

Д. О. Хохлін // *Комунальне господарство міст.* — Харків: ХНАГХ, 2012. — Вип.105. — С. 140-146.

9. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. — Офіц. вид. — [На заміну СНиП 2.03.01-84*; Чинні від 2011-07-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2011. — 71 с.

10. Проектування висотних житлових і громадських будинків: ДБН В.2.2-24:2009. — Офіц. вид. — [Введено вперше; Чинні від 2009-09-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2009. — 103 с.

11. Каменные и армокаменные конструкции: СНиП II-22-81. — [Взамен главы СНиП II-В.12-71; Введ. 01.01.83]. — М.: Стройиздат, 1983. — 40 с.

12. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-162:2010. — Офіц. вид. — [На заміну СНиП II-22-81; Чинні від 2011-09-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2011. — 94 с.

13. Абдурашидов К.С. *Натурные исследования колебаний зданий и сооружений и методы их восстановления* / К.С. Абдурашидов. — Ташкент: Фан, 1974. — 216 с.

АННОТАЦИЯ

Приведен общий смысл категорий технического состояния для отдельных элементов и зданий в целом. Рассмотрены особенности категорий технического состояния при оценке сейсмостойкости конструктивной системы здания. Предложены прикладные инженерные способы оценки остаточной сейсмостойкости конструктивных систем. Приведена детализация по определению категорий технического состояния конструктивной системы на основании предложенных способов оценки остаточной сейсмостойкости с учетом повреждений для каменных зданий.

Ключевые слова: обследование, конструкции, каменные здания, повреждения, сейсмостойкость.

ANNOTATION

General meaning of technical state categories for separate elements and buildings generically is given. Features of technical state categories at the structural systems earthquake resistance analysis are considered. Applied engineering methods of residual earthquake resistance of structural systems are proposed. Detailing for the determination of technical state categories of structural system based on the introduced methods of residual earthquake resistance analysis with damage accounting for masonry buildings is considered.

Keywords: inspection, constructions, masonry building, damages, earthquake resistance.

УДК 621.807.212.7

Гаврюков А.В., к.т.н., ДНАСА, г. Краматорск

ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ДЛИНОЙ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ИХ СТАТИЧЕСКАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ ПРИ УДЛИНЕНИИ

АННОТАЦИЯ

Представлены исследования по определению теоретических зависимостей возникающего статического увеличения натяжения ленты при работающем и остановленном приводе конвейера при неравноускоренном изменении длины транспортирования. Установлено, что изменения статического увеличения натяжения на барабане передвижной станции при удлинении конвейера зависят от режима работы конвейера и сил сопротивления движению ленты и не зависят от скорости перемещения передвижной станции в режиме разгона ленты удлиняющегося конвейера с остановленным приводом. При удлинении остановленного конвейера возникающее статическое натяжение на барабане передвижной станции в 2 и более раз больше возникающего натяжения ленты на барабане передвижной станции удлиняющегося конвейера с работающим приводом.

Ключевые слова: конвейер, скорость, лента, изменение длины транспортирования, изменение статического натяжения, работающий привод, остановленный привод, фаза троганья, фаза изменения длины.

Актуальность проблемы и связь с важными научными и практическими заданиями.

В существующих конструкциях и технологических схемах используемых в строительстве, ленточный конвейер рассматривается как установка с неизменной длиной транспортирования.

Разработка новых технологических схем на основе рабочих процессов, учитывающих использование ленточных конвейеров, способных изменять длину транспортирования во время работы, в том числе и трубчатых, позволит повысить производительность и снизить энергоемкость производства [1], [2].

Создание ленточных конвейеров с изменяющейся длиной транспортирования требует разра-

ботки соответствующих методик расчета проектирования при которых обеспечивается безаварийная работа принятой в эксплуатацию транспортной установки.

Выявление зависимостей возникающей нагруженности ленты во время изменения длины транспортирования позволит правильно выполнить проектировочные расчеты.

Анализ последних исследований и публикаций.

Применение ленточных конвейеров с изменяющейся длиной транспортирования на шахте им. А.Ф.Засядько позволило повысить скорость проведения горных выработок за счет сокращения технологических операций связанных с удлинением конвейера [3].

Ленточный конвейер с изменяющейся длиной транспортирования был использован в 435 лаве шахты "Проспер Ханиель" в Германии, где был принят персоналом с большим одобрением [4].

Проанализируем эффективность применения конструктивно -технологической схемы оборудованной ленточным конвейером с изменяющейся длиной транспортирования при строительстве тоннеля и при проведении скважин [1], [2].

На рисунке 1 приведены конструкторско-технологические схемы проведения тоннеля при традиционном наборе транспортирующих устройств в забоях с комбайновым и буровзрывным способом проведения тоннелей (рис.1а,в) и нетрадиционном (рис.1б,г), при помощи ленточного конвейера, работающего при изменяющейся длине.

Из схем с нетрадиционным набором транспортирующих устройств видно, что отсутствуют перегрузочные устройства между проходческой машиной и ленточным конвейером.

Применение ленточного конвейера, работающего при изменяющейся длине, позволяет без монтажно-демонтажных работ концевой станции изменять длину конвейера, тем самым увеличивая машинное время проходческой машины.

На рисунке 2 представлены конструктивно-параметрические схемы экскаватора ЭО-5122А и землеройной машины с трубчатым конвейером с изменяющейся длиной транспортирования [5].

Анализируя работу землеройной машины с трубчатым конвейером и экскаватора ЭО-5122А можно предположить, что первая будет более производительная и менее энергоемкая, так как является машиной непрерывного действия.

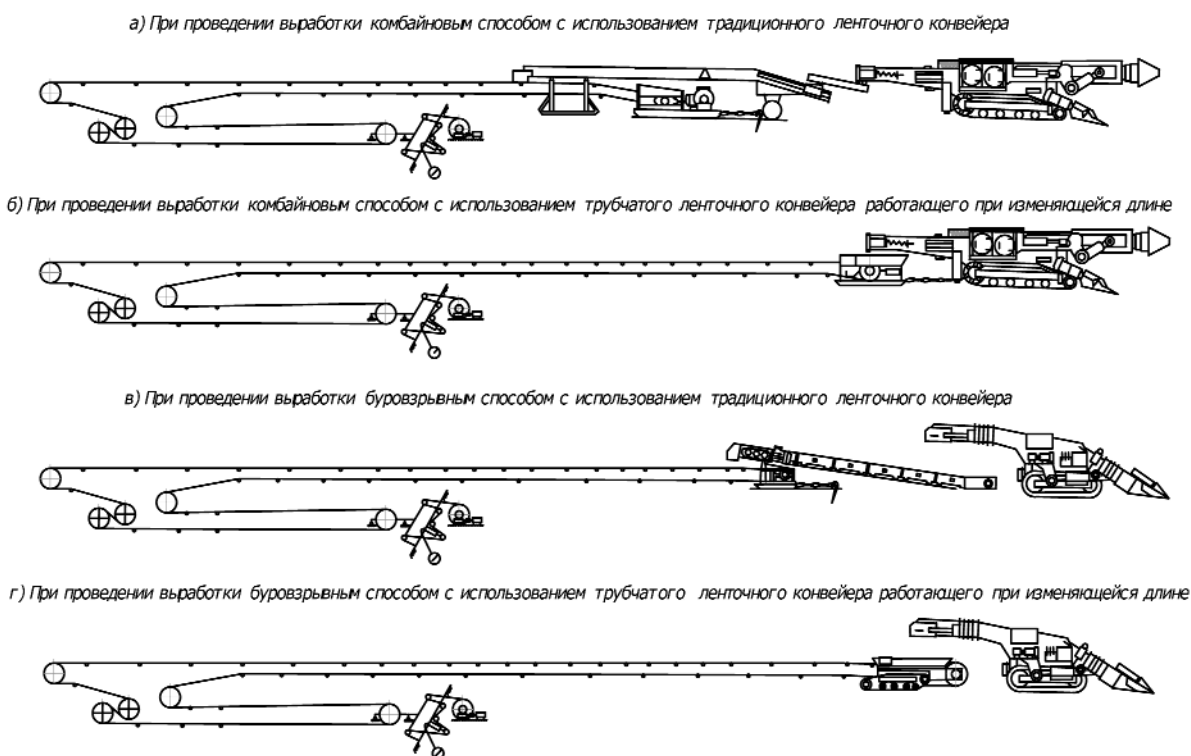


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема проведения тоннелей

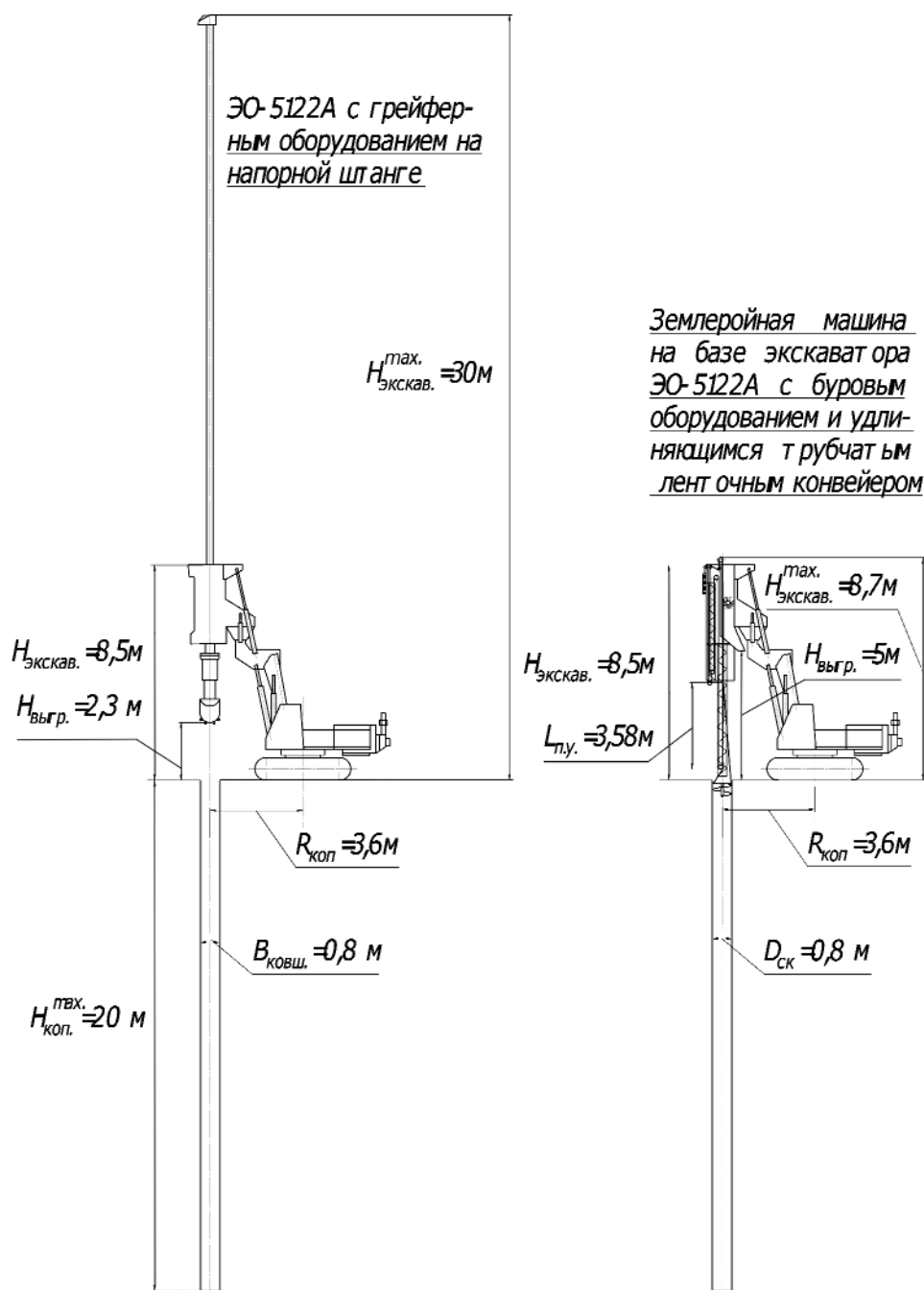


Рис. 2. Конструктивно-параметрические схемы землеройных машин для бурения скважин

Исследования, выполненные на экспериментальном ленточном конвейере (рис.3), установленном в лаборатории кафедры ПТСДМО ДонНАСА показали, что при увеличении длины транспортирования на барабане передвижной станции возникает скачек натяжения ленты (рис.4), который имеет место до тех пор, пока конвейер изменяет длину транспортирования.

Наблюдения на шахте имени А.Ф. Засядько за работой проходческого конвейера с изменяющейся длиной транспортирования показали, что во время удлинения конвейера с остановленным приводом имели место порывы ленты. В тоже время, если длину транспортирования изменяли при работающем приводе конвейера, порывов не было.

В работе [3] приведены исследования позволяющие определить возникающие изменение натяжения ленты во время равноускоренного удлинения конвейера, в которой отмечается, что на величину статического увеличения натяжения ленты во время удлинения конвейера влияет скорость движения ленты на грузовой и порожней ветви. В работе [7] и [8] приведены зависимости для определения ско-



Рис. 3. Общий вид экспериментального конвейера для исследования нагруженности ленты возникающей во время изменения длины транспортирования

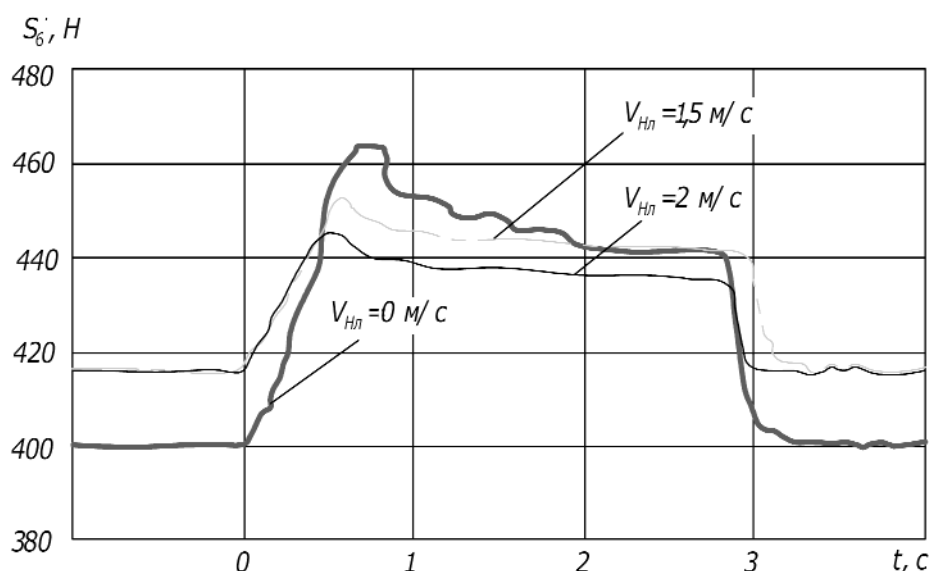


Рис. 4. Графики изменения нагруженности ленты на барабане передвижной станции экспериментального конвейера для различной скорости движения ленты, создаваемой приводом конвейера, в зависимости от времени изменения длины транспортирования при весе натяжного устройства $G_{Н.У.} = 400Н$

рости порожней и груженой ветви при не равноускоренном изменении длины транспортирования для конвейера с работающим приводом [7] и для конвейера с остановленным приводом [8].

Изменять длину транспортирования равноускоренно довольно накладно, а в некоторых случаях не возможно, поэтому возникает необходимость в выявлении зависимостей позволяющих определять нагруженность ленты во время не равноускоренного удлинения конвейера.

Цель работы — выявить зависимости позволяющие определить величину изменения статической нагруженности ленты во время не равноускоренного удлинения конвейера при различных режимах работы.

Изложение основного материала исследования.

В работах [6, 9] указывается, что при пуске или изменении длины остановленного конвейера имеет место фаза троганья и фаза разгона ленты.

Определим величину статического изменения натяжения ленты во время удлинения конвейера с остановленным приводом в режиме троганья.

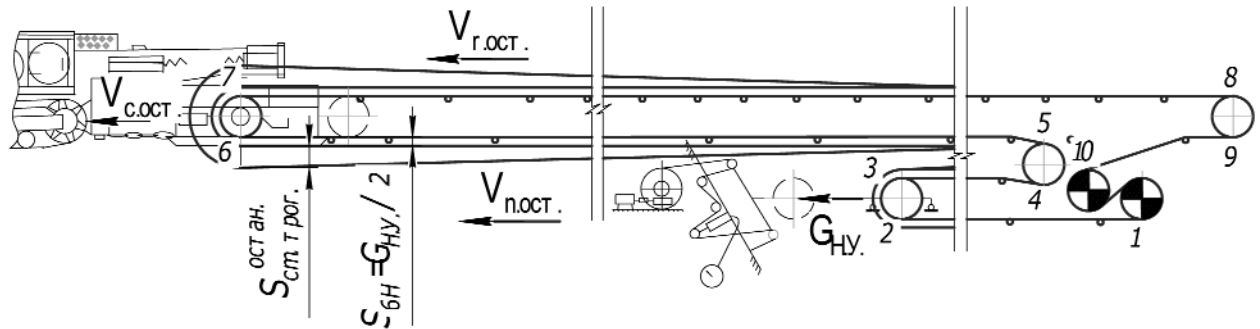


Рис 5. Схема изменения статических натяжений в ленте во время изменения длины транспортирования конвейера с остановленным приводом в фазе троганья

В начальный момент времени, изменяющего длину остановленного конвейера, возникает фаза троганья связанная с распространением квазистатической волны упругой деформации от точки 6 к точке 3.

Движение волны происходит под действием силы тяги, приложенной к передвижной станции, которая перемещает ленту справа налево.

Под действием этой силы на верхней и нижней ветви лента растягивается. На нижней ветви от точки 6 до точки 3. Как только сила натяжения в точке 6 окажется достаточной для преодоления сопротивления движению участка l_{3-6} , этот участок растянется и придет в движение.

Очевидно, что эпюра натяжения ленты на участке l_{3-6} в фазе троганья будет соответствовать эпюре приведенной на рисунке 5.

В работе [3] установлено, что скорость распространения квазистатической волны упругой деформации $A_{ст.п.ост.}$ от точки 6 к точке 3 обратно пропорциональна изменению натяжения на рассматриваемом участке конвейера и прямо пропорциональна изменению скорости порожней ветви и жесткости ленты.

Применительно к расчетной схеме (рис.5) можно записать, что скорость распространения квазистатической волны упругой деформации от точки 6 к точке 3 в фазе троганья равна

$$a_{ст.п.ост.}^{прог.} = dx / dt = V_{п.ост.} \cdot E_{0,дин.} / (\Omega_n x + S_{6H}), (м/с) \quad (1)$$

$$a_{ст.п.ост.}^{прог.} = dx / dt = V_{п.ост.} \cdot E_{0,дин.} / (\Omega_n x + G_{Н.У} / 2), (м/с) \quad (2)$$

где $E_{0,дин.} = B_{л} i_{прокл.} E_{дин.}$ – агрегатная динамическая жесткость ленты, (Н) (при рассмотрении статических деформаций правильно подставлять динамический модуль упругости ленты, так как рассматриваемый процесс происходит во время движения тягового органа); $E_{дин.}$ – динамический модуль упругости прокладки ленты, (Н/м) [11]; $i_{прокл.}$ – число прокладок в ленте; $B_{л}$ – ширина ленты, (м); Ω_n – удельное статическое сопротивление движению порожней ветви (Н/м) [8]; $G_{Н.У.} = m_{Н.У.} \cdot g$ – сила тяги натяжного устройства, (Н); $V_{п.ост.}$ – скорость движения ленты на порожней ветви во время изменении длины конвейера с остановленным приводом, (м/с) [8].

$$V_{п.ост.} = V_{с.ост.} \left(\Lambda \pm \sqrt{\Lambda^2 - \Phi} \right) / P, (м/с) \quad (3)$$

$$\Lambda = (\Omega_r l_{7-8} + \Omega_n l_{9-2}) / g + 2,5 m_{бар.} + m_{пр.пр.кон.}, (кГ) \quad (4)$$

$$\Phi = \left(\frac{\Omega_n l_{9-2} + l_{3-6} \Omega_n + \Omega_r l_{7-8}}{g} + 5 m_{бар.} + m_{пр.пр.кон.} \right) \left(\frac{\Omega_r l_{7-8} + \Omega_n l_{9-2} - \Omega_n l_{3-6}}{g} + m_{пр.пр.кон.} \right) (кГ^2) \quad (5)$$

$$P = \left[(\Omega_n l_{9-6} + \Omega_r l_{7-8}) / g + 5 m_{бар.} + m_{пр.пр.кон.} \right] / 2, (кГ) \quad (6)$$

где $V_{с.ост.}$ – изменения скорости передвижной станции остановленного конвейера во время удлинения конвейера, (м/с) [8]; $m_{бар.}$ – масса барабана, (кг); $m_{пр.пр.кон.}$ – приведенная масса привода конвейера, (кг) [8]; Ω_r – удельное статическое сопротивление движению груженой ветви, (Н/м) [8]; l_{n-m} – длина соответствующего участка конвейера, (м).

$$V_{с.ост.} = (M_p - \aleph_{ост.}) [1 - \exp(-\aleph t / \mathfrak{S}_{ост.})] / \aleph, (м/с) \quad (7)$$

$$\aleph = 2\beta_{эл.дв.} / (R_{зв.} i_{ход.ред.}), (Н/с) \quad (8)$$

$$\mathfrak{S}_{ост.} = 2(J_{р.эл.дв.} + J_{1.кол.ред.} + J_{2.кол.ред.} i_{ход.ред.}) / (R_{зв.} i_{ход.ред.}) + R_{зв.} i_{ход.ред.} (4\Omega_n l_{3-6} / g + m_{прох.ком.} + m_{H.Y.} + m_{ст.} + 6m_{бар.}) / 2, (кгМ) \quad (9)$$

$$\aleph_{ост.} = R_{зв.} i_{ход.ред.} [2\Omega_n l_{3-6} + g(m_{прох.ком.} + m_{H.Y.} + m_{ст.} + 6m_{бар.}) / 2], (НМ) \quad (10)$$

где $m_{прох.ком.}$ – масса проходческого комбайна перемещающегося по туннелю, (кг) [8]; $m_{H.Y.}$ – масса подвижной каретки телескопического устройства отождествляемая с усилием натяжного устройства, (кг); $J_{1.кол.ред.}$, $J_{2.кол.ред.}$ – момент инерции соответственно первого и второго зубчатого колеса ходового редуктора комбайна (кгМ²); $J_{р.ход.эл.дв.}$ – момент инерции ротора ходового электродвигателя проходческого комбайна (кгМ²); $R_{зв.}$ – радиус траковой приводной звездочки ходового редуктора проходческого комбайна, (м); $i_{ход.ред.}$ – передаточное число ходового редуктора; M_p – пусковой момент ходового электродвигателя, (НМ); $\beta_{эл.дв.}$ – коэффициент, характеризующий наклон механической характеристики двигателя ходового механизма проходческого комбайна, (НМ/с) [8].

С учетом уравнения (3), выполним преобразования уравнения (2), разделив переменные, получим

$$(\Omega_n x + G_{H.Y.} / 2) dx = E_{0.дин.} \frac{M_p - \aleph_{ост.}}{\aleph} \left(1 - e^{-\frac{\aleph}{\mathfrak{S}_{ост.}} t}\right) \frac{\Lambda \pm \sqrt{\Lambda^2 - \Phi}}{P} dt, (НМ) \quad (11)$$

Проинтегрируем правую и левую часть уравнения при начальных параметрах $x=0$ и $t=0$

$$\int_0^x (\Omega_n x + G_{H.Y.} / 2) dx = \int_0^t E_{0.дин.} \frac{M_p - \aleph_{ост.}}{\aleph} \left(1 - e^{-\frac{\aleph}{\mathfrak{S}_{ост.}} t}\right) \frac{\Lambda \pm \sqrt{\Lambda^2 - \Phi}}{P} dt \quad (12)$$

$$\frac{\Omega_n x^2}{2} + \frac{G_{H.Y.} x}{2} = E_{0.дин.} \frac{M_p - \aleph_{ост.}}{\aleph} \frac{\Lambda \pm \sqrt{\Lambda^2 - \Phi}}{P} \left(t - e^{-\frac{\aleph}{\mathfrak{S}_{ост.}} t}\right), (H) \quad (13)$$

После преобразований уравнения (13) получим зависимость изменения длины распространения квазистатической скорости упругой деформации, от времени во время фазы троганья ленты

$$\frac{\Omega_n x^2}{2} + \frac{G_{H.Y.} x}{2} - E_{0.ост.} \frac{M_p - \aleph_{ост.}}{\aleph} \frac{\Lambda \pm \sqrt{\Lambda^2 - \Phi}}{P} \left(t - e^{-\frac{\aleph}{\mathfrak{S}_{ост.}} t}\right) = 0, (НМ) \quad (14)$$

$$x = \left[-\frac{G_{H.Y.}}{2} + \sqrt{\frac{G_{H.Y.}^2}{4} + 4 \frac{\Omega_n}{2} E_{0.ост.} \frac{M_p - \aleph_{ост.}}{\aleph} \frac{\Lambda \pm \sqrt{\Lambda^2 - \Phi}}{P} \left(t - e^{-\frac{\aleph}{\mathfrak{S}_{ост.}} t}\right)} \right] / \Omega_n, (м) \quad (15)$$

Известно, что изменение статического натяжения в ленте во время ее движения равно произведению удельного сопротивления движению ленты на длину распространения волны статической деформации.

$$S_{ст.трог.}^{ост.} = \Omega_n x, (H) \quad (16)$$

Подставив уравнение (15) в уравнение (16) получим изменение статического увеличения натяжения ленты на барабане передвижной станции за время изменения длины конвейера от $T=0$ до $T=T_{\text{прог.}}$

$$S_{\text{ст.прог.}}^{\text{ост.}} = -\frac{G_{\text{II.У.}}}{2} + \sqrt{\frac{G_{\text{II.У.}}^2}{4} + 2\Omega_n E_{0.\text{дин.}} \frac{M_p - \mathfrak{N}_{\text{ост.}}}{\mathfrak{R}} \frac{\Lambda \pm \sqrt{\Lambda^2 - \Phi}}{\text{P}} \left(t - e^{-\frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{Z}_{\text{ост.}}}} t \right)}, \quad (H) \quad (17)$$

В конце фазы троганья увеличение статического натяжения ленты равно

$$S_{\text{ст.прог.}}^{\text{ост.}} = \Omega_n l_{3-6}, \quad (H) \quad (18)$$

Подставив уравнение (18) в уравнение (17) получим зависимость при помощи которой в программном обеспечении Mathcad можно определить время троганья ленты

$$\left(t_{\text{прог.}} - e^{-\frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{Z}_{\text{ост.}}}} t_{\text{прог.}} \right) = \frac{\text{P}\mathfrak{R}l_{3-6} (\Omega_n l_{3-6} + G_{\text{II.У.}})}{2E_{0.\text{ост.}} (M_p - \mathfrak{N}_{\text{ост.}}) (\Lambda \pm \sqrt{\Lambda^2 - \Phi})}, \quad (c) \quad (19)$$

После фазы троганья имеет место фаза разгона ленты и изменения длины транспортирования. Определим изменение статического натяжения ленты на барабане передвижной станции в фазе разгона ленты и изменения длины транспортирования конвейера с остановленным приводом (рис.6).

Статическое натяжение ленты в точке 6 в конце фазы троганья всегда равно

$$S_{6.\text{ст.прог.}}^{\text{ост.}} = \Omega_n l_{3-6} + G_{\text{II.У.}} / 2 \quad (20)$$

Сила сопротивления движения ленты между точкой 7 и точкой 6 приблизительно равна нулю. Отсюда натяжение в точке 7 в фазе разгона и изменение длины

$$S_{7.\text{ст.}}^{\text{ост.}} \approx S_{6.\text{ст.}}^{\text{ост.}} = S_{6\text{H}}^{\text{ост.}} + S_{\text{ст.прог.}}^{\text{ост.}} + S_{\text{ст.разг.}}^{\text{ост.}}, \quad (H) \quad (21)$$

Обозначим

$$S_{\text{ст.разг.}}^{\text{ост.}} + G_{\text{II.У.}} / 2 = M, \quad (H) \quad (22)$$

При определении скорости распространения квазистатической волны упругой деформации за начало отсчета координаты фронта волны на порожней ветви примем точку 3, а на грузовой – точку 7 (рис.6).

Обозначим координату фронта волны величиной x (рис.6, рис.7).

Рассмотрим распространение упругой квазистатической волны деформации вдоль тягового органа от барабана передвижной станции для порожней ветви.

Пусть время $T=T_{\text{прог.}}$ соответствует началу разгона ленты и изменению длины конвейера (рис.8.а) с этого момента от точки "А" вдоль тягового органа начинает перемещаться квазистатическая волна деформации со скоростью $A_{\text{разг. ст.п.ост.}}$.

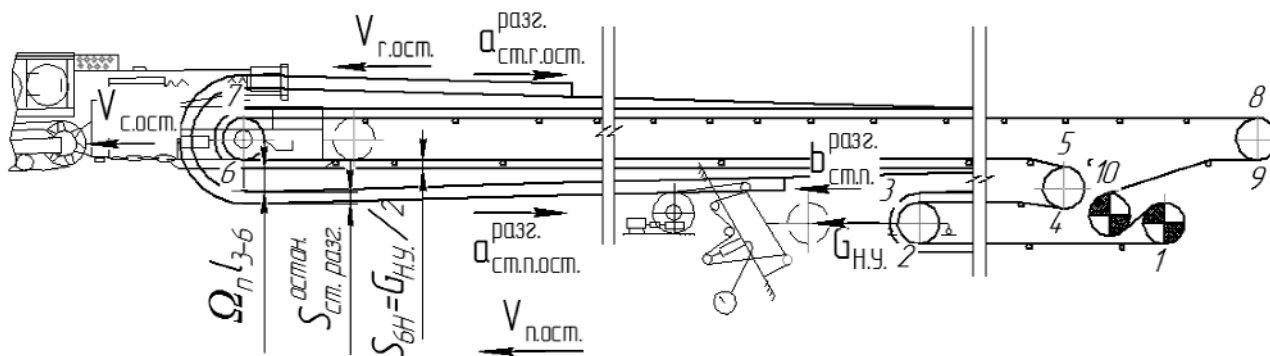


Рис. 6. Схема изменения статических натяжений в ленте во время фазы разгона ленты и изменения длины транспортирования конвейера с остановленным приводом

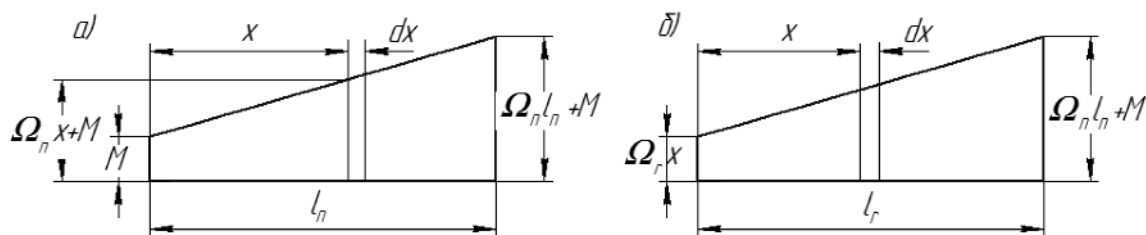


Рис. 7. Графики изменения натяжений порожней (а) и грузовой (б) ветви в период фазы разгона и удлинения конвейера с остановленным приводом

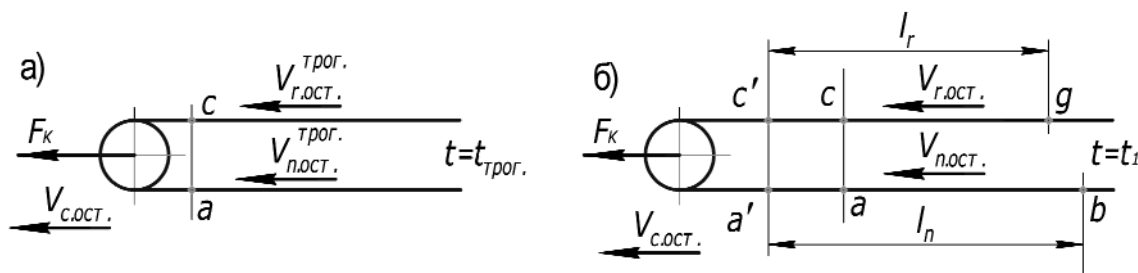


Рис. 8. Схема перемещения квазистатической волны упругой деформации вдоль тягового органа во время разгона ленты и изменения длины конвейера с остановленным приводом

К моменту времени $T=T_1$ (рис.8.б) точка "А" прошла путь "АА'", а фронт волны достиг точки "В". Натяжение в любой точке этого участка

$$S = \Omega_n x + G_{н.у.} / 2 + S_{ст.раз.}^{ост.}, (H) \tag{23}$$

Определим величину деформации Δl участка "АВ". Поскольку натяжение, действующее на рассматриваемый элемент dx на порожней ветви равно $\Omega_n x + M$ (рис. 7.а), деформация элемента равна

$$d\Delta l = (\Omega_n x + M) dx / E_{0.дин.}, (M) \tag{24}$$

Удлинение всего участка

$$\Delta l = \int_0^{l_n} (\Omega_n x + M) \cdot dx / E_{0.дин.} = (\Omega_n l_n^2 + 2Ml_n) / 2E_{0.дин.}, (M) \tag{25}$$

Продифференцировав по T и отметив, что $d\Delta l / dt$ есть скорость тягового органа порожней ветви в точке "А", dl / dt — искомая скорость распространения упругой квазистатической волны деформации растяжения на порожней ветви, получим:

$$a_{ст.п.ост.}^{разг.} = V_{п.ост.} E_{0.дин.} / (\Omega_n l_n + M), (M/c) \tag{26}$$

Скорость распространения, квазистатической волны деформации сжатия порожней ветви, будет иметь вид:

$$b_{ст.п.ост.}^{разг.} = V_{п.ост.} E_{0.дин.} / (\Omega_n l_n + G_{н.у.} / 2), (M/c) \tag{27}$$

Рассмотрим распространение квазистатической волны деформации вдоль тягового органа грузовой ветви, в данном случае волны растяжения.

Пусть момент времени $T=T_{троз}$ (рис.8.а) соответствует началу фазы разгона ленты и изменения длины транспортирования. Начиная с этого момента от точки "С" вдоль тягового органа начинает перемещаться квазистатическая волна деформации со скоростью $A_{ст.п.ост.}^{разг.}$.

В момент времени $T=T_1$ точка "С" прошла путь "СС'", а фронт волны достиг точки "G" (рис.8.б). Натяжение тягового органа на этом участке

$$S = (\Upsilon - \Omega_r x), (H) \tag{28}$$

$$\Upsilon = S_{cm.paz.}^{ocm.} + \Omega_n l_{3-6} + G_{H.Y.} / 2, (H) \quad (29)$$

Определим величину деформации Δl участка "CG". Выделим элемент dx на расстоянии x от точки "G" (рис.7.6).

Поскольку натяжение, действующее на рассматриваемый элемент dx равно $(\Upsilon - \Omega_r x)$ (рис. 7.6), то деформация элемента грузовой ветви

$$d\Delta l = (\Upsilon - \Omega_r x) dx / E_{0.дин.}, (M) \quad (30)$$

Удлинение всего участка "CG"

$$\Delta l = \int_0^l (\Upsilon - \Omega_r x) \cdot dx / E_{0.дин.} = (2\Upsilon l - \Omega_r l^2) / 2E_{0.дин.}, (M) \quad (31)$$

Дифференцируя это выражение по T получим

$$\frac{d\Delta l}{dt} = \frac{\Upsilon}{E_{0.дин.}} \cdot \frac{dl}{dt} - \frac{\Omega_r l}{E_{0.дин.}} \cdot \frac{dl}{dt}, (M/c) \quad (32)$$

Здесь $dl/dt = V_{r.ocm.}$ – скорость перемещения тягового органа грузовой ветви, а $A_{cm.r.ocm.}^{paz.} = dl/dt$ – искомая скорость распространения упругой квазистатической волны деформации растяжения на грузовой ветви в период фазы разгона ленты и изменения длины конвейера.

Отсюда

$$a_{cm.r.ocm.}^{paz.} = V_{r.ocm.} E_{0.дин.} / (\Upsilon - \Omega_r l), (M/c) \quad (33)$$

Вследствие различия скоростей упругих квазистатических волн деформаций на грузовой и порожней ветвях конвейера, после приложения перемещающей силы, время начала движения сжатия на грузовой ветви $T_{z.p.cm.}$ наступает после окончания движения волны растяжения $T_{n.p.cm.}$ и сжатия $T_{n.c.cm.}$ на порожней ветви, и срабатывания натяжного устройства $T_{н.у.}$

$$t_{z.p.cm.} = t_{n.p.cm.} + t_{n.c.cm.} + t_{н.у.}, (c) \quad (34)$$

Время движения квазистатической волны растяжения на порожней ветви от точки 6 к точке 3 в фазе разгона ленты и изменения длины конвейера

$$dt = dx / a_{cm.n.} = (\Omega_n x + M) dx / (V_{n.ocm.} E_{0.дин.}), (c) \quad (35)$$

$$t_{n.p.cm.} = \int_0^{l_{(3-6)}} \frac{\Omega_n x + M}{V_{n.ocm.} E_{0.дин.}} dx = \frac{\Omega_n l_{(3-6)}^2 + 2Ml_{(3-6)}}{2V_{n.ocm.} E_{0.дин.}}, (c) \quad (36)$$

Время движения квазистатической волны сжатия на порожней ветви от точки 3 к точке 6

$$t_{n.c.cm.} = \int_0^{l_{(3-6)}} \frac{\Omega_n x + G_{H.Y.} / 2}{V_{n.ocm.} E_{0.дин.}} dx = \frac{\Omega_n l_{(3-6)}^2 + G_{H.Y.} l_{(3-6)}}{2V_{n.ocm.} E_{0.дин.}}, (c) \quad (37)$$

Аналогично предыдущим рассуждениям можно записать

$$t_{z.p.} = (2\Upsilon l - \Omega_r l^2) / (2V_{r.ocm.} E_{0.дин.}), (c) \quad (38)$$

Подставив полученные выражения в формулу (34) и выполнив преобразования, получим

$$\Omega_r l^2 - 2\Upsilon l + 2V_{r.ocm.} \left[\Omega_n l_{(3-6)}^2 + l_{(3-6)} (M + G_{H.Y.} / 2) + t_{н.у.} E_{0.дин.} V_{n.ocm.} \right] / V_{n.ocm.} = 0, (HM) \quad (39)$$

При $T_{н.у.}=0$

$$\Omega_r l^2 - 2\Upsilon l + 2V_{r.ост.} [\Omega_n l_{(3-6)}^2 + l_{(3-6)} (M + G_{H.у.} / 2)] / V_{н.ост.} = 0, (H \cdot M) \quad (40)$$

Из уравнения (40) определим величину длины распространения упругой квазистатической волны деформации растяжения на грузовой ветви в период фазы разгона

$$l = (\sqrt{\Upsilon^2 - K\Omega_r} + \Upsilon) / \Omega_r, (M) \quad (41)$$

где

$$K = 2V_{r.ост.} [\Omega_n l_{(3-6)}^2 + l_{(3-6)} (M + G_{H.у.} / 2)] / V_{н.ост.}, (H \cdot M) \quad (42)$$

При принятом допущении, что лента является изотропно-упругим телом, возникающее увеличение натяжения ленты при удлинении конвейера равно

$$S_{ст.раз.}^{остан.} = \varepsilon_r E_{0.дин.}, (H) \quad (43)$$

Относительное удлинение грузовой ветви тягового органа

$$\varepsilon_r = \Delta x_r / l \quad (44)$$

Абсолютное удлинение грузовой ветви конвейера во время перемещения передвижной станции

$$\Delta x_r = V_{r.ост.} \cdot t_{з.п.ст.}, (M) \quad (45)$$

Подставив уравнение (36), (37) в уравнение (34) и упростив его через K (42) при $T_{н.у.}=0$ получим

$$t_{з.п.ст.} = K / (2V_{r.ост.}^{m.c} E_{0.дин.}), (c) \quad (46)$$

Подставив уравнение (44), (45), (46) в уравнение (43), получим

$$(S_{ст.раз.}^{остан.})^2 - S_{ст.раз.}^{остан.} \Upsilon + \Omega_r K / 4 = 0, (H) \quad (47)$$

Выделим из величин K , Υ , и M величину $(S_{ст.раз.}^{остан.})$ и сделав преобразования получим

$$S_{ст.раз.}^{остан.} = \frac{V_{r.ост.} \Omega_r l_{(3-6)} (\Omega_n l_{(3-6)} + G_{H.у.})}{V_{н.ост.} (2\Omega_n l_{(3-6)} + G_{H.у.}) - V_{r.ост.} \Omega_r l_{(3-6)}}, (H) \quad (48)$$

где $V_{r.ост.}$ — скорость движения грузовой ветви во время изменении длины конвейера с остановленным приводом, (м/с)

$$V_{r.ост.} = 2V_{с.ост.} - V_{н.ост.}, (M/c) \quad (49)$$

Подставив в уравнение (48) уравнение (3) и уравнение (49) получим

$$S_{ст.раз.}^{остан.} = \frac{\Omega_r l_{(3-6)} (2P - \Lambda + \sqrt{\Lambda^2 - \Phi}) (\Omega_n l_{(3-6)} + G_{H.у.})}{(\Lambda + \sqrt{\Lambda^2 - \Phi}) (2\Omega_n l_{(3-6)} + \Omega_r l_{(3-6)} + G_{H.у.}) - 2P\Omega_r l_{(3-6)}}, (H) \quad (50)$$

Определим статическое увеличение натяжения ленты во время изменения длины транспортирования конвейера с работающим приводом (рис.9).

Довольно обширные исследования статического увеличения натяжения ленты во время изменения длины транспортирования конвейера с работающим приводом $S_{ст.раз.}^{раб.}$ приведены в работе [3], поэтому ограничимся написанием полученной ранее зависимостью

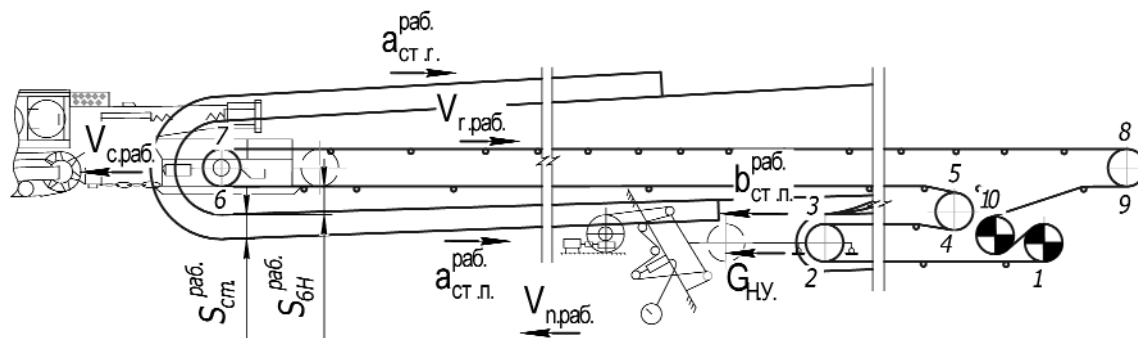


Рис. 9. Схема изменения статических натяжений в ленте во время изменения длины транспортирования конвейера с работающим приводом

$$S_{ст.}^{раб.} = \frac{R + \sqrt{R^2 + \Pi}}{4V_{н.раб.} (V_{р.раб.} - V_{с.раб.})}, (H) \quad (51)$$

$$R = V_{с.раб.} [2V_{н.раб.} (\Omega_n l_{(3-6)} + G_{П.У.} / 2) + V_{с.раб.} \Omega_r l_{(3-6)}], (H \cdot m^2 / c^2) \quad (52)$$

$$V_{р.раб.} = V_{Нл} - V_{с.раб.}, (м/с) \quad (53)$$

$$V_{н.раб.} = V_{Нл} + V_{с.раб.}, (м/с) \quad (54)$$

$$\Pi = 8V_{с.раб.}^2 V_{н.раб.} (V_{р.раб.} - V_{с.раб.}) \Omega_r (\Omega_n l_{(3-6)}^2 + G_{Н.У.} l_{(3-6)}), (H^2 m^4 / c^4) \quad (55)$$

где $V_{р.раб.}$ – скорость движения ленты на груженой ветви во время удлинения конвейера с работающим приводом, (м/с); $V_{н.раб.}$ – скорость движения ленты на порожней ветви во время удлинения конвейера с работающим приводом, (м/с); $V_{с.раб.}$ – скорость перемещения передвижной станции во время удлинения конвейера с работающим приводом, (м/с); $V_{Нл}$ – скорость движения ленты создаваемая приводом конвейера, (м/с).

На рисунках 10 и 11 приведены графики возникающего приращения статического натяжения ленты и возникающего статического натяжения в точке 6 удлиняющегося конвейера с остановленным и работающим приводом при следующих параметрах: $l_{9-6}=916$ м; $l_{3-6}=835$ м; $l_{7-8}=800$ м; $l_{9-2}=65$ м; $J_{1 кол.ред.} = 0,01$ кГм²; $J_{2 кол.ред.} = 25$ кГм²; $J_{р.ход.эл.дв.} = 3$ кГм²; $R_{зв.} = 0,5$ м; $M_p = 700$ Нм; $f=0,8$; $m_{Н.У.}=150$ кГ; $i_p=0,0064$; $m_{прох.ком.} = 3500$ кГ; $\Omega_n=5,33$ Н/м; $\Omega_r=12,5$ Н/м; $\beta_{эл.дв.} = 2$ Нм/с; $m_{бар.} = 100$ кГ; $m_{пр.пр.кон.} = 1250$ кГ; $m_{ст.} = 1000$ кГ; $E_{0.дин.} = 2600000$ (Н); $q_l = 10$ кГ/м; $V_{Нл} = 1,6$ м/с.; $S_{6H}^{раб.} = G_{Н.У.}/2 + \Omega_n l_{3-6}$; $S_{6H}^{ост.} = G_{Н.У.}/2$.

Выводы.

1. Применение ленточных конвейеров с изменяющейся длиной транспортирования в строительстве позволяет повысить производительность труда за счет: применения более прогрессивных технологических схем работы, увеличения машинного времени забойных машин, замены циклических рабочих операций на непрерывные.
2. Во время удлинения конвейера на барабане передвижной станции происходит нарастание нагрузки ленты за счет увеличения статического натяжения ленты.
3. Увеличенное статическое натяжения ленты на барабане передвижной станции, во время удлинения конвейера, существует до тех пор, пока происходит изменение длины транспортирования.
4. Величина увеличенного статического натяжения ленты зависит от того, работает или остановлен привод удлиняющегося конвейера. Для конвейера с остановленным приводом она может быть в 2 и более раз выше, чем для конвейера с работающим приводом.
5. При изменении длины остановленного конвейера имеет место фаза троганья и фаза разгона ленты. Фаза троганья существует от момента троганья передвижной станции до момента прихода квазистати-

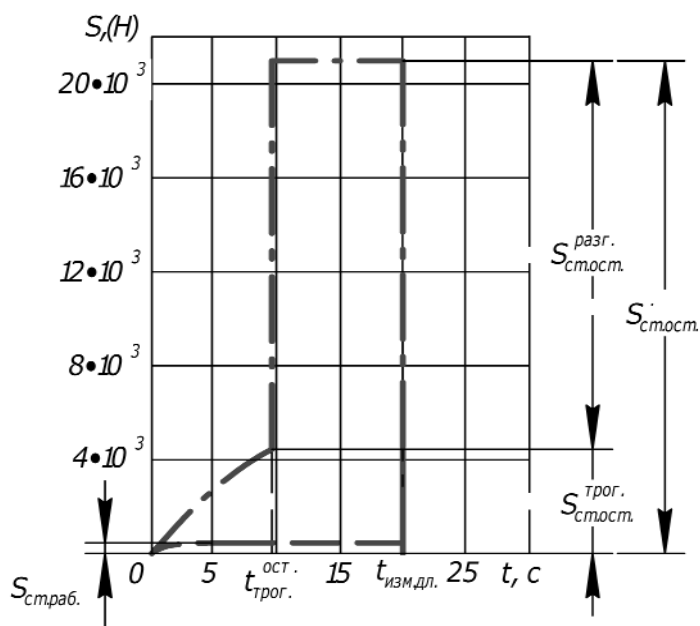


Рис. 10. Графики изменения возникающего приращения статического натяжения ленты удлиняющегося конвейера с остановленным и работающим приводом

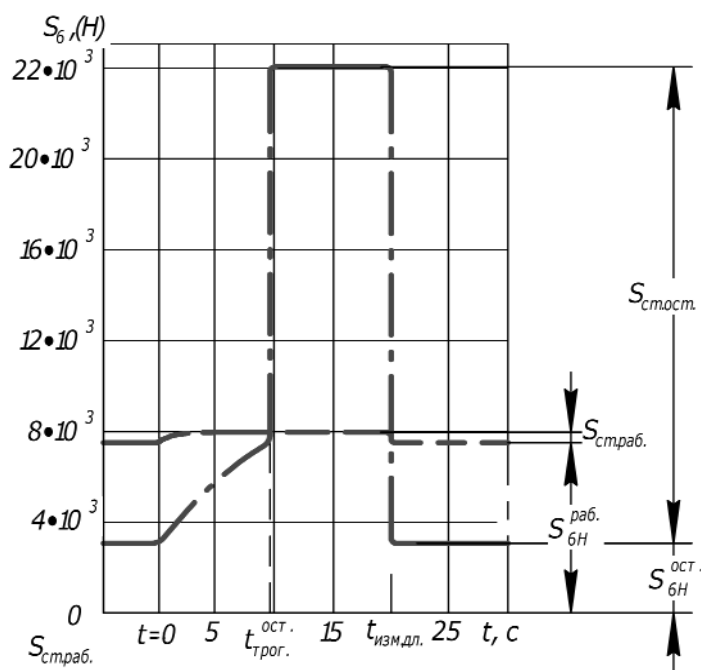


Рис. 11. Графики изменения возникающего статического натяжения ленты в точке 6 удлиняющегося конвейера с остановленным и работающим приводом

ческой волны деформации ленты к подвижному барабану телескопического устройства.

6. Изменение статического натяжения ленты на барабане передвижной станции остановленного конвейера в конце фазы троганья всегда равно силе сопротивления движения ленты на участке от барабана передвижной станции до подвижного барабана натяжного устройства.

7. Величина статического увеличения натяжения ленты на барабане передвижной станции остановленного конвейера, в фазе разгона, не зависит от скорости перемещения передвижной станции и связана с перераспределением сил сопротивления движения между верхней и нижней ветвью.

8. Результаты полученных исследований позволяют перейти к следующему этапу — определению динамической и суммарной нагруженности ленты возникающей во время изменения длины транспортирования конвейера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврюков А.В. Рабочие процессы с использованием ленточных конвейеров работающих при изменяющейся длине./ Гаврюков А.В., Третьяк А.В. // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. тр. №57 "Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование".- Днепропетровск: ППСА, 2010. С.127 – 236.
2. Гаврюков А.В. Энергоэффективность на конвейерном транспорте. Снижение энергоемкости рабочих процессов./Гаврюков А.В., Третьяк В.А.// Энергосбережение: – 2012. – N 9 (155) – С. 16-18.
3. Гаврюков А.В. Теория и практика использования ленточных конвейеров, работающих при изменяющейся длине. – Макеевка: ДонНАСА, 2007. – 119с.
4. Клаус Аллекотте. Разработка ленточных конвейеров переменной длины. /Клаус Аллекотте, Хайнц Шмидт. // Глюкауф – 2002 – № 1(2). С. 39-43.
5. Гаврюков О.В. Патент на винахід. № 90424 МПК (2009) E21B 7/00 E02F 5/20 (2006.01), E02D 17/06 Землерийна машина для буріння свердловин, / Гаврюков О.В., Семенченко А.К., Трет'як А.В. № а 2009 07663; Заявл. 21.07.09., Опубл. 10.02.10., Бюл. № 8. (Україна). -4с.
6. Гаврюков А.В. Математическая модель процесса распространения упругих деформаций, в ленте конвейера с изменяющейся длиной транспортирования. /Гаврюков А.В., Третьяк А.В.// Наукові праці ДНТУ. Серія "Гірничо-електромеханічна". 2014. – Вип. 1(27). – С.40 – 76.
7. Гаврюков А.В. Определение скорости и ускорения передвижной станции во время изменения длины транспортирования работающего проходческого конвейера./Гаврюков А.В.// Научный вестник ДГМА. – 2015.- Вип. №1(16E). С. 37 – 43.
8. Гаврюков О.В. Визначення швидкості руху стрічки на верхній і нижній гілці конвеєра при працюючому і зупиненому приводі під час зміни довжини транспортування / О. В. Гаврюков // Научный вестник ДГМА. – Краматорск ДГМА, 2015.- № 3 (18E). – С. 70-79.
9. Кузнецов Б.А. Динамика пуска длинных ленточных конвейеров. / Кн.: Транспорт шахт и карьеров. М.: Недра. – 1971. – С. 27-41.
10. Штокман И.Г. Природа и скорость распространения упругой волны статической деформации в тяговых органах конвейеров. / Штокман И.Г. // Шахтный и карьерный транспорт. Сб. научных трудов. – М. : Недра, 1974. – Вип. 1. С. 143-147.
11. Галкин В.И. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий. / Галкин В.И., Дмитриев В.Г., Дьяченко В.П., Запенин И.В., Шешко Е.Е.// – М.: Изд-во МГТУ. 2005. – 543 с.

АНОТАЦІЯ

Представлені дослідження з визначення теоретичних залежностей виникаючого статичного збільшення натягу стрічки при працюючому і зупиненому приводі конвеєра при нерівноприскореній зміні довжини транспортування. Встановлено що, зміни статичного збільшення натягу на барабані пересувної станції при подовженні конвеєра залежать від режиму роботи конвеєра і сил опору руху стрічки і не залежать від швидкості переміщення пересувної станції в режимі розгону стрічки та подовженні конвеєра із зупиненим приводом. При подовженні зупиненого конвеєра виникаючий статичний натяг на барабані пересувної станції в 2 і більше разів більше виникаючого натягу стрічки на барабані пересувної станції подовжуючого конвеєра з працюючим приводом.

Ключові слова: конвеєр, швидкість, стрічка, зміна довжини транспортування, зміна статичного натягу, працюючий привід, зупинений привід, фаза, троганням, фаза зміни довжини.

ANNOTATION

There has been represented the research concerning the theoretical dependences of the static increase in belt tension at working and shut-down drive during the non-uniform acceleration of the conveyance length change of the conveyor. There has been determined that in case of elongation of the conveyor static increase in tension of a reel on a mobile station depends on the conveyor operating regime and resistance force of the belt; it does not depend on travel speed of the mobile station when the belt of the lengthening conveyor accelerates and the drive is shut-down. In case of shut-down conveyor extension the static increase in tension of the reel of the mobile station is in two and more times higher than the belt tension of the reel of the mobile station of the lengthening conveyor with working drive.

Key words: conveyor, speed, conveyor belt, conveyance length change, change of static tension, working drive, shut-down drive, phase displacement, phase length change