

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА НА ОТНОСИТЕЛЬНУЮ ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

Мамонтов Д. Ю., магистрант,
Донецкий национальный технический университет

Проанализированы возможные режимы работы ленточного конвейера, найдена относительная энергоемкость транспортирования и сделано заключение о возможности экономии электроэнергии

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Одним из существенных недостатков исследований за многие годы является то, что сопротивление движению конвейерной ленты определяют с помощью общего коэффициента сопротивления движению, который выбирается в зависимости от условий эксплуатации и режима работы конвейера [1]. Он не учитывает влияние таких параметров как предварительное натяжение и скорость ленты, угол наклона роlikоопор и т. д. Это не дает возможность обосновать выбор рациональных параметров и производить сравнение различных режимов работы конвейера. Изучение этого вопроса позволит выбрать требуемый режим и снизить энергоемкость транспортирования, что является важной практической и научной задачей.

Анализ исследований и публикаций. Обзор литературы показал, что вопросом исследования составляющих сопротивления движению конвейерной ленты занимались отечественные и зарубежные ученые, в числе которых: проф., д. т. н. Шахмейстер Л. Г., проф., д. т. н. Дмитриев В. Г., проф., д. т. н. Спиваковский А. О., к. т. н. Шпакунов И. А., Пошивайло В. Я., Кохлер В., Кваас Г., Лаухофф Х. [1-4]. В их работах приводится исследование суммарного сопротивления движению конвейерной ленты и его составляющих. Однако в литературе довольно ограниченный объем исследований, посвященных такой характеристике ленточного конвейера как энергоемкость транспортирования – параметру, учитывающему затраты электроэнергии на транспортирование 1 т насыпного груза. Только в работе, выполненной Хансом Лаухоффом в Германии [4], в достаточной степени рассмотрен

вопрос влияния скорости движения ленты на энергосбережение. Все это обуславливает необходимость более тщательного исследования влияния параметров конвейера на сопротивление движению, энергоёмкость транспортирования и режимы работы данного вида транспорта. На основании вышеизложенного можно сделать заключение, что дальнейшее исследование в этом направлении является актуальным.

Постановка задачи. Определение относительной энергоёмкости транспортирования конвейера, учитывающей конструктивные особенности и режим эксплуатации установки, что позволит обосновать режим движения конвейерной ленты с меньшими затратами электроэнергии.

Изложение материала и результаты. На основании исследований [1-3] изучены, проанализированы и преобразованы отдельные составляющие сопротивления движению ленты. Ниже представлена система выражений (1 – 4) для методики расчета суммарного сопротивления движению ветви конвейера и относительной энергоёмкости. В ней приняты следующие обозначения: W_1 – сила сопротивления от деформирования ленты и груза, W_2 – сила сопротивления от вдавливания ленты в ролик, W_3 – сила сопротивления вращению роликов:

$$W_1 = 1,37 \cdot [(q_L + q_G) \cdot l'_p]^{1,4} \cdot S^{-0,8}, \text{ для } B \leq 800, \text{ мм}, \quad (1)$$

$$W_2 = (0,036 \cdot \beta + 0,55) \cdot \frac{\xi \cdot [8 \cdot (1 - \mu^2) / (\pi \cdot R \cdot E_H)]^{1/2}}{B^{n_{\theta} - 1}} \times \quad (2)$$

$$\times ((q_L + q_G) \cdot l'_p)^{n_{\theta}} \cdot \varphi(\theta);$$

$$\varphi(\theta) = 0,972 + 3,37 \cdot 10^{-3} \cdot \left[1 - e^{-\left(\frac{\theta + 2,003}{6,321}\right)} \right]; \quad (3)$$

$$W_3 = (a + b \cdot v) \cdot e^{\left(0,361^{0,081 \cdot v} + 0,031 \cdot e^{-0,096 \cdot v} \cdot \Delta\right)} + \quad (4)$$

$$+ 2 \cdot C_0 \cdot F_0 + C_p \cdot (P_1 + 2 \cdot P_2) + 0,933^{\theta}.$$

где q_G – погонный вес груза, Н/м; q_L – погонный вес ленты, Н/м; l'_p – расстояние между роlikоопорами, м; S – начальное натяжение, Н; $\varphi(\theta)$ – температурный коэффициент; β_1 – угол наклона роlikоопор, град; ξ – коэффициент, принимаемый для

загруженной ленты 0,32 и для порожней 0,17; μ – коэффициент Пуассона, для резины 0,475; E_H – модуль упругости нижней обкладки, примерно равный 5 – 5,5, МПа; R – радиус ролика, мм; B – ширина ленты, мм; n_{θ} – константа, принимаемая равной 1,5; θ – температура в ролике, град С; Δ – разность между внутренней и внешней температурой, град С; ν – скорость вращения ролика, м/с; F_0 – осевая нагрузки, Н; P_1, P_2 – радиальная нагрузка соответственно на средний и боковые ролики, Н; C_0, C_p – коэффициенты осевой и радиальной нагрузок; a, b – некоторые конструктивные константы; θ – температура в ролике, град С; θ_1 – температура окружающей среды, град С.

В статье [4] приводятся исследования по вопросу снижения энергоемкости ленточного конвейера. В ней Ханс Лаухофф, официальный присяжный эксперт по подъемно-транспортному оборудованию, приводит отдельные составляющие сопротивления движению, имеющие сходство с составляющими, указанными выше (1 – 4), но значение некоторых постоянных в данной статье раскрыто не полностью. В своих исследованиях автор устанавливает, что в обычной области заполнения лотка ленты ($0,6 < \varphi < 1,0$) регулирование скорости не приводит к энергосбережению, а также, что этим путем невозможно достичь снижения эксплуатационных расходов. С учетом составляющих сопротивления движению (1 – 4), в данной статье приводится исследование сопротивления движению ленты и сравнение полученных результатов с результатами Ханса Лаухоффа [4].

В исследованиях воспользуемся понятием относительная энергоемкость транспортирования равной отношению потребной мощности к часовой производительности и имеющей следующий аналитический вид для грузеной ветви:

$$E = \frac{W_{\text{сп}} \cdot \nu}{Q \cdot 1000} = \left[\frac{H \cdot \text{м} \cdot \text{ч}}{t \cdot \text{с} \cdot 1000} \right] = \left[\frac{\text{Дж} \cdot \text{ч}}{t \cdot \text{с} \cdot 1000} \right] = \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{t} \right]. \quad (5)$$

где $W_{\text{сп}}$ – суммарное сопротивление движению грузеной ветви, Н; Q – часовая производительность, т/ч.

Исследования проводятся для 3-х режимов работы.

Режим А работы конвейера представляет собой имитацию того случая, когда в бункере присутствует насыпная масса с

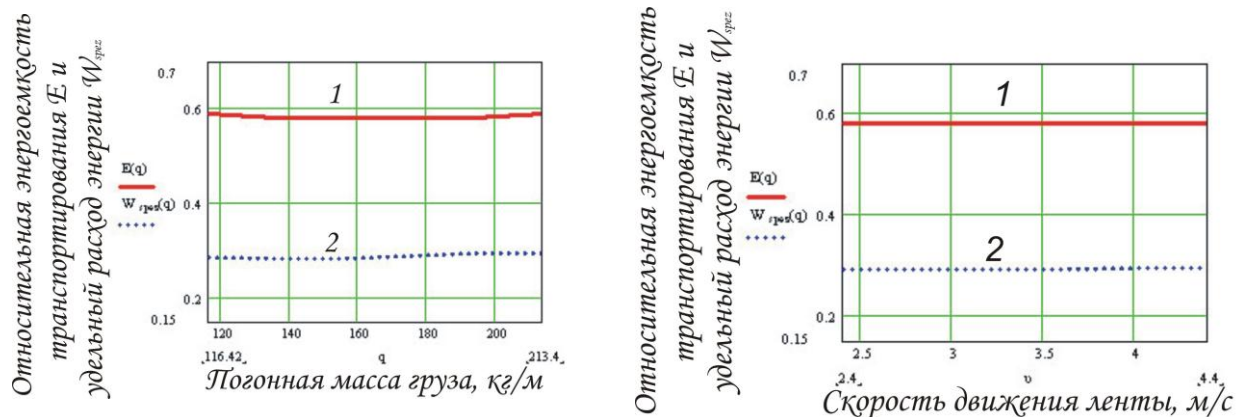
переменной часовой производительностью Q , которая высыпается из него на лоток конвейерной ленты и создает переменную погонную массу (вес), т. к. скорость конвейерной ленты постоянна. При режиме В в бункере также находится насыпная масса с переменной часовой производительностью, но постоянство степени наполнения лотка ленты осуществляется регулированием скорости. Вышеуказанные режимы приводятся из статьи [4]. Следует добавить, что для дальнейших исследований можно использовать и третий режим С: в бункере находится насыпная масса ($Q = const$), и с помощью питателя груз поступает на ленту. Регулирование скорости движения ленты способствует появлению переменной степени наполнения лотка.

Проведем исследования режима А и В по (1 – 4) и сравним с результатами статьи [4] для нижеперечисленных исходных данных:

$L_{cp}=1000$, м; $q_{л}=278$, Н/м; $\beta=6^0$; $\alpha=40^0$; $l'_p=1,2$, м; $S_0=12000$, Н; $\xi=0,32$; $\mu=0,475$; $E_H=5$, МПа; $R=66,5$, мм; $B=1000$, мм; $n_{\omega}=1,5$; $\theta=25$, град С; $\Delta=5$, град С; $F_0=30$, Н; $P_1=240$, Н; $P_2=80$, Н; $C_0=1,5 \cdot 10^{-5}$; $C_p=16 \cdot 10^{-5}$; $a=2$; $b=0,4$; $\theta_1=20$, град С.

При режиме А скорость конвейерной ленты постоянна ($v=4$, м/с), а при режиме В изменяется от 2,4 до 4,4, м/с.

Результаты расчета приведены на рисунке 1.



а) режим А

б) режим В

Рисунок 1 – Исследование влияния скорости движения ленты на режимы А и В эксплуатации конвейера

1 – методика расчета по (1 – 4); 2 – методика расчета из статьи [4]

Для режима А по методике определения сопротивления движению ветви конвейера по (1 – 4) значение относительной энергоёмкости E изменилось на 0,94%, что незначительно, а по

методике, приведенной в [4], – увеличилось на 3,4%, что свидетельствует об отсутствии экономии энергии. Однако под сомнением вопрос, каким образом были получены значения удельного расхода энергии в таблице 2 [4].

Для режима В по методике определения сопротивления движению ветви конвейера по (1 - 4), значение E неизменно, как и по методике, приведенной в [4], что дает возможность сделать заключение об отсутствии экономии энергии.

Рассмотрим режим С. Расчет производится для вышеперечисленных неизменных исходных данных с изменением скорости ленты конвейера от 2,4 до 4,4, м/с. Результат расчета приведен на рисунке 2.

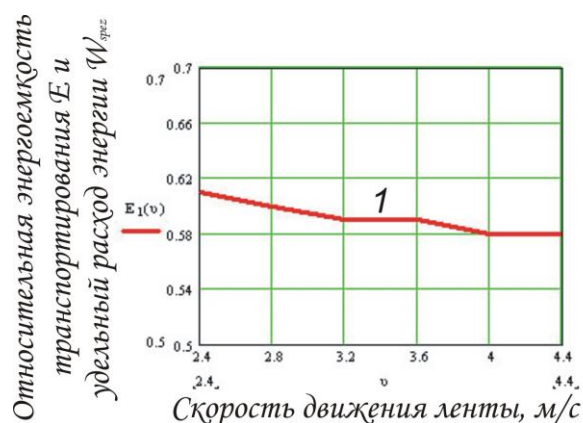


Рисунок 2 – Исследование влияния скорости движения ленты на режим С эксплуатации конвейера 1 – методика расчета по (1 – 4);

Выводы и направления дальнейших исследований. При рассмотрении режима С было установлено, что для приведенных исходных данных при изменении скорости движения ленты и неизменной часовой производительности, энергоемкость транспортирования снижается примерно на 5%, что обеспечивает экономическую эффективность, а если учесть годовые затраты энергии данного вида транспорта в условиях шахт Украины (3 млрд. кВт·ч·год), то экономия составит примерно 150 млн. кВт·ч·год [5].

Список источников.

1. Шахмейстер Л. Г., Дмитриев В. Г.. Теория и расчет ленточных конвейеров. М.: Машиностроение, 1978. – 385 с.
2. Шахмейстер Л. Г., Дмитриев В. Г.. Теория и расчет ленточных конвейеров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 336 с., ил..
3. Quaas H. Der Laufwiderstand von Tragrollen mit Fastachse Bergbautechnik, 1970, N. 8, S. 404 – 410.

4. Глюкауф , 2006, март, №1
5. Грудачев А. Я., Кремешная А. А., Максецкий А. И., «Выбор рациональных параметров ленточных конвейеров, обеспечивающих энергопотребление», «Энергосбережение», №4, 2004, стр. 21 – 23.

