ м;}$$

z – число зубьев приводной звездочки; t – шаг цепи.

Расчетное разрывное усилие

$$S_p = S_{нб} + S_{дин}.$$

Проверка цепи заключается в уточнении коэффициента запаса прочности:

$$n = \frac{[S_p]}{S_p} \geq [n].$$

10. Далее подбирают электродвигатель, определяют передаточное число и komponуют привод. Редуктор и соединительные муфты выбирают аналогично ленточным и пластинчатым конвейерам согласно рекомендациям [3].

В случае применения конвейеров большой длины (более 100м) желательно учитывать сопротивления. Возникающие на переходных участках.

Выводы и направление дальнейших исследований. Разработанный алгоритм и обозначенные особенности расчета горизонтально–наклонного скребкового конвейера с высокими перегородками позволяют выполнить расчет конвейера на стадии проектирования рассмотренного типа конвейеров для транспортирования сыпучих грузов в промышленности, в том числе угольной, сельскохозяйственной, машиностроительной, строительстве и др.

Список источников

1. Теоретические основы и расчеты транспорта энергоемких производств. Под ред. В.А.Будишевского, А.А.Сулимы. – Донецк, 1999, - 216 с.
2. Проектирование и конструирование транспортных машин и комплексов: Учеб. для вузов/ Под ред. И.Г.Штокмана. – 2-е изд., перераб. доп.-М.: Недра, 1986, 392 с.
3. Барышев А.И., Будишевский В.А., Скляр Н.А., Сулима А.А., Ткачук А.Н. Расчеты и проектирование транспортных средств непрерывного действия / Под.общ.ред. В.А.Будишевского. – Донецк, 2005. –690 с.