

УДК 622.232.522.24

В.Ф. ШАВЛАК (канд. техн. наук, доц.)**И.Н. ТРУТЕНЬ** (магистрант)

Донецкий национальный технический университет, Донецк

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПРИВОДА МАГИСТРАЛЬНОГО ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

В работе рассмотрена математическая модель расчета основных эксплуатационных параметров промежуточного привода, установленного на магистральном ленточном конвейере ЗЛ100У-02. Исследованы физические процессы, происходящие на промежуточном приводе при контакте тяговой и грузонесущей лент.

Ключевые слова: математическая модель, ленточный конвейер, промежуточный привод, магнитная система, тяговые характеристики.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами

Бесперегрузочное транспортирование груза на большие расстояния возможно при помощи многоприводного ленточного конвейера. Для обеспечения высокопроизводительной и бесперебойной работы многоприводного ленточного конвейера необходима установка промежуточных приводов с обоснованием, помимо их количества и месторасположения, ряда параметров: мощности промежуточного привода; тягового усилия, создаваемого промежуточным приводом; длины промежуточного привода. Основной задачей предложенной математической модели, рассмотренной в данной работе, является решение проблемы обоснования параметров устанавливаемого промежуточного привода.

Анализ исследований и публикаций. В работе [1, с. 124 – 126] приводятся результаты испытаний, проведенных на конвейере с экспериментальным образцом магнитно-фрикционного промежуточного привода, изготовленного в ДонНТУ. В работах [2, 3] выполнено экспериментальное обоснование наличия участка относительного покоя и участка относительного скольжения на длинном плоском контакте грузонесущей и тяговой лент. В работе [4 с. 97 – 111] описывается методика расчета длины участка скольжения промежуточного фрикционного привода, а также рассматриваются силы, действующие на грузонесущую и тяговую ленты на участках относительного покоя и относительного скольжения. В работе [1, с. 93 – 121] описывается конструкция магнитных блоков и магнитной системы в целом, устанавливаемой на промежуточном приводе, выбор материала и формы магнитов, характеристики магнитотвердых материалов. Представлены результаты исследований работы систем магнитных блоков на основе феррито-бариевых магнитов. Описывается методика расчета магнитных систем блока. В работе [5] рассматриваются перспективы применения промежуточных магнитно-фрикционных приводов в рудничных транспортных установках. В работе [6] описывается экспериментальное определение рациональных параметров магнитной секции промежуточного магнитно-фрикционного привода ленточного конвейера. В работе [7] приводится описание магнитных систем конвейеров с повышенной проводимостью рабочего зазора. В работе [8] приводятся результаты исследования ленточного магнитно-фрикционного промежуточного привода со стационарными магнитами. В работе [9] описывается математическое моделирование процесса взаимодействия стационарных подмагничивающих систем с магнитно-мягкой лентой в специальных рудничных конвейерах.

Постановка задачи. Целью данной работы является: исследование и анализ процессов, возникающих на участке взаимодействия грузонесущей и тяговой лент при передаче тягового усилия; определение участков относительного покоя и скольжения на промежуточном приводе; исследование сил, действующих на тяговую и грузонесущую ленты; построение математической модели расчета основных параметров промежуточного привода на основании проведенных исследований.

Изложение материала и результаты. На основании проведенного анализа известных конструкций промежуточных приводов с учетом всех достоинств и недостатков в качестве наиболее рационального варианта выбран промежуточный фрикционный привод ленточного типа со стационарной системой подмагничивания ленты (рис. 1), так как установка данного типа привода является наиболее эффективной и экономически целесообразной.

В промежуточном приводе используются тяговые ленты серии EP, которые имеют небольшую толщину и массу, а также обладают высокими показателями рабочего натяжения [10, 11].

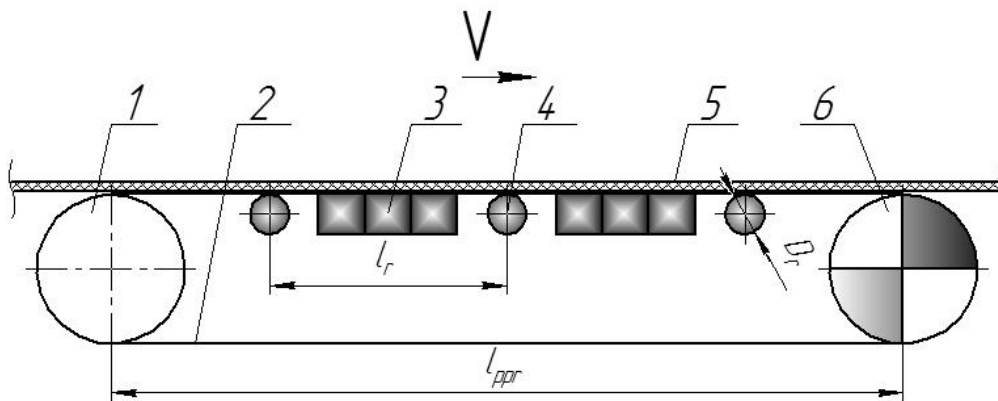


Рис. 1. Схема промежуточного фрикционного привода ленточного типа со стационарной системой подмагничивания ленты

Промежуточный привод представляет собой замкнутый контур приводной ленты, которая огибает приводной 6 и натяжной 1 барабаны. Взаимодействие тяговой 2 и грузонесущей 5 лент происходит между верхней ветвью промежуточного привода и грузовой или холостой ветвью конвейера в зависимости от местоположения привода.

Для повышения тягового усилия промежуточного привода используются магнитные блоки 3, состоящие из стационарных магнитов 2БА или 3БА [12, 13]. Использование магнитных блоков позволяет уменьшить длину промежуточного привода при обеспечении необходимого тягового усилия за счет увеличения сцепления между тяговой и грузонесущей лентами. Магнитные блоки располагаются между роlikоопорами 4 таким образом, чтобы их установка минимально влияла на изменение общей конструкции конвейера. Геометрия системы магнитных блоков повторяет форму желобчатой роlikоопоры, что достигается путем подбора необходимой ширины блоков, наиболее соответствующей ширине ролика, и расположением этих блоков под углом, соответствующим углу установки ролик в роlikоопоре. Это позволяет увеличить поверхность контакта тяговой ленты промежуточного привода с основной лентой, увеличивает площадь действия магнитных сил на ленту, предотвращает сбегание основной ленты, а на грузовой ветви способствует лучшему заполнению грузом ленты за счет устойчивого образования желоба.

В разработанной математической модели для расчета основных параметров промежуточного привода и магнитной системы использовались следующие зависимости.

Расчет числа блоков между двумя соседними роlikоопорами:

$$m_b = \left\lceil \frac{l_r - D_r \cdot 1,15}{200} \right\rceil, \quad (1)$$

где l_r – расстояние между роlikоопорами, мм;
 D_r – диаметр ролика, мм.

Расчет магнитной силы действующей на участке l_r :

$$P_{mb} = P_{уд.м} \cdot F_b \cdot f \cdot m_b, \text{ Н} \quad (2)$$

где $P_{уд.м}$ – удельная магнитная сила магнитного блока, Н/мм²;
 F_b – общая площадь одного магнитного блока, мм²;
 f – коэффициент сцепления между лентами;
 m_b – число блоков между двумя соседними роlikоопорами.

Расчет длины промежуточного привода:

$$l_{ppr} = \frac{W_{pprb}}{1,1 \cdot (g((q_{lppr} + q_r'')w \cdot \cos \beta \mp q_{lppr} \cdot \sin \beta + (q + q_l + q_{lppr} + q_r')w \cdot \cos \beta \pm q_{lppr} \cdot \sin \beta + (q + q_l)f \cdot \cos \beta) + \frac{P_{mb}}{l_r} + \frac{P_{mb} \cdot w}{f \cdot l_r}}, \text{ М} \quad (3)$$

где W_{pprb} – тяговое усилие, создаваемое на барабане промежуточного привода, Н;
 q_{lppr} – удельная масса ленты промежуточного привода, кг/м;
 q_r', q_r'' – удельная масса вращающихся частей верхней и нижней роlikоопор, кг/м;
 w – коэффициент сопротивления движению ленты;
 q – удельная масса транспортируемого груза, кг/м;
 q_l – удельная масса грузонесущей ленты, кг/м.

Расчет максимально возможной магнитной силы, действующей на всей длине промежуточного привода:

$$P_m = P_{mb} \cdot n_r, \text{ Н} \quad (4)$$

где $n_r = l_{ppr}/l_r$.

Расчет необходимого тягового усилия, создаваемого за счет действия магнитных сил:

$$P_{mt} = S_H^\Gamma + ((q + q_l) \cdot \sin \beta - (q + q_l) f \cdot \cos \beta) g \cdot l_{ppr}, \text{ Н} \quad (5)$$

где S_H^Γ – натяжение грузонесущей ленты в точке набегания на промежуточный привод, Н.

Тяговое усилие, создаваемое на промежуточном приводе за счет трения между лентами и действия магнитных сил:

$$W_t = g(q + q_l) f \cdot \cos \beta \cdot l_{ppr} + P_{mt}, \text{ Н} \quad (6)$$

Экспериментально установлено [2, 3], что аналогично тому, как на приводном барабане существует дуга относительного покоя и дуга скольжения, на длинном плоском контакте в установившемся режиме имеется участок относительного покоя и участок относительного скольжения (Рис. 2).

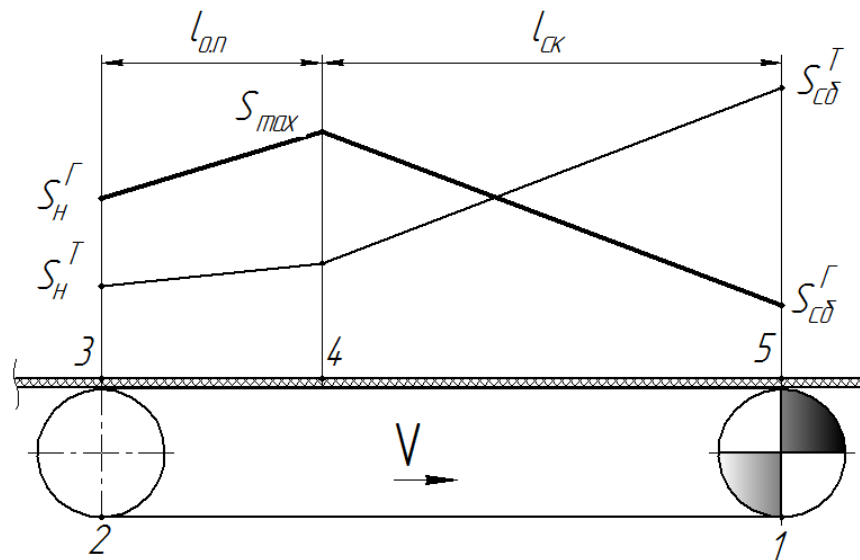


Рис. 2. Диаграмма натяжения лент конвейера на участке их контакта

Определим силы, действующие на грузонесущую и тяговую ленты на участке их контакта.

На участке относительного покоя (3 – 4) ленты движутся совместно и силы сопротивления движению распределяются между лентами пропорционально их жесткостям.

Сопротивление движению на грузонесущей ленте:

$$W_{3-4}^\Gamma = (g((q + q_l + q_{lppr} + q'_r)w \cdot \cos \beta \pm (q + q_l + q_{lppr}) \cdot \sin \beta) + \frac{P_m \cdot w}{f \cdot l_{ppr}}) \cdot \frac{E_\Gamma}{E_\Gamma + E_T}, \text{ Н/м} \quad (7)$$

Сопротивление движению на тяговой ленте:

$$W_{3-4}^T = (g((q + q_l + q_{lppr} + q'_r)w \cdot \cos \beta \pm (q + q_l + q_{lppr}) \cdot \sin \beta) + \frac{P_m \cdot w}{f \cdot l_{ppr}}) \cdot \frac{E_T}{E_\Gamma + E_T}, \text{ Н/м} \quad (8)$$

где E_Γ , E_T – продольная жесткость соответственно грузонесущей и тяговой лент.

На участке упругого скольжения (4 – 5) грузонесущая лента разгружается силами трения между лентами, а тяговая лента нагружается этими силами.

Сопротивление движению на грузонесущей ленте:

$$W_{4-5}^\Gamma = \left[g(q + q_l) \cdot \sin \beta - \frac{W_t}{l_{ppr}} \right] \cdot l_{ck}, \text{ Н} \quad (9)$$

Сопротивление движению на тяговой ленте:

$$W_{4-5}^T = (g((q + q_l + q_{lppr} + q'_r)w \cdot \cos \beta \pm q_{lppr} \cdot \sin \beta) + \frac{W_t}{l_{ppr}} + \frac{P_m \cdot w}{f \cdot l_{ppr}}) \cdot l_{ck}, \text{ Н} \quad (10)$$

Длина участка скольжения l_{ck} :

$$l_{ck} = \frac{S_n^\Gamma + 2 \cdot (g((q + q_l + q_{lppr} + q'_r)w \cdot \cos \beta \pm (q + q_l + q_{lppr}) \cdot \sin \beta) + \frac{P_m \cdot w}{f \cdot l_{ppr}}) \cdot \frac{E_\Gamma}{E_\Gamma + E_T} \cdot l_{ppr}}{2(g((q + q_l + q_{lppr} + q'_r)w \cdot \cos \beta \pm (q + q_l + q_{lppr}) \cdot \sin \beta) + \frac{P_m \cdot w}{f \cdot l_{ppr}}) \cdot \frac{E_\Gamma}{E_\Gamma + E_T} \cdot l_{ppr} + \frac{P_m \cdot w}{f \cdot l_{ppr}}) \cdot \frac{E_\Gamma}{E_\Gamma + E_T} + 2(\frac{W_t}{l_{ppr}} - \frac{P_m \cdot w}{f \cdot l_{ppr}} - g(q + q_l) \sin \beta)}, \text{ м} \quad (11)$$

Длина участка относительного покоя l_{on} :

$$l_{on} = l_{ppr} - l_{ck}, \text{ м} \quad (12)$$

где l_{ppr} – длина промежуточного привода, м.

Тяговое усилие, передаваемое грузонесущей ленте на промежуточном приводе (реализуемое):

$$W_{ppr} = (\frac{W_t}{l_{ppr}} - \frac{P_m \cdot w}{f \cdot l_{ppr}} - g(q + q_l) \sin \beta) l_{ck}, \text{ Н} \quad (13)$$

Анализ полученных результатов. В качестве базового конвейера для установки промежуточных приводов принимаем 3Л100У-02.

Условия работы конвейера:

Угол установки $\beta = -3^\circ \dots +18^\circ$;

Производительность $Q = 0 - 700 \text{ т/ч}$.

Характеристики промежуточного привода:

Мощность $N_{ppr} = 75 \text{ кВт}$;

Длина $l_{ppr} = 30 \text{ м}$;

Расстояние между приводами $L_{nn} = 100 \text{ м}$;

Ширина ленты $B = 1000 \text{ мм}$;

Скорость движения ленты $V = 2 \text{ м/с}$;

Удельная магнитная сила $P_{уд.м} = 2872 \text{ Н/м}^2$;

На рисунках 3 и 4 представлены зависимости создаваемого и реализуемого тягового усилия на промежуточном приводе соответственно.

При углах установки конвейера $\beta = -3^\circ \dots 11^\circ$, с увеличением производительности, наблюдается возрастающая линейная зависимость создаваемого и реализуемого тягового усилия промежуточного привода.

Для углов $\beta = 12^\circ \dots 18^\circ$ характерно появление участка более пологого роста тягового усилия W_t и отсутствие роста реализуемого тягового усилия W_{ppr} . Длина этого участка растет с увеличением угла установки. Наличие данного участка свидетельствует о работе промежуточного привода на максимальной мощности.

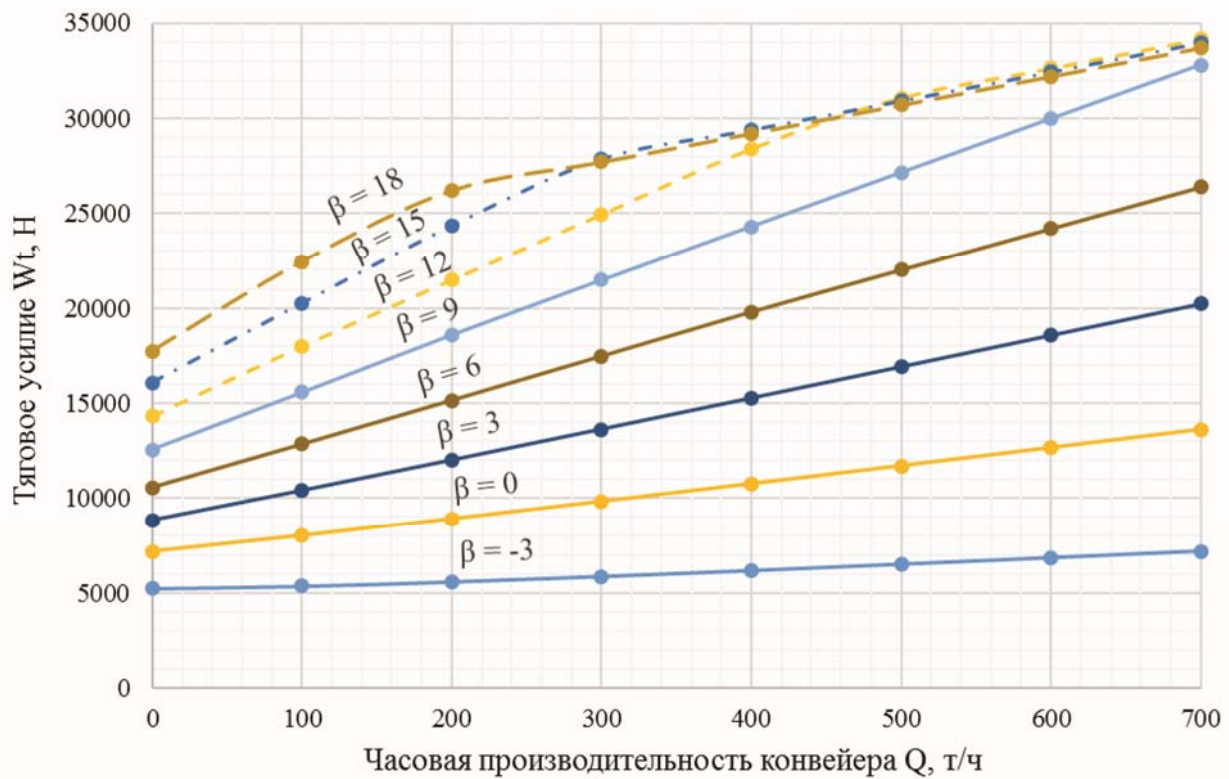


Рис. 3. Зависимость тягового усилия создаваемого на промежуточном приводе от производительности конвейера

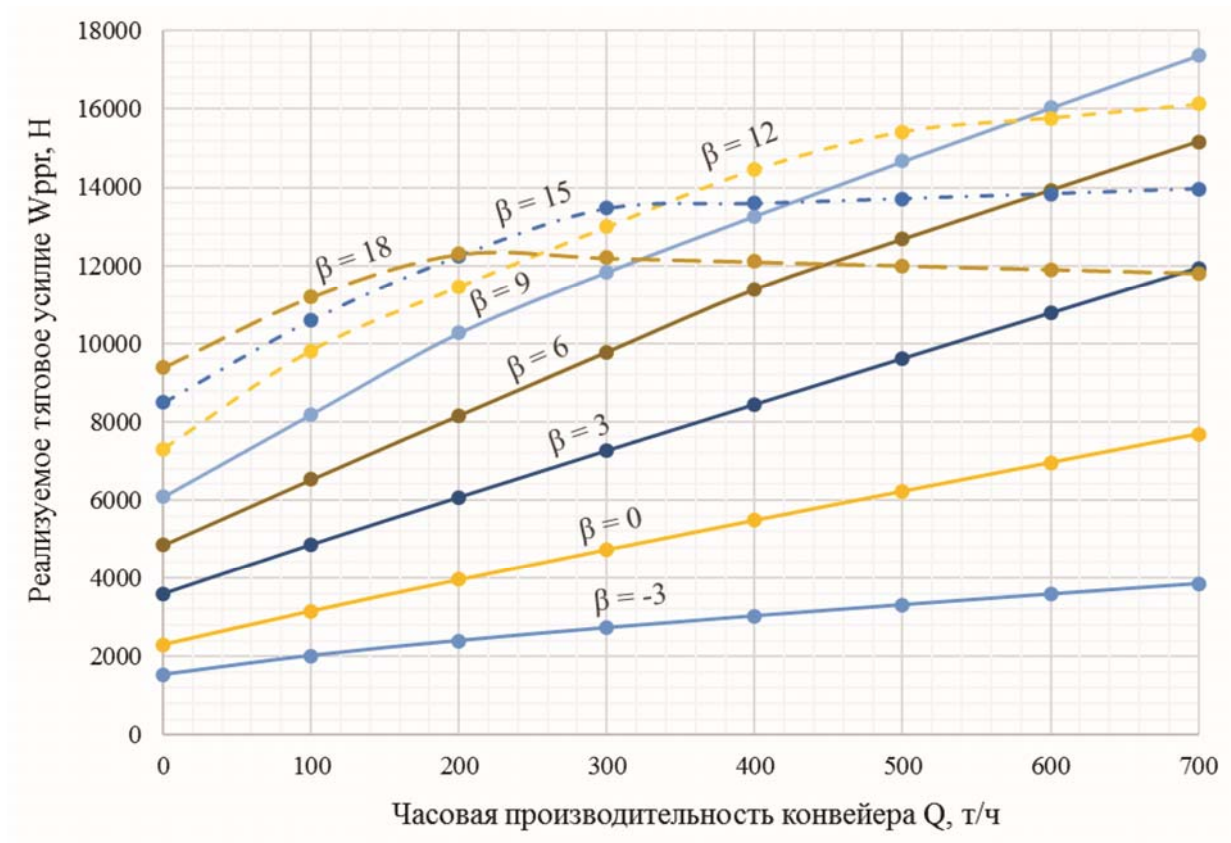


Рис. 4. Залежність реалізованого тягового зусилля на проміжному приводі від продуктивності конвеєра

На рисунку 5 представлена залежність довжини участка скольження проміжного приводу від продуктивності конвеєра.

При кутах установки конвеєра $\beta = -3^\circ \dots 5^\circ$, з увеличенням продуктивності участок скольження $L_{СК}$ зменшується, що об'яснюється зниженням необхідного тягового зусилля проміжного приводу.

Для кутів $\beta = 6^\circ \dots 12^\circ$ характерно наявність участків зменшення довжини $l_{\tilde{n}\hat{e}}$ при малих значеннях продуктивності, і участків збільшення довжини участка скольження $l_{\tilde{n}\hat{e}}$ при значеннях продуктивності, що наближаються до максимальних. Довжини цих участків залежать від кута установки конвеєра.

Для кутів $\beta = 13^\circ \dots 18^\circ$ характерно зростання участка скольження $l_{\tilde{n}\hat{e}}$ з увеличенням продуктивності. Збільшення участка відбувається до тих пор, поки $l_{\tilde{n}\hat{e}} < l_{ppr}$. Після цього участок скольження $l_{\tilde{n}\hat{e}}$ залишається постійним і рівний довжині проміжного приводу l_{ppr} .

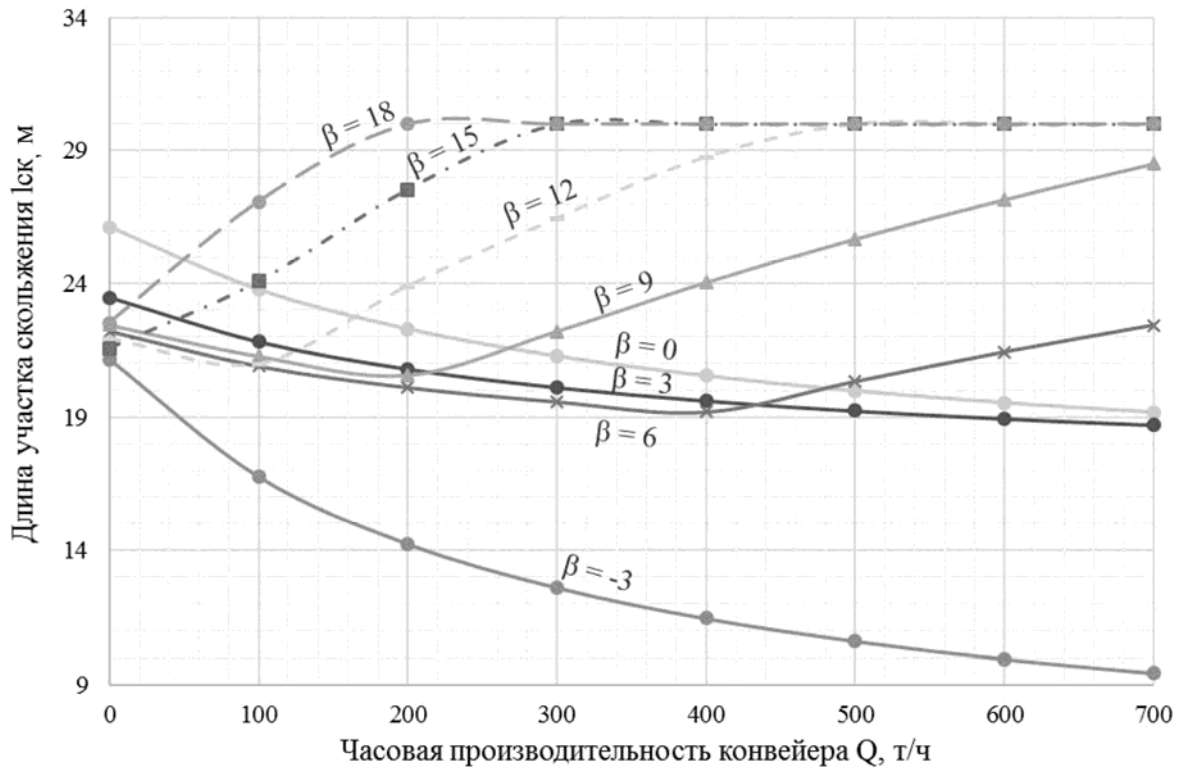


Рис. 5. Зависимость длины участка скольжения проміжочного привода от производительности конвейєра

Выводы и направления дальнейших исследований

В работе рассмотрены процессы, возникающие на проміжочном приводе при передаче тягового усилия. Приведены зависимости, по которым определяются основные параметры проміжочного привода: участки относительного покоя и скольжения и силы, действующие на ленту на этих участках; длина проміжочного привода; усилия, действующие на участке контакта лент.

На основании проведенных исследований получена математическая модель расчета основных параметров проміжочного привода. С помощью математической модели построены графики зависимостей основных параметров проміжочного привода от производительности и угла установки конвейєра.

В дальнейшем приведенные в работе исследования будут использованы при разработке математической модели, основной задачей которой будет расчет основных параметров конвейєра и рациональная расстановка проміжочных приводов по его длине.

Список использованной литературы

1. Основы создания магнитных транспортных установок / И. Г. Штокман. – М.: изд-во «Недра», 1972. – С. 192.
2. Бельфор В. Е. Исследование переходных процессов в многоприводных конвейєрах: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук / В.Е. Белбфор. – М. – 1968. – 16 с. (МГИ).
3. Прыгов Н. М. Исследование и обоснование основных параметров подъемного конвейєра для транспортирования крупнокусковых вскрышных пород: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук / Н.М. Прыгов. – М. – 1974. – 6 14 с. (МГИ).
4. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Теория и расчет ленточных конвейєров. -2-е изд., перераб. и доп. / Л.Г. Шахмейстер, В.Г. Дмитриев. – Москва: Машиностроение, 1987. – 336 с.

5. Галицын Э.В. Применение промежуточных магнитнофрикционных приводов в рудничных транспортных установках / Э.В. Галицын // В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых. – Киев: Техніка, 1969. – Вып. 20.
6. Сикиржицкий Е.П. Экспериментальное определение рациональных параметров магнитной секции промежуточного магнитнофрикционного привода магнитоленточного конвейера / Е.П. Сикиржицкий, В.С. Кучер // В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых. – Киев: Техніка, 1969. – Вып. 20.
7. Кислун В.А. О магнитных системах конвейеров с повышенной проводимостью рабочего зазора / В.А. Кислун, М.Б. Амитин // В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых. – Киев: Техніка, 1976. – Вып. 44.
8. Грудачев А.Я., Кислун В.А., Стрельникова Е.В. Исследование ленточного магнитнофрикционного промежуточного привода со стационарными магнитами / А.Я. Грудачев, В.А.Кислун, Е.В. Стрельникова // В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых. – Киев: Техніка, 1977. – Вып. 48.
9. Кислун В.А. Математическое моделирование процесса взаимодействия стационарных подмагничивающих систем с магнитно-мягкой лентой в специальных рудничных конвейерах / В.А.Кислун // В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых. – Киев: Техніка, 1979.- Вып. 52.
10. Транспортные ленты Trellex на тканевой основе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://.../Textile_Belts.pdf.
11. Конвейерные ленты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://.../lenti-konveiernie.html>.
12. Постоянные магниты: Справочник/Альтман А.Б., П63 Герберг А.Н., Гладышев П.А.: Под ред. Ю.М. Пятина – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980. – 488 с., ил.
13. Магнитотвердые ферриты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://.../razdel244.php>.

Надійшла до редакції 02.12.2013

В.Ф. Шавлак, І.М. Трутен

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ОСНОВНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОМІЖНОГО ПРИВОДУ МАГІСТРАЛЬНОГО СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

У роботі розглянута математична модель розрахунку основних експлуатаційних параметрів проміжного приводу, встановленого на магістральному стрічковому конвеєрі 3Л100У-02. Досліджено процеси, що відбуваються на проміжному приводі при контакті тягової та грузонесучої стрічок.

Ключові слова: математична модель, стрічковий конвеєр, проміжний привід, магнітна система, тягові характеристики

V. Shavlak, I. Truten

MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING MAIN OPERATIONAL PARAMETERS OF A BELT CONVEYOR INTERMEDIATE DRIVE

The paper considers a mathematical model for calculating main operational parameters of the intermediate drive of main conveyor belt 3Л100У-02. The processes occurring in the intermediate drive during the contact between traction and load-bearing tapes are studied.

Keywords: mathematical model, belt conveyor, intermediate drive, magnetic system, traction characteristics.