

А. А. Беспальков, к. т. н. О. А. Лукашук (✉), д. т. н. Г. Г. Кожушко

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет», г. Екатеринбург, Россия

УДК 621.867

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛОВ ТРУБЧАТОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА

Представлены пути решения проблем, возникающих при эксплуатации трубчатых скребковых конвейеров, предназначенных для транспортирования сыпучих и мелкокусковых абразивных материалов. К наиболее часто возникающим проблемам отнесены следующие: заклинивание тяговой цепи в грузежной поворотной секции, износ патрубков и скребков, попадание транспортируемого сырья в натяжное устройство при реверсе конвейера, повышенный уровень шума при работе конвейера.

Ключевые слова: трубчатый скребковый конвейер, транспортирование сыпучих материалов, модернизация, антифрикционные материалы.

В качестве примера рассмотрен конвейер «Технокон-219» (рис. 1), установленный на участке спекания в цехе по производству глинозема на Богословском алюминиевом заводе (г. Краснотурьинск). Конвейер транспортирует спек (Al_2O_3) из дробилки в приемный накопительный бункер. В процессе эксплуатации возник ряд проблем, увеличивающих время простоя, ремонта и чистки конвейера от 3 до 8 ч в неделю, а также износ некоторых узлов.

Цель проведенной работы — поиск путей решения вышеуказанных проблем и составление ряда рекомендаций по их устранению.

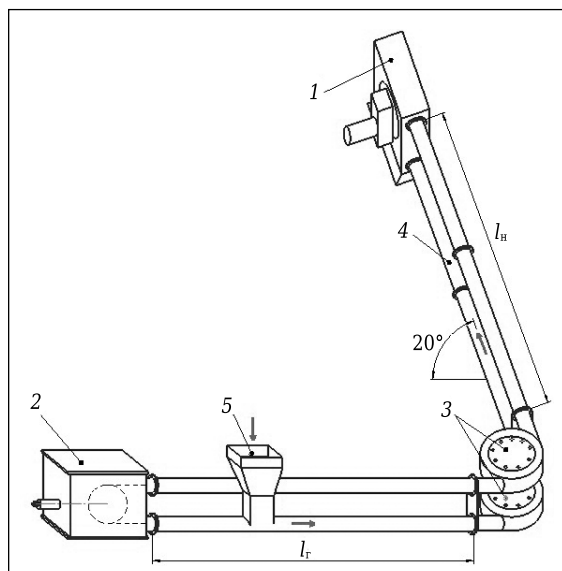


Рис. 1. Общий вид конвейера: 1 — натяжное устройство; 2 — приемный бункер; 3 — поворотная станция; 4 — поворотная станция; 5 — разгрузочный бункер; l_r , l_n — длина горизонтального и наклонного участков



О. А. Лукашук

E-mail: oldim96@mail.ru

Мощность привода конвейера определяется на основании тягового расчета, предполагающего суммирование сопротивлений движению транспортируемого материала на отдельных участках трассы.

Сопротивление сдвигу сыпучего кускового груза складывается из трения твердых частиц груза между собой по поверхностям скольжения и сопротивления связности, которая определяется силами сцепления частиц. Условие предельного равновесия связной среды описывается уравнением Кулона – Навье [1]:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi, \quad (1)$$

где τ — предельное касательное напряжение в заданной точке насыпного груза, H/m^2 ; c — начальное сопротивление сдвигу, характеризующее силу сцепления частиц между собой, H/m^2 ; σ — нормальное напряжение сжатия, H/m^2 ; φ — угол внутреннего трения, град.

Нормальное напряжение σ определяется по формуле давления столба груза:

$$\sigma = \rho g h_{\max}, \quad (2)$$

где ρ — насыпная плотность груза, $кг/м^3$; g — ускорение свободного падения, $м/с^2$; h_{\max} — высота слоя груза, отсчитываемая от нижней точки трубы, м.

Силу сопротивления сдвигу $F_{с.с.}$ сыпучего груза при волочении его внутри трубы на горизонтальном и наклонном грузежных участках рассчитывают по формуле

$$F_{с.с.} = \tau (A_r + A_n) = \tau \gamma R (l_r + l_n), \quad (3)$$

где A_r и A_n — площади внутренней поверхности трубы горизонтального и наклонного грузежных участков, на которые воздействует транспортируемый груз, $м^2$; γ — угол сегмента боковой поверхности трубы, контактирующей с материалом, рад (рис. 2); R — внутренний радиус трубы, м; l_r , l_n — длина грузежных горизонтального и наклонного участков трубы соответственно, м.

Сопротивление движению груза внутри трубы $W_{гр}$ определяют следующим образом:

$$W_{гр} = q_{гр}g[f_{гр}(l_{г} + l_{н}\cos\beta) + l_{н}\sin\beta], \quad (4)$$

где $q_{гр}$ — погонная масса груза, кг/м, $q_{гр} = \rho\gamma R^2/2$; $f_{гр}$ — коэффициент трения скольжения груза о стенки трубы ($f_{гр}$ спека по стали 0,4); β — угол наклона участка трубы, град.

Сопротивление движению тягового органа W_0 , определяемое силами трения скребков о стенки трубы, находят из выражения

$$W_0 = 2q_0gf_0(l_{г} + l_{н}\cos\beta), \quad (5)$$

где q_0 — погонная нагрузка от массы тяговой цепи и скребков, кг/м; f_0 — коэффициент трения скольжения скребков о поверхность трубы (для пары чугун – сталь $f_0 = 0,23$).

При определении сил сопротивления движению насыпного груза, возникающих в загрузочном устройстве конвейера, использованы результаты исследований работы [2].

Лабораторные исследования на прозрачной модели трубчатого скребкового конвейера показали, что в нижней части тела волочения до высоты, равной радиусу скребка, груз движется как единое целое. Кроме того, в зазоре между скребком и боковой стенкой загрузочной воронки происходит сегрегация частиц груза, при которой мелкие частицы опускаются вниз, а наверху оказываются частицы наибольшего размера.

При шаге скребков, не превышающем двух диаметров трубы конвейера, на верхних кромках скребков происходит прорезание штабеля груза, находящегося в загрузочной воронке.

Суммарную силу $W_{зв}$ сопротивления в загрузочном устройстве для тела волочения между двумя скребками рассчитывают по формуле

$$W_{зв} = \frac{1}{2}f_0\rho gD_c^2l_c\left[\frac{\pi H_0}{D_c}\left(2 - \frac{\Delta f}{f_0}\right) - \frac{\Delta f}{f_0}\right], \quad (6)$$

где D_c — диаметр скребка, м; l_c — шаг установки скребков, м; H_0 — высота штабеля груза в загрузочном устройстве, м; $\Delta f = f_0 - f_{тр}$; $f_{тр}$ — коэффициент трения скольжения груза о стенки трубы.

Сопротивления движению $W_{зв}$, Н, цепного тягового органа на приводных, натяжных и поворотных звездочках определяют как

$$W_{зв} = 2,1 \cdot S_{нб} \left(\mu_{ц} \frac{\delta_{ц}}{D_0} + \mu_{в} \frac{d_{в}}{D_0} \sin \frac{\alpha}{2} \right), \quad (7)$$

где $S_{нб}$ — натяжение цепи в точке набегания на звездочку, Н; $\mu_{ц}$, $\mu_{в}$ — коэффициенты трения соответственно между звеньями в цепи и в подшипниках вала звездочки; $\delta_{ц}$ — диаметр прутка цепи, м; $d_{в}$ — диаметр цапфы вала звездочки, м; D_0 — диаметр начальной окружности звездочки, м; α — угол поворота трассы конвейера.

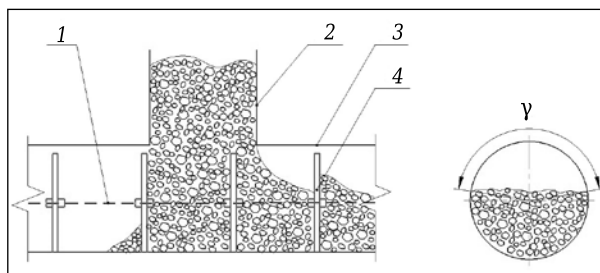


Рис. 2. Загрузочное устройство: 1 — тяговая цепь; 2 — торцевая стенка загрузочной воронки; 3 — труба конвейера; 4 — скребок

Суммарное сопротивление движению цепного тягового органа по всей трассе

$$W_{\Sigma} = F_{с.с} + W_{гр} + W_0 + W_{зв} + W_{зв}, \quad (8)$$

необходимая мощность электродвигателя P , кВт, приводной станции конвейера

$$P = \frac{W_{\Sigma} \cdot V}{\eta},$$

где V — скорость движения тягового органа, м/с; η — КПД привода.

После подстановки численных значений всех параметров и принятых коэффициентов получено $W_{\Sigma} = 16,9$ кН; $P = 4,37$ кВт.

Основным направлением модернизации трубчатых скребковых конвейеров является сокращение энергетических потерь за счет покрытия внутренних поверхностей патрубков износостойким составом «Loctite Nordbak 7255», при этом коэффициент трения скольжения груза о стенки трубы снизится с 0,4 до 0,27.

Кроме того, предложена составная конструкция скребков (рис. 3) с применением шайб из модифицированного фторопласта Ф-4К15УВ5, обладающего наилучшими прочностными, износостойкими и антифрикционными свойствами (значение коэффициента трения f_0 скребков по поверхности трубы снижается с 0,27 до 0,15).

Для предотвращения заклинивания цепи в звездочке грузовой поворотной станции, а так-

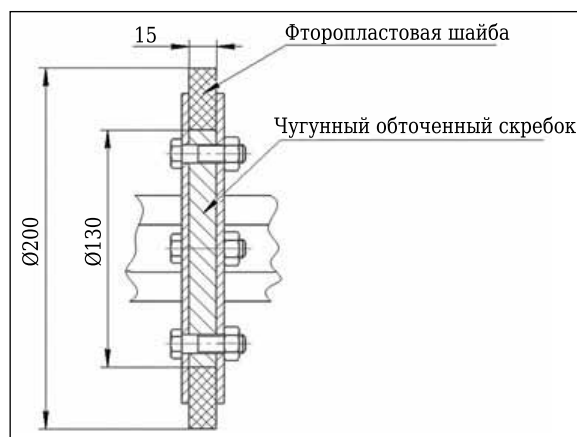


Рис. 3. Установка фторопластовых скребков

же для защиты подшипникового узла звездочки от абразивного износа предложена замена звездочки в поворотной станции на поворотный обод. Для устранения попадания транспортируемого груза в натяжное устройство при реверсе конвейера предусмотрено разгрузочное окно перед натяжной станцией на нижней грузовой ветви.

В результате указанных мероприятий мощность привода конвейера уменьшится на 10 %, увеличится ресурс патрубков и скребков, сократится время на внеплановые ремонты, уменьшатся затраты электроэнергии.

Библиографический список

1. **Зенков, Р. Л.** Механика насыпных грузов / Р. Л. Зенков. — М. : Машиностроение, 1964. — 252 с.
2. **Дмитриев, В. Г.** Тяговый расчет скребковых трубчатых конвейеров. Ч. 2 / В. Г. Дмитриев, Р. Р. Радимов // Горный инф.-аналит. бюллетень. Отдельные статьи (спец. выпуск). — 2012. — № 3. — 16 с. ■

Получено 10.10.16

© А. А. Беспальков, О. А. Лукашук,
Г. Г. Кожушко, 2017 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



Международная специализированная выставка ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ. ИНВЕСТИЦИИ (HI-TECH)

14–16 марта 2017 г.

Экспофорум, Санкт-Петербург



**ПЕТЕРБУРГСКАЯ
ТЕХНИЧЕСКАЯ
ЯРМАРКА**

Международная выставка-конгресс «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (HI-TECH) — одно из первых мероприятий России в области продвижения высоких технологий, инноваций и инвестиционных проектов в научно-технической сфере. Выставка-конгресс способствует эффективному взаимодействию научных организаций и потенциальных инвесторов. Традиционно основными экспонентами являются государственные научные центры, научно-исследовательские институты, вузы, промышленные предприятия, технопарки и региональные экспозиции, которые демонстрируют свои инновационные достижения.

Тематические разделы выставки

- Специализированный раздел: НАНОТЕХНОЛОГИИ
Наноматериалы и нанотехнологии
Оборудование, технологии, оснастка для производства наноматериалов
Применение нанотехнологий и наноматериалов
- ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
- ИННОВАЦИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Машиностроение
Металлургия
Литейное производство
Автомобилестроение
Энергетика и энергосбережение
Химия и новые материалы
- ИНВЕСТИЦИИ

По вопросам участия в выставке обращаться:

Ирина Степанчева

Тел./факс: +7 (812) 320-80-94

E-mail: port@restec.ru