

отработки параметров и увязки способа в технологическом цикле подготовки выемочных участков в условиях шахты им. А.Ф. Засядько. В дальнейшем планируется апробация способа в горно-геологических условиях высоконагруженных лав других шахт Донбасса и разработка методов оценки эффективности дегазации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. – М.: Недра, 1979. – 408 с.
2. Айруни А.Т. Теория и практика борьбы с рудничными газами на больших глубинах. – М.: Недра, 1981. – 336 с.
3. Васючков Ю.Ф. Физико-химические способы дегазации угольных пластов. – М.: Недра, 1986. – 256 с.
4. Дегазація вугільних шахт. Вимоги до способів та схеми дегазації. – К., 20005. – 163 с.
5. Б.В. Бокий. Опережающая дегазация пород кровли высоконагруженных лав / Б.В. Бокий, Д.П. Гуня, А.П. Клец, А.А. Тихонов // Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 53. – С. 100–105.
6. Б.В. Бокий. Экспериментальные исследования предварительной дегазации пород кровли на шахте им. А.Ф. Засядько / Б.В. Бокий, Д.П. Гуня, В.В. Лукинов, А.П. Клец // Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 55. – С. 11–16.
7. Патент Украины № 75821, кл. Е 21 F 7/00 бюлл. № 5. 2006 г.

УДК 622.647.2

Канд. техн. наук Р.В. Кирия,
канд. техн. наук В.Ю. Максютенко,
м.н.с. И.А. Бужинский
(ИГТМ НАН Украины)

ВЛИЯНИЕ ТИПА НАТЯЖНОГО УСТРОЙСТВА И МЕСТА ЕГО УСТАНОВКИ НА ДИНАМИКУ ПУСКА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Розглянуто питання пуску одноприводного стрічкового конвеєра з головним приводним барабаном та різними натяжними пристроями: з вантажним, розташованим у хвості конвеєра; з вантажним у привода із жорстким натягненням. Описані можливості запропонованої авторами методики розрахунку на ЕОМ пуску з трьома варіантами натяжних пристроїв.

THE INFLUENCE OF TIGHTENER TYPE AND PLACE OF ITS INSTALLATION ON DYNAMICS OF BELT CONVEYER STARTING

The question of starting of single-drive belt conveyer with a main drive drum and different tighteners is considered: with freight, located in the tail of conveyer; with freight in drive, with the hard pull. Possibilities of the method of computer calculation of starting offered by authors are described with three variants of tighteners.

Исследованию динамики пуска ленточных конвейеров посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов. В частности, влиянием натяжного устройства на динамику пуска занимались Н.Я. Биличенко [1], Е.Х. Завгородний [2], В.И. Лескевич [3], Ю.В. Заболотный [4] и другие. Однако результаты, полученные авторами на основании экспериментальных исследований конвейеров, носят частный характер, и предлагаемые рекомендации не всегда могут быть применены для эксплуатируемых и тем более проектируемых конвейеров.

В работах [5,6,7] разработаны алгоритмы для решения задачи пуска одноприводного ленточного конвейера, позволяющие на ЭВМ симитировать пуск одноприводного ленточного конвейера с любой пусковой характеристикой привода. Этот алгоритм основан на методе сшивки решений задач пуска ленточного конвейера при кусочно-линейном аппроксимировании пусковых характеристик привода.

Однако в этих работах не учитывается влияние типа натяжного устройства и его места расположения на скорость и динамические усилия в ленте при пуске конвейера.

На практике наиболее часто встречаются конвейеры с жестким натяжным устройством и грузовым натяжным устройством, находящимся в хвосте и у привода конвейера.

Рассмотрим три основных схемы одноприводных ленточных конвейеров (рис. 1, а,б,в.), которые оснащены, соответственно, следующими типами натяжных устройств: а) жесткое натяжное устройство; б) грузовое натяжное устройство, расположенное в хвосте конвейера; в) грузовое натяжное устройство, расположенное в голове конвейера.

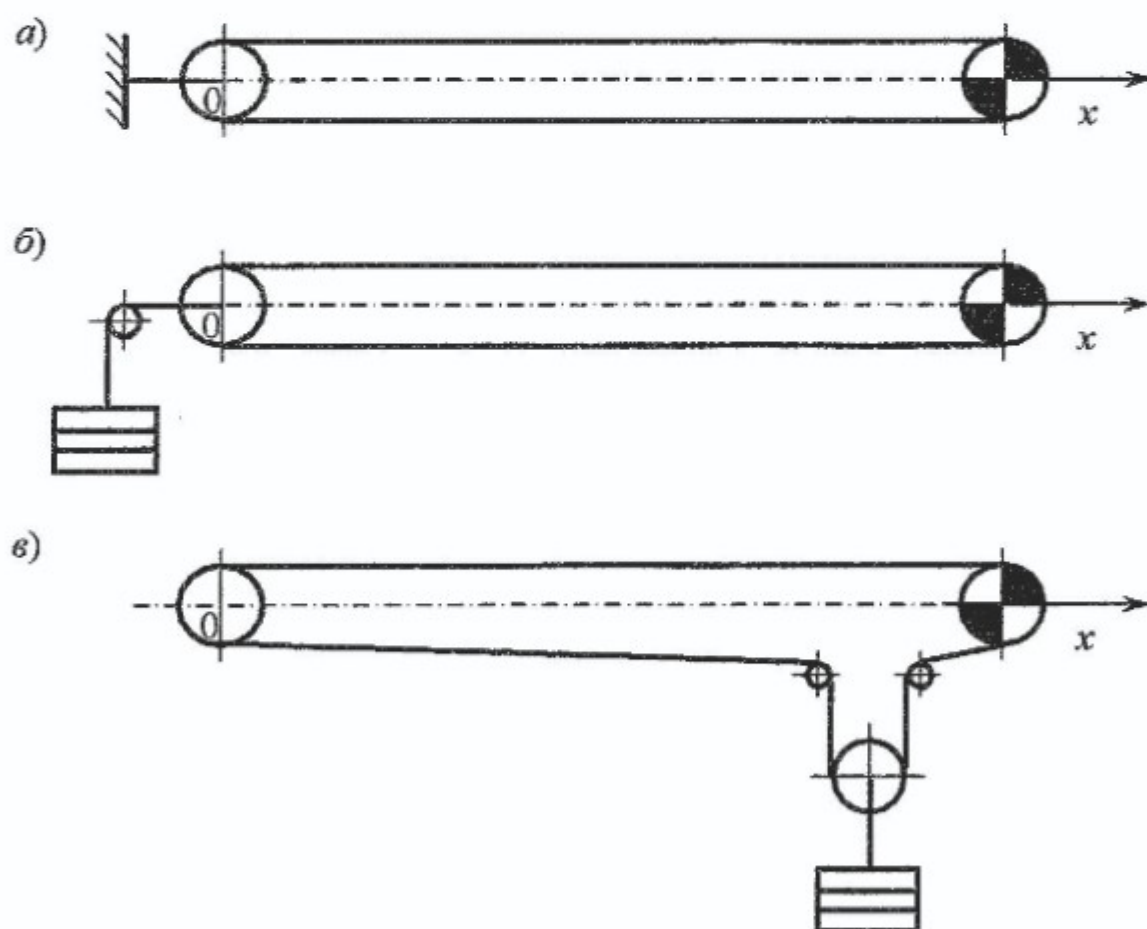


Рис. 1 – Схемы одноприводного конвейера

При изучении динамических процессов ленточных конвейеров в пусковых режимах особый интерес представляет изменение коэффициента динамичности и максимальное натяжение ленты.

Для описания динамических процессов при пуске одноприводных ленточных конвейеров принимаются следующие допущения:

- лента рассматривается как упругий стержень, подчиняющийся закону Гука;
- все вращающиеся массы вдоль конвейера приведены к распределенной погонной разгрузке;
- момент инерции хвостового барабана при пуске мал и не влияет на распределение натяжения в натяжном устройстве;
- инерция груза грузового устройства при пуске не учитывается;
- конвективная часть ускорения точек ленты при пуске не учитывается из-за малости скорости ленты конвейера по сравнению со скоростью упругих возмущений в ленте;
- скорость распространения упругих возмущений в ленте конвейера одинакова по всей длине конвейера и равна средней скорости a_c , определяемой по формуле

$$a_c = \frac{2a_r \cdot a_x}{a_r + a_x}, \quad (1)$$

где a_r , a_x — скорости распространения упругих возмущений на грузовых и холостых ветвях ленты соответственно, м/с.

Здесь

$$a_r = \sqrt{\frac{E_0}{q_r + q_{\text{л}} + q'_r}}; \quad a_x = \sqrt{\frac{E_0}{q_{\text{л}} + q'_x}},$$

где q_r — погонный вес груза, кГ/м; $q_{\text{л}}$ — погонный вес ленты, кГ/м; E_0 — эквивалентная жесткость ленты кГ·м/с²; q'_r , q'_x — приведенный вес вращающихся частей роlikоопор грузовой и холостой ветвей соответственно, кГ/м.

Согласно [6,7] система дифференциальных уравнений при пуске ленточного конвейера имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial W_r}{\partial \varepsilon} = \rho_c a_c \cdot \frac{\partial V_r}{\partial \eta}; \\ \frac{\partial W_r}{\partial \eta} = \frac{E_0}{a_c} \cdot \frac{\partial V_r}{\partial \varepsilon}; \\ \frac{\partial W_x}{\partial \varepsilon} = \rho_c a_c \cdot \frac{\partial V_x}{\partial \eta}; \\ \frac{\partial W_x}{\partial \eta} = \frac{E_0}{a_c} \cdot \frac{\partial V_x}{\partial \varepsilon}, \end{cases} \quad (2)$$

при начальных условиях при $\eta = 0$

$$V_r(\varepsilon, 0) = V_x(\varepsilon, 0) = 0; \quad W_r(\varepsilon, 0) = W_x(\varepsilon, 0) = 0, \quad (3)$$

где $W_r(\varepsilon, \eta)$, $W_x(\varepsilon, \eta)$ – динамические составляющие натяжения в ленте на грузовой и холостой ветвях соответственно, Н; $V_r(\varepsilon, \eta)$, $V_x(\varepsilon, \eta)$ – скорости точек грузовой и холостой ветвей ленты соответственно, м/с; ε , η – соответственно безразмерные координаты и время; ρ_c – эквивалентная погонная плотность ленты, кг/м³ ($\rho_c = E_0/a_c^2$).

Динамические составляющие натяжения W_r , W_x определяются из выражений

$$\begin{aligned} W_r &= S_r - \frac{1}{2}(q_r + q_n)L \sin \alpha - S_0; \\ W_x &= S_x - \frac{1}{2}q_n L \sin \alpha - S_0, \end{aligned} \quad (4)$$

где S_r , S_x – соответственно натяжение ленты на грузовой и холостой ветвях ленты при пуске, Н; S_0 – натяжение ленты от натяжной станции, Н; L – длина контура ленты, м; α – угол наклона конвейера к горизонту, град.

Безразмерные координаты и безразмерное время определяются по формулам

$$\varepsilon = \frac{x}{L}; \quad \eta = \frac{a_c t}{L}, \quad (5)$$

где x – координата, направленная вдоль ленты в направлении головного барабана, с центром на оси хвостового барабана конвейера, м, (см. рис. 1); t – текущее время, с; L – длина контура ленты конвейера, м.

Граничные условия на хвостовом и приводном барабанах зависят от типа натяжного устройства.

Для жесткого натяжного устройства (см. рис. 1, а) в силу условия неразрывности ленты имеем:

на хвостовом барабане при $\varepsilon = 0$

$$\begin{aligned} V_r(0, \eta) &= -V_x(0, \eta); \\ W_r(0, \eta) &= W_x(0, \eta); \end{aligned} \quad (6)$$

на приводном барабане при $\varepsilon = 1/2$

$$V_r(1/2, \eta) = -V_x(1/2, \eta);$$

$$W_r(1/2, \eta) - W_x(1/2, \eta) = F(V_r) - G_1 - \frac{a_e m}{L} \cdot \frac{dV_r}{d\eta}, \quad (7)$$

где $F(V_r)$ – пусковая характеристика привода в координатах $F, V; H$; G_1 – сила сопротивления движению ленты и груза, включающая скатывающую силу от веса груза и ленты конвейера, H ; m – приведенная масса груза вращающихся частей привода ленточного конвейера, кг.

Сила сопротивления движению ленты и груза конвейера равна

$$G_1 = \frac{L}{2} [(q_r + q_{\pi} + q'_r) \omega_r \cos \alpha + (q_{\pi} + q'_x) \omega_x \cos \alpha + q_r \sin \alpha],$$

где ω_r, ω_x – коэффициенты сопротивления движению ленты и груза по роlikоопорам грузовой и холостой ветвей соответственно.

Для натяжного устройства грузового типа, установленного в хвосте конвейера (см. рис. 1,а), имеем:

на хвостовом барабане при $\varepsilon = 0$

$$\begin{aligned} V_r &= -V_x; \\ W_r &= W_x = 0; \end{aligned} \quad (8)$$

на приводном барабане при $\varepsilon = 1/2$

$$\begin{aligned} V_r &= -V_x; \\ W_r - W_x &= F(V_r) - G_1 - \frac{a_e m}{L} \cdot \frac{dV_r}{d\eta}. \end{aligned} \quad (9)$$

Для натяжного устройства грузового типа, установленного у приводного барабана (см. рис. 1,б), имеем:

на хвостовом барабане при $\varepsilon = 0$

$$\begin{aligned} V_r &= -V_x; \\ W_r &= W_x; \end{aligned} \quad (10)$$

на приводном барабане при $\varepsilon = 1/2$

$$\begin{aligned} W_x &= 0; \\ W_r - W_x &= F(V_r) - G_1 - \frac{a_e m}{L} \cdot \frac{dV_r}{d\eta}. \end{aligned} \quad (11)$$

Поставленные задачи решались методом спивки, изложенным в работах[6,7]. При этом пусковые характеристики двигателя аппроксимировались кусочно-линейной функцией (рис. 2)

$$F(V_r(\eta)) = \sum_{i=0}^n (N_i - q_i V_r(\eta)) \cdot [\sigma_0(\eta - \eta_i) - \sigma_0(\eta - \eta_{i+1})], \quad (12)$$

где N_i — координата пересечения i -го линейного участка аппроксимированной характеристики с осью OF (рис. 2), H ; q_i — тангенс угла наклона i -го линейного участка аппроксимированной характеристики к оси OF ; η_i — моменты перехода с одного линейного участка пусковой характеристики в другую; $\sigma_0(\eta)$ — единичная функция Хевисайда; n — количество линейных участков характеристики.

В результате решения этих задач для одноприводного ленточного конвейера с жестким и грузовым натяжным устройством получен алгоритм определения скорости и динамических усилий в точке набегания ленты на барабан.

Этот алгоритм представляет собой рекуррентную зависимость для определения скорости и динамического усилия в ленте конвейера на каждом шаге по времени.

Для одноприводного ленточного конвейера с жестким и грузовым натяжными устройствами, расположенными в хвосте конвейера, зависимость скорости и динамического усилия в ленте конвейера от времени в точке набегания на приводной барабан совпадают и имеют вид в момент $\eta = \eta_{i+1}$

при $\varepsilon = 1/2$

$$\begin{aligned} V_r(\eta_{j+1}) &= \frac{L}{ma_c} (N_i - G_1) g_i(\Delta\eta) + V_r(\eta_j) \lambda_i(\Delta\eta) + \frac{2E_0 L}{ma_c^2} g_i(\Delta\eta) (\Pi_1 + \Pi_2); \\ W_r(\eta_{j+1}) &= \frac{E_0}{a_c} \sum_{k=0}^{r_2} (-1)^k [V_r(\eta_{j+1} - k) - V_r(\eta_{j+1} - k - 1)], \end{aligned} \quad (13)$$

где

$$\Pi_1 = \sum_{k=0}^{\eta_j} (-1)^k V_r(\eta_j - k); \quad \Pi_2 = \sum_{k=0}^{\eta_j} (-1)^k V_r(\eta_j - k + \Delta\eta);$$

$$r_1 = [\eta_j] \text{ — целая часть } \eta_j; \quad r_2 = [\eta_{j+1}] \text{ — целая часть } \eta_{j+1};$$

$$g_i(\Delta\eta) = \frac{1 - e^{-\alpha_i \Delta\eta}}{\alpha_i}; \quad \lambda_i(\Delta\eta) = e^{-\alpha_i \Delta\eta}; \quad \alpha_i = \frac{q_i L}{ma_c} + \frac{2E_0 L}{ma_c^2}; \quad (i = 1 \dots n);$$

i – номер линейного участка аппроксимированной пусковой характеристики привода; n – количество линейных участков аппроксимированной пусковой характеристики; $\Delta\eta = \eta_{j+1} - \eta_j$ – шаг по времени η .

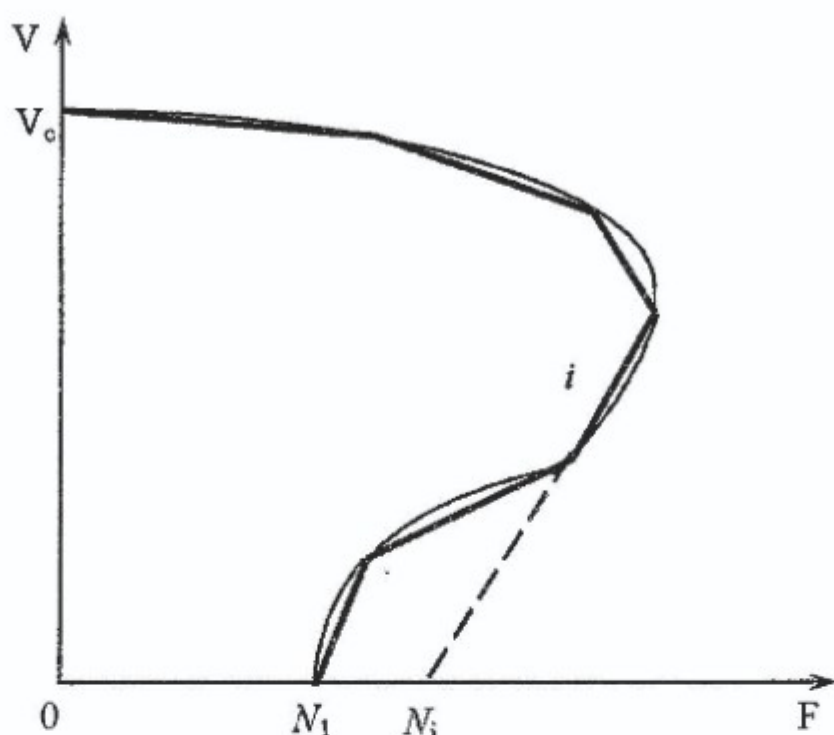


Рис. 2 – График аппроксимированной характеристики электродвигателя конвейера (V_c – синхронная скорость привода)

Для одноприводного ленточного конвейера с грузовым натяжным устройством, расположенным у приводного барабана скорость и динамические усилия в точке набегания ленты на приводной барабан в момент времени η_{j+1} равен соответственно

при $\varepsilon = 1/2$

$$\begin{aligned} V_r(\eta_{j+1}) &= \frac{L}{ma_c} (N_i - G_1) g'_i(\Delta\eta) + V_r(\eta_j) \lambda'_i(\Delta\eta) + \frac{E_0 L}{ma_c} g'_i(\Delta\eta) (\Pi'_2 + \Pi'_1); \\ W_r(\eta_{j+1}) &= \frac{E_0}{a_c} \sum_{k=0}^{r'_2} (-1)^k [V_r(\eta_{j+1} - 2k) - V_r(\eta_{j+1} - 2k - 2)]; \end{aligned} \quad (14)$$

где

$$\Pi'_1 = \sum_{k=0}^{r'_1} (-1)^k \cdot V_r(\eta_j - 2k); \quad \Pi'_2 = \sum_{k=0}^{r'_2} (-1)^k \cdot V_r(\eta_j - 2k + \Delta\eta);$$

$$r'_1 = \frac{[\eta_j]}{2}, \quad r'_2 = \frac{[\eta_{j+1}]}{2};$$

$$g'_i(\Delta\eta) = \frac{1 - e^{-\alpha'_i \Delta\eta}}{\alpha'_i}; \quad \lambda'_i(\Delta\eta) = e^{-\alpha'_i \Delta\eta}; \quad \alpha'_i = \frac{q_i L}{m a_c} + \frac{E_0 L}{m a_c^2}; \quad (i = 1, 2 \dots n).$$

На основании полученных решений разработана методика с пакетом прикладных программ для расчета пусковых режимов конвейеров на ЭВМ, которая позволяет определить:

V – скорость ленты в функции времени в любой точке ленты конвейера;

W – динамическую составляющую усилия в ленте в любой точке ленты конвейера;

$S_{нб}$ – натяжение в точке набегания ленты приводящего барабана и его максимальное значение $S_{нб \max}$;

$S_{сб}$ – натяжения в точке сбегания ленты приводящего барабана и его минимальное значение $S_{сб \min}$;

K_d – коэффициент динамичности, равный

$$K_d = \frac{S_{нб \max}}{S_{ст}}, \quad (15)$$

где $S_{ст}$ – натяжение ленты в точке набегания на барабанах при равномерном движении;

ΔL – максимальное удлинение контура ленты, Н,

а также осуществлять контроль превышения максимального усилия на привод, пробуксовки ленты на барабане по тяговому фактору привода и максимального ускорения ленты по условию соскальзывания груза.

При этом на каждом шаге расчета скорости по времени, в случае превышения максимального усилия двигателя, усилие на приводном барабане принимается равным максимальному усилию двигателя ($F = F_{\max}$), а наклон характеристики равняется нулю ($q_i = 0$). В случае пробуксовки ленты на приводном барабане на шаге расчета скорости по времени усилие на приводном барабане принимается равным силе трения ленты по барабану при ее пробуксовке

$$F = S_{сб}(e^{\mu \alpha_{об}} - 1),$$

где μ – коэффициент трения ленты о приводной барабан; $\alpha_{об}$ – угол обхвата лентой барабана, град. В этом случае угол наклона характеристики также равняется нулю ($q_i = 0$).

Максимальное удлинение ленты в зависимости от типа натяжного устройства и его расположения определяется по формулам:

для грузового натяжного устройства, установленного в хвосте

$$\Delta L = \frac{L}{4E_0}(G_r + F_{ст} - F_{сх});$$

для грузового натяжного устройства, установленного у привода

$$\Delta L = \frac{L}{4E_0} (G_r + F_{cr} + 3F_{cx});$$

для жесткого натяжного устройства

$$\Delta L = 0,$$

где G_r — вес груза на ленте, Н; F_{cr} , F_{cx} — сопротивления ленте при установившемся режиме движения грузовой и холостой ветвей соответственно, Н.

Здесь

$$\begin{aligned} G_r &= \frac{L}{2} q_r \sin \alpha; \\ F_{cr} &= \frac{L}{2} (q_r + q_{ll} + q'_r) \omega_r \cos \alpha; \\ F_{cx} &= \frac{L}{2} (q_{ll} + q'_x) \omega_x \cos \alpha. \end{aligned}$$

На рис. 3 приведены графики расчета пуска конвейера с головным приводом длиной 820 м, с углом наклона $3,07^\circ$, оснащенного асинхронным двигателем с фазным ротором с двенадцатиступенчатым реостатным пусковым устройством.

При этом коэффициент затухания при прохождении упругой волны от привода до хвостового барабана принимался равным 0,8.

На рис. 3,а приведены графики пуска конвейера с грузовым натяжным устройством, установленным в хвосте конвейера, создающим натяжение $S_0 = 80$ кН. Максимальное натяжение ленты в точке набегания приводного барабана $S_{нб \max} = 257$ кН, коэффициент динамичности $K_d = 1,21$, максимальное удлинение контура ленты $\Delta L = 2,22$ м, минимальное натяжение в точке сбегания $S_{сб \min} = 31,3$ кН, время пуска $T = 9$ с.

На рис. 3,б приведены графики пуска этого конвейера с грузовым натяжным устройством, установленным у привода, $S_0 = 80$ кН. В этом случае максимальное натяжение ленты $S_{нб \max} = 316$ кН, $K_d = 1,45$, $\Delta L = 3,89$ м, $S_{сб \min} = 80$ кН, $T = 8,5$ с.

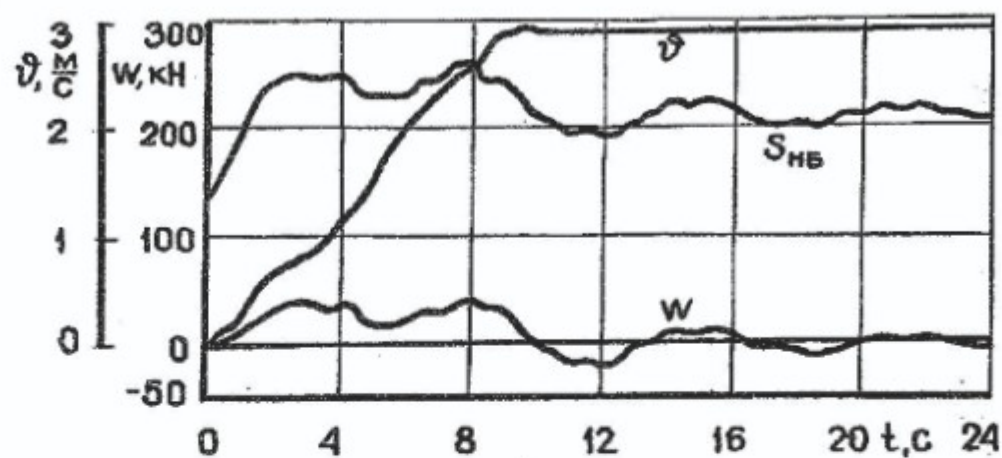
На рис. 3,в приведены графики пуска конвейера с жестким натяжным устройством, $S_0 = 80$ кН. При этом $S_{нб \max} = 213$ кН, $K_d = 1,15$, $\Delta L = 0$ м, $S_{сб \min} = 17,6$ кН, $T = 12,2$ с.

Из сравнения графиков а и б рис. 3 видно, что при почти одинаковом времени запуска вариант с грузовым натяжным устройством у привода значительно повышает усилие в точке набегания от 257 кН до 316 кН, коэффициент динамичности от 1,22 до 1,45, а удлинение контура ленты от 2,22 м до 3,89 м.

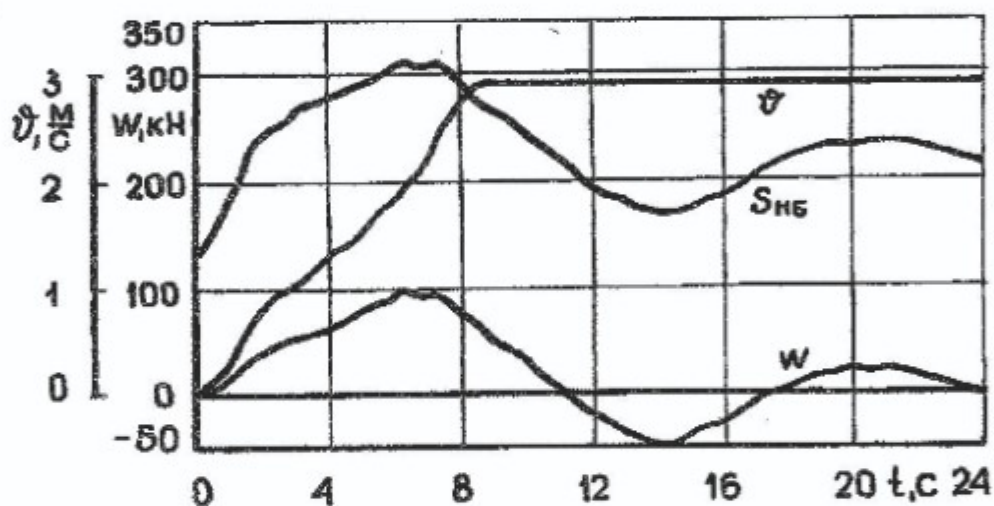
При пуске конвейера с жестким натяжным устройством (см. рис. 3,в) усилие в точке набегания и коэффициент динамичности минимальны и соответственно

равны 213 кН и 1,15. Однако возросло время запуска, составляющее 16 с. Это связано с пробуксовкой ленты на приводном барабане почти на всем протяжении пуска.

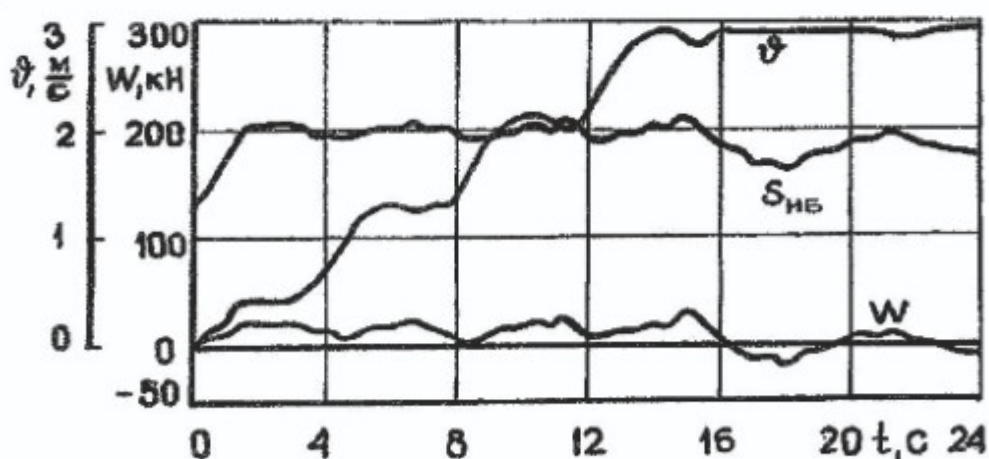
а)



б)



в)



- а) грузовое натяжное устройство в хвосте конвейера;
 б) грузовое натяжное устройство у головного барабана;
 в) жесткое натяжное устройство

Рис. 3 – График зависимости скорости V , динамического усилия W и натяжения S_{HB} в ленте конвейера в точке набегания на приводной барабан

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что тип и расположение натяжного устройства в значительной степени влияют на время и динамику пуска ленточного конвейера. Предлагаемая методика позволяет найти на стадии проектирования оптимальные решения при использовании различных типов натяжных устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биличенко Н.Я. Определение первоначального натяжения ленты на конвейерах с грузовым и винтовыми натяжными устройствами // Сб. научн. тр. "Вопросы рудничного транспорта". - Углетехиздат. - 1954. - Вып. 1. - С. 101-110.
2. Завгородний Е.Х. К вопросу о динамических нагрузках конвейерных лент при неустановившемся движении конвейеров // Сб. научн. тр. "Вопросы рудничного транспорта". - Госгортехиздат. - 1962. - Вып. 6. - С. 24-36.
3. Лескевич В.И. Исследование динамики ленточных конвейеров: Автореф. дис.... канд. техн. наук. - Днепропетровск, 1964. - 16 с.
4. Заболотный Ю.В. Исследование режимов пуска мощных ленточных конвейеров: Автореф. дис.... канд. техн. наук. - Днепропетровск, 1972. - 21 с.
5. Смирнов В.К., Бужинский И.А., Неня В.П. Исследование пуска наклонного конвейера с учетом механических характеристик двигателей // Вопросы рудничного транспорта. - Киев: Наукова думка, 1974. - С. 69-85.
6. Бужинский И.А., Кирия Р.В. Определение рациональных пусковых характеристик привода наклонного ленточного конвейера // Машины для предприятий горной промышленности. - Киев: Наукова думка, 1986. - С. 30-38.
7. Бужинский И.А. Анализ решения задачи пуска мощных ленточных конвейеров // Повышение надежности горных машин. - Киев: Наукова думка, 1991. - С. 38-44.

УДК.622.411.322.:622.333.

Д-р техн. наук А.В. Анциферов,
канд. геол.-минер. наук А.А. Голубев,
с.н.с. В.А. Анциферов
(УкрНИИМ)

ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗОН, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ДОБЫЧИ МЕТАНА

Наведено критерії виділення перспективних площ для видобутку метанових газів, створені й апробовані нові нетрадиційні методи оцінки ступеня газовіддачі вугілля, розглянуті гірничо-геологічні умови зон з підвищеною газонасиченістю, які перспективні для видобутку метану.

MINING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF AREAS PROMISING FOR METHANE PRODUCTION

Criteria for identifying areas promising for methane gas production are given. New non-traditional methods for assessment of coal gas recovery degree are developed and approved. Mining-geological conditions of zones with increased gas saturation promising for methane production are considered.

На основании опыта инофирм и отечественной практики работ авторами [1] предложен ряд критериев для выделения участков и площадей перспективных для добычи газа-метана. Они включают следующие параметры: