

М 498229

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА
ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

РУКШЕНАС Йонас Юзович

УДК 621.867.2.001.2 (043.3)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПОВОРОТОВ
И ПЕРЕГИБОВ ТРАССЫ ПОДВЕСНЫХ КОНВЕЙЕРОВ С УЧЕТОМ
ПОЛИГОНАЛЬНОГО ЭФФЕКТА

(05.05.05 - Подъемно-транспортные машины)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рук

Москва - 1991

Работа выполнена в Каунасском научно-исследовательском институте радиоизмерительной техники

Научный руководитель - кандидат технических наук
доцент Л.Н. КОЛОБОВ (МГТУ
им. Н.Э.Баумана)

Официальные оппоненты: - доктор технических наук,
профессор Зенков Р.Л.;
- кандидат технических наук Иoffee Э.С.

ведущая организация - Львовский проектно-конструкторский институт конвейеростроения

Защита состоится "21" октября 1991 г. на заседании
спец. лизированного Совета К 053.15.10 в МГТУ им. Н.Э.Баумана
по адресу: 107005, г.Москва, ул. 2-я Бауманская, дом 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке универси-
тета.

_____ 1991 г.

еренные печатью, просьба вы-

М 498229



В.С. Цыбин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность тем. При массовом и крупносерийном производстве транспортных средства, в том числе и подвесные конвейеры, являются важными средствами производства. С развитием и усложнением производства развиваются и транспортные средства. Для подвесных конвейеров это связано с усложнением трассы и появлением на трассах большого числа горизонтальных поворотов и вертикальных перегибов.

Исследование кинематики и динамики тягового элемента на вертикальных перегибах как основных источников колебаний натяжений и скорости в тяговом элементе конвейера является актуальной проблемой.

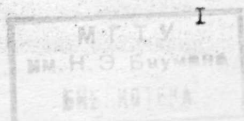
Цель работы - разработка методик аналитического определения параметров конвейера, определяющих изменения натяжения и скорости в его тяговом элементе; конструктивных мер, обеспечивающих уменьшение периодического изменения натяжения, повышение равномерности движения, уменьшение статического натяжения тягового элемента конвейера, а следовательно, повышающих его надежность и долговечность.

Методами работы являются аналитические исследования явлений изменения натяжений и скорости тягового элемента (полигонального эффекта) вертикальных поворотов конвейера, подбор имитирующих механизмов и расчетных схем, а также их сравнение с реальными поворотными механизмами, аналитическое исследование величины полигонального эффекта для одного поворота, и суммарного полигонального эффекта для всей трассы, изыскание мер по его уменьшению, экспериментальная проверка результатов аналитических исследований с применением специальной измерительной установки.

Научная новизна. Впервые для учета величины полигонального эффекта на поворотах трассы подвесного конвейера использован переменный коэффициент положения контура тягового элемента на повороте, являющийся геометрической характеристикой поворота, независимой от скорости и величины движущихся масс и рассчитываемой как функция линейного перемещения тягового элемента l .

Разработана методика определения суммарного полигонального эффекта для всей трассы конвейера.

Предложены способы уменьшения полигонального эффекта и тягового усилия конвейера методами подбора соотношения геометрических параметров контуров тягового элемента на поворотах трассы и обеспечения необходимых расстояний трасс между поворотами.



Практическая значимость работы. Уменьшение полигонального эффекта как на отдельных участках, так и на всей трассе повышает надежность работы конвейера, дает возможность уменьшить динамические усилия, снизить в тяговом элементе конвейера статические натяжения и колебания этих натяжений. Для практического применения результатов исследования разработана методика построения трассы подвесного конвейера.

Реализация результатов работы. Методика построения трассы подвесных конвейеров с учетом полигонального эффекта внедрена в Каунасском институте проектирования промышленного строительства и во Львовском проектно-конструкторском институте конвейеростроения.

Апробация. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на республиканских научно-технических конференциях (г.Каунас, 1980, 1981, 1985, 1988 г.г.), на кафедре "Подъемно-транспортных машин" МТУ им. Н.Э.Баумана.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 статей.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Текст содержит 205 страниц машинописного текста, 39 рисунков, 13 таблиц и список литературы из 52 названий.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность и цель исследований, а также приведены защищаемые положения.

В первой главе проведен анализ современного состояния механики поворотных участков трассы конвейера, экспериментальных исследований и измерений сопротивлений движению на поворотах конвейера.

В области увеличения достоверности тягового расчета известны труды В.К. Дьячкова и Э.И. Науйокайтиса. Несмотря на то, что в настоящее время предложена универсальная математическая модель процесса образования натяжения в тяговом элементе и составлен алгоритм машинного расчета, изменения статических и динамических колебаний натяжений в расчетах не учитывались.

В работах многих авторов содержатся исследования динамических явлений в приводных механизмах. А.П. Спиваковский, В.К. Дьячков, Г. Пайер и др. приводят анализ кинематики тяговой цепи в зоне набегания на приводную звездочку при установившемся движении тягового элемента. М.А. Павловский и др. показывают исследования изменения

ускорения ведущей звездочки и цепи с прерывистым движением. И.Г. Штокман на основе динамики приводной звездочки - цепи разработал методику определения динамических усилий в связи с распространением в тяговом элементе воли упругих деформаций. Методика сложна и применима для скребковых пластинчатых конвейеров, имеющих сложную трассу при большой загруженности и скорости тяго-го элемента.

М.П. Гончар, Ю.А. Калинин и др. для более точного учета динамических усилий предложили метод тягового расчета по эквивалентным расчетным схемам. Динамические усилия в тяговом элементе по предложенным методам их определения сложно учитывать, так как исследованы только приводные звездочки. Другие виды поворотов почти не исследованы.

Некоторые авторы в своих работах приводят данные исследования поворотов как элементов трассы, служащих целям изменения направления движения тягового элемента. В работах Ф.С. Иоффе, Н.В. Арцишевской исследования горизонтальных поворотов со звездочками, блоками или роликовыми батареями связаны с уменьшением износа тяговой цепи. В других работах Ф.С. Иоффе, В.П. Кальницкого содержатся исследования кинематики тележек и цепей подвесных толкающих конвейеров на горизонтальных и вертикальных поворотах. В.М. Ребарбар установил, что основной причиной неравномерности движения тягового элемента подвесного конвейера является наличие вертикальных перегибов, но не смог найти общего критерия оценки их работы. Предложенный способ уменьшения неравномерности движения тягового элемента путем изменения формы дуги поворота практически трудно осуществим. Статические изменения колебаний натяжений в тяговом элементе не исследованы.

Для экспериментального исследования сопротивлений на поворотных участках трассы З.И. Наукокайтис предложил дифференциальный метод измерения перепада натяжения в коротком отрезке тягового элемента, движущегося по трассе конвейера. Этот метод может быть применен и в нашем случае для определения изменений натяжения.

Настоящая работа является дальнейшим развитием определений действующих усилий в тяговом элементе на поворотных участках трассы конвейера. Она направлена на выявления новых параметров поворотов и критериев для оценки работы поворотных механизмов.

Во второй главе теоретически исследован полигональный эффект, возникающий в поворотных устройствах конвейера. В результате анализа геометрии, статики и кинематики тягового элемента на повороте выведены обобщенные уравнения для определения изменений натяжения

и скорости тягового элемента на поворотном участке.

По принятой обобщенной схеме механизма поворота (рис. I) тяговый элемент представлен как звенчатый контур, состоящий из отдельных звеньев $\alpha, \alpha+1, \dots, j, \dots, m-1, m$ и движущийся по пути с переменным радиусом R_n . Радиус кривизны траектории - $R = R_n + A$, где A - радиус катка, T_j - длина звена (шаг катков, кареток); ζ_j, ζ'_j - переменные углы отклонения у переднего и заднего концов звена j соответственно; это углы несогласия направления движения шарнира с направлениями усилий, действующих на шарнир.

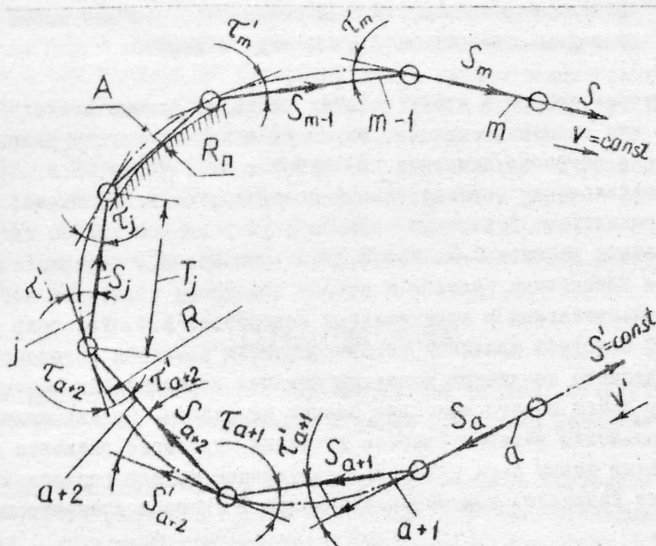


Рис. I

При исследовании движения шарнирно-звенчатого контура тягового элемента на повороте приняты допущения и ограничения:

1. Тяговый элемент принимает 1 абсолютно гибким и нерастяжимым т.е. недеформируемым.

2. В набегавшей ветви поворота к звену α приложено усилие $S' = \text{const}$; в сбегавшей ветви поворота звено m ведется с скоростью $v = \text{const}$.

3. не учитывается изменение величины сопротивления от действия переменных нормальных усилий на шарниры контура при движении тягового элемента.

Из анализа действующих сил следует, что зависимость натяжений в сбегающей и набегавшей ветвях примет вид

$$S = S' \prod_{j=\alpha}^{j=m} \beta_j \prod_{j=\alpha}^{j=m} \frac{\cos \varphi_j}{\cos \varphi_j'} = \beta \lambda S', \quad (1)$$

где β - коэффициент местного сопротивления (КМС) всего поворота (принимается постоянным, усредненным); λ - переменный коэффициент положения контура (КПК) на повороте:

$$\beta = \prod_{j=\alpha}^{j=m} \beta_j; \quad \lambda = \prod_{j=\alpha}^{j=m} \frac{\cos \varphi_j}{\cos \varphi_j'}. \quad (2), (3)$$

Аналогично из анализе скоростей шарниров следует, что

$$v' = v \lambda. \quad (4)$$

Следовательно, скорость набегавшей ветви v' меняется по той же закономерности, что и натяжение в сбегающей ветви S . Их определение при любом положении контура^{*} сводится к вычислению КПК поворота λ по формуле (3), которая является общим выражением полигонального эффекта механизма поворота с неподвижными направляющими.

Если интервал от α до m прямой, то $\beta = 1$ и $\lambda = 1$. Когда $T_j \rightarrow 0$, то контур становится гладким, $\lambda \rightarrow 1$, $\beta \rightarrow e^{\alpha}$ и уравнение (1) при $R = \text{const}$ принимает вид уравнения Эйлера (α - коэффициент линейного сопротивления; γ - угол обхвата). Поэтому механизм контура является более общим по сравнению с механизмом гибкой нити.

КПК λ является геометрической характеристикой поворота и при аналитическом ее определении используемые параметры относятся к параметрам контура тягового элемента поворотного механизма (рис. 2).

Для поворотных механизмов трассы конвейера параметры R , T и γ являются заданными постоянными. На рис. 2 а, б показаны контуры поворотов, когда хорды угла γ больше или меньше шага T соответственно.

КПК λ определяется как функция независимой переменной l , длина которой от 0 до T определяет положение контура на повороте.

l - расстояние в зоне сбегающей ветви поворота от образующей угла

^{*} Здесь и ниже имеется в виду контур, состоящий из отдельных звеньев, в отличие от контура гибкой нити.

γ до переднего конца крайнего звена m , находящегося на повороте, когда направления движения и приложенного к нему усилия не совпадают.

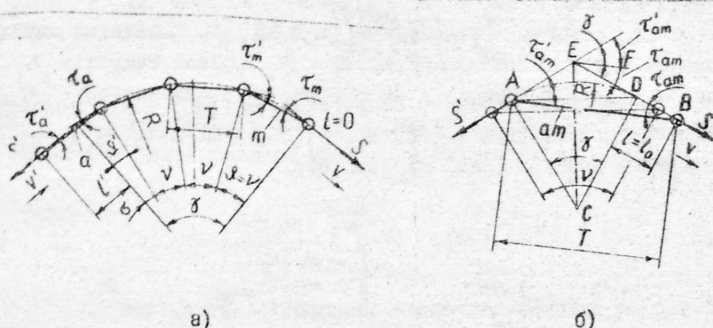


Рис.2

Дополнительный постоянный параметр - угол ν вычисляется как центральный угол многоугольника (рис.2 а)

$$\nu_0 = 2 \arcsin \frac{T}{2R}, \quad (5)$$

или равен углу γ (рис.2 б). Алгоритмы для определения угла ν имеет вид

$$\nu = \begin{cases} \nu_0 & \text{при } T = 2R, \nu < \gamma; \\ \gamma & \text{при } T \begin{cases} < 2R, \nu = \gamma; \\ \geq 2R. \end{cases} \end{cases} \quad (6)$$

Условию $T \geq 2R$ соответствует схема, приведенная на рис.2 б.

Угол, остающийся после вычитания целого числа n углов ν из угла γ , называется остаточным углом σ

$$\sigma = \gamma - n\nu. \quad (7)$$

Для реальных поворотов при $\gamma = \text{const}$ косинусы равных углов сокращаются и уравнение принимает вид:

$$\lambda = \begin{cases} \frac{\cos \tau_a \cos \tau_m}{\cos \tau'_a \cos \tau'_m} & \text{при } T \begin{cases} = 2R, \nu = \gamma; \\ \geq 2R, \nu = \gamma, l \geq l_0; \\ < 2R, l \geq l_0; \end{cases} \\ \frac{\cos \tau_{am}}{\cos \tau'_{am}} & \text{при } T \begin{cases} \leq 2R, \nu = \gamma, l = l_0; \\ < 2R, l = l_0; \end{cases} \end{cases} \quad (8)$$

$$(9)$$

где l_0 - частное значение переменной l , при которой задний конец А звена αm находится в начале дуги поворота. Значение l_0 определяется из ΔAEB (рис.2 б)

$$l_0 = \frac{T}{\sin \gamma} \sin \left[\gamma - \arcsin \left(\frac{2R}{T} \sin^2 \frac{\gamma}{2} \right) \right] - R \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}. \quad (10)$$

Дополнительными переменными параметрами являются: переменная l' со стороны набегающего звена и угловые переменные контуре ϑ и ϑ' , которые рассматриваются как функции переменной l и приниматься в качестве независимой переменной ни одна не может, т.к. l' имеет переменную скорость, а ϑ и ϑ' не всегда существуют (рис.2 б). Между ϑ и ϑ' существуют зависимости:

$$\vartheta' = \begin{cases} v + \sigma - \vartheta & \text{при } \vartheta' = v; \\ \sigma - \vartheta & \text{при } \vartheta = v. \end{cases} \quad (11)$$

Когда $l' = l$, контур находится в одном из двух положений симметрии, при этом $\lambda = 1$.

Условиями положений симметрии будут:

$$\vartheta = \begin{cases} 0,5(\sigma - v) & \text{при 1-й сим.} \\ 0,5\sigma & \text{при 2-й сим.} \end{cases} \quad (12)$$

Рассмотренные параметры контуре тягового элемента применяются для аналитического определения КНК поворота λ .

Аналогичное определение полигонального эффекта сводится к определению косинусов углов отклонения, входящих в формулы (8) и (9). По результатам анализ изменения углов отклонения в зависимости от параметров контуров, переменных l и l' для их косинусов можно записать:

$$\cos \varphi_a = \sqrt{1 - \left(\frac{T^2 - (l')^2}{2RT} \right)^2}; \quad (13)$$

$$\cos \varphi'_a = \frac{2TR^2 \sqrt{1 - \left(\frac{T^2 - (l')^2}{2RT} \right)^2} + (l')^3 + T^2 l'}{2T(R^2 + (l')^2)}; \quad (14)$$

$$\cos \varphi_m = \frac{2TR^2 \sqrt{1 - \left(\frac{T^2 - l^2}{2RT} \right)^2} + l^3 + T^2 l}{2T(R^2 + l^2)}; \quad (15)$$

$$\cos \varphi_m = \sqrt{1 - \left(\frac{T^2 - l^2}{2RT} \right)^2}; \quad (16)$$

$$\cos \varphi_{am} = \cos \gamma \sqrt{1 - \left[\frac{\sin \gamma}{T} (l + R \operatorname{tg} 0,5 \gamma) \right]^2} + \frac{\sin \gamma}{T} (l + R \operatorname{tg} 0,5 \gamma); \quad (17)$$

$$\cos \varphi'_{am} = \sqrt{1 - \left[\frac{\sin \gamma}{T} (l' + R \operatorname{tg} 0,5 \gamma) \right]^2}. \quad (18)$$

Величина переменной l' определяется по формуле

$$l' = -R \sin \vartheta' + \sqrt{T^2 + R^2 [\sin^2 \vartheta' - 2(1 - \cos \vartheta')]} \quad (19)$$

Значение ϑ' находится по формуле (II).

Угол поворота ϑ определяется как арксинус функции

$$\sin \vartheta = \frac{2TR^2 \sqrt{1 - \left(\frac{T^2 - l^2}{2RT} \right)^2} + l(T^2 - 2R^2 - l^2)}{2R(R^2 + l^2)}. \quad (20)$$

После расчета на ЭВМ по формуле (8) значений λ исследованы ее изменения как функции l при различных значениях остаточного угла σ . В интервале $\sigma = \nu \dots 1/3 \nu$ график изменения λ имеет две экстремальных значения; в интервале $\sigma = 1/3 \nu \dots 0$ — четыре. Наименьшая амплитуда колебаний λ будет при $\sigma = 0,2 \nu$ (точнее при $\sigma = 0,2053 \nu$). Расчеты по формуле (9) указывают на резкое повышение амплитуды колебаний при уменьшении радиуса поворота R .

Общий полигональный эффект нескольких поворотов определяется путем последовательного перемножения КПК этих поворотов. Для поворота i суммарный КПК $\lambda_{1, \dots, i}$ определяется как

$$\lambda_{1, \dots, i} = \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_i. \quad (21)$$

Поскольку коэффициенты λ являются переменными, перемножение их необходимо производить с учетом сдвига фаз положения контуров поворотов. Сдвиг фаз учитывается при предельном независимых переменных $l_1, l_2 \dots l_i$. Значение одной независимой, например l_1 , задается; при обходе трассы поочередно рассчитываются значения остальных $l_2 \dots l_i$. Полученные значения $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_i$, соответствующие $l_1, l_2 \dots l_i$, перемножаются.

Методика тягового расчета конвейера с учетом полигонального эффекта разработана на основе определения величин суммарных ампли-

туд статических колебаний натяжений и динамических усилий, возникающих из-за переменной скорости тягового элемента на поворотных участках трассы. На участке трассы от точки схождения тягового элемента с натяжного устройства α до точки набегания на поворот привода b усилие S_{bi} с учетом полигонального эффекта, соответствующее значению передвижения тягового элемента i , определяется по формуле

$$S_{bi} = S_b + \Delta S_b + \sum_{i=\alpha+1}^{i=b-1} S_j \prod_{i=j}^{i=b-1} \lambda_i \beta_{i+1} \left(\prod_{i=j}^{i=b-1} \lambda_i - 1 \right) + \\ + \sum_{i=\alpha+1}^{i=b-1} Q_j \prod_{i=j}^{i=b-1} \lambda_i \beta_i + Q_{ci} \prod_{i=\alpha+1}^{i=b-1} \lambda_i \beta_i. \quad (22)$$

Аналогично от точки α до точки схождения тягового элемента с поворота привода c тяговое усилие S_{ci} будет

$$S_{ci} = S_c + \Delta S_c + \sum_{i=\alpha+1}^{i=c+1} S_j \prod_{i=j}^{i=c+1} \lambda_i \beta_{i-1} \left(\prod_{i=j}^{i=c+1} \lambda_i - 1 \right) - \\ - \sum_{i=\alpha+1}^{i=c+1} Q_j \prod_{i=j}^{i=c+1} \lambda_i \beta_i + Q_{ci} \prod_{i=\alpha+1}^{i=c+1} \lambda_i \beta_i, \quad (23)$$

где ΔS_b , ΔS_c - приращения статических натяжений тягового элемента на величины суммарных амплитуд колебаний натяжений; $j = \alpha+1, \dots, i, \dots, b-1$; $j = \alpha+1, \dots, i, \dots, c+1$ - порядковые номера поворотов для выражений (22) и (23) соответственно; S_j - статическое натяжение в конце поворота j ; Q_{ci} и Q_b - динамические усилия от массы грузов и суммарной массы движущихся частей натяжного устройства при определении S_{bi} и S_{ci} соответственно.

Динамические усилия Q_i для каждого из элементарных участков i при расчете S_{bi} и S_{ci} соответственно равны:

$$Q_i = m_i v_b^2 \left(\sum_{i=j}^{i=b-1} \frac{k_j}{\lambda_j} \lambda_j' \prod_{i=\alpha+1}^{i=b-1} \lambda_i^2 \right); \quad (24)$$

$$Q_i = m_i v_{c+1}^2 \left(- \sum_{i=j}^{i=c+1} \frac{k_j}{\lambda_j} \lambda_j' \prod_{i=\alpha+1}^{i=c+1} \frac{1}{\lambda_i^2} \right); \quad (25)$$

где m_i - масса элементарного участка; $V_0 = V_{c+i}$ - средние скорости тягового элемента в точках набегания и сбегаания с поворота привода; λ'_i - производная λ_i по l ; k - коэффициент, учитывающий величину перепада λ'_j .

Третья глава посвящена описанию экспериментального исследования полигональности эффекта поворотных устройств подвешного конвейера.

Для экспериментального исследования применен известный способ дифференциального измерения силы местного сопротивления поворота. Разработана методика определения КПК λ и КМС β по осциллограммам записи сигналов, соответствующих дифференциальному натяжению между чувствительными элементами, смонтированными в цепь конвейера, на прямых участках (рис.3а, в) и на повороте (рис.3 б).

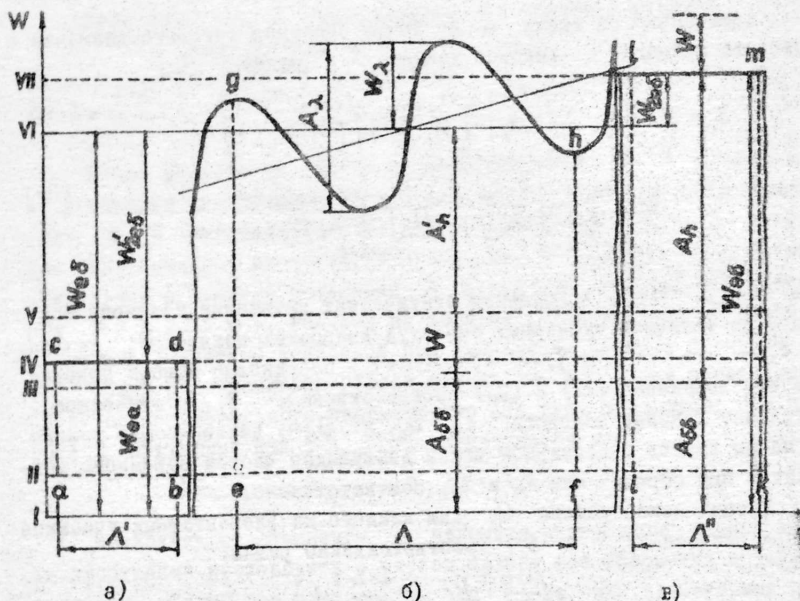


Рис.3

Для определения КПК λ по размаху колебаний дифференциального сигнала A_λ рассчитываются амплитуды колебаний натяжений на повороте W_λ

$$W_\lambda = \sqrt{5} \frac{A_\lambda}{2}, \quad (26)$$

где μ - масштаб записи дифференциального натяжения; ξ - коэффициент изменения μ при переходе от стэнда к конвейеру.

Средние ординаты натяжений $W_{2e\sigma}$, $W_{2e\sigma'}$, необходимые для определения КИС β , рассчитываются по средним ординатам осциллограмм:

$$W_{2e\sigma'} = \mu \xi \left(\frac{F}{\Lambda} - \frac{F'}{\Lambda'} \right); \quad (27)$$

$$W_{2e\sigma} = \mu \xi \left(\frac{F''}{\Lambda''} - \frac{F}{\Lambda} \right), \quad (28)$$

где F , F' , F'' - площади осциллограмм, соответствующие площадям фигур $efgh$, $abcd$, $iklm$, измеренным прецизионным планиметром; Λ , Λ' , Λ'' - длины соответствующих отрезков осциллограмм.

Для определения КПК λ вертикальных поворотов выведена формула

$$\lambda = \frac{S}{S - (W_{\lambda} - Q_{y\sigma})}, \quad (29)$$

где $Q_{y\sigma}$ - сила удара, возникающая в момент резкого изменения скорости тензочувствительного звена в набегавшей ветви контуре поворота при $\sigma \neq 0$, определяемая по величине перепада в графике производной $(\dot{\lambda})_i$

$$Q_{y\sigma} = k S' \frac{[(\dot{\lambda})_i]^2}{2}, \quad (30)$$

где k - коэффициент удара.

Разработана методика определения КИС вертикальных поворотов, позволяющая повысить точность экспериментального определения КИС без аналитического расчета сопротивлений ленточной нагрузки.

На базе измерительной установки ДИС-1 для измерения сил местного сопротивления, разработан комплекс измерительной аппаратуры для экспериментального определения сопротивлений поворотных участков. В комплекс входит измерительная установка ДИС-2 и тарировочный стэнд. Отличительной особенностью установки ДИС-2 является новая конструкция тензочувствительных звеньев для кованой разборной конвейерной цепи, позволяющая более точно определить величину изменений натяжений в тяговом элементе конвейера. Точность дифференциального измерения (3 %) лимитируется остаточной разностью чувствительности тензочувствительных звеньев. В качестве преобразователей применены полупроводниковые кремневые тензорезисторы. Эксперимен-

тельные исследования производились на Каунасском радиозаводе Лит. телевизионного ПО "Бенга".

Статистическая обработка значений КПК произведена по нормальному закону распределения. Значение КПК по данным расчета для выпуклых вертикальных поворотов $\lambda = 1,014874$. Среднее арифметическое значение КПК по данным экспериментальных исследований $\bar{\lambda} = 1,0157$, среднеквадратичное отклонение $\sigma = 0,0057$, генеральное среднеквадратическое отклонение по закону χ^2 -распределения находится в пределах $0,0047 - 6 - 0,0074$ с достоверностью $\alpha = 0,90$. Коэффициент вариации $W = 36,3 \%$, ошибка измерения составляет $8,8 \%$ от σ . Доверительный интервал среднего арифметического $\lambda = 1,0157 \pm 0,00206$ с достоверностью $\alpha = 0,95$.

С целью проверки разработанной методики тягового расчета с учетом статических и динамических колебаний натяжений в тяговом элементе конвейера проведено экспериментальное определение суммарного полигонального эффекта на участке трассы с 4-мя вертикальными поворотами. Для расчета значений независимых переменных l по осциллограмме непрерывной записи определены величины межповоротных участков трассы L . По экспериментальным значениям КПК λ определено среднее арифметическое расчетного значения суммарной амплитуды колебаний $\Sigma \alpha_{\lambda p} = 121,3$ Н. По осциллограмме общего натяжения определено среднее арифметическое экспериментальное значение суммарной амплитуды колебаний $\Sigma \alpha_{\lambda} = 149,7$ Н. Средняя разность несовпадения расчетных и экспериментальных значений $\bar{\Delta} \Sigma \alpha_{\lambda} = 28,4$ Н, что составляет $23,4 \%$ от среднего расчетного значения составляющей колебаний натяжения. Среднее квадратичное отклонение величины несовпадения результатов измерения и расчета $\sigma_{\Delta} = 18,2 \%$. Доверительный интервал, в котором уместится величина несовпадения результатов измерения и расчета, равен $\Delta \Sigma \alpha_{\lambda} = (24,2 \pm 15,4) \%$ с достоверностью $\alpha = 0,95$.

Четвертая глава содержит основные рекомендации по практическому применению результатов исследования.

Наиболее перспективными методами уменьшения колебаний натяжения и скорости тягового элемента являются выбор геометрических параметров контуров тягового элемента на поворотах трассы и компенсация колебаний в контурах поворотных участков. Эти методы, основанные на уменьшении амплитуды колебаний коэффициента λ , могут применяться после тягового расчета конвейера.

Метод расчета геометрических параметров контура поворота осно-

Величина угла обхвата γ с целым числом центральных углов звена ν таким образом, чтобы их разность была близка или равна остаточному углу σ , равному $0,2 \nu$. Для другого значения величина амплитуды колебаний оценивается коэффициентом k_{σ} . Если принять, что при $\sigma = 0$ максимальное значение КНК $\lambda_{\max} = \lambda_0$ и $k_{\sigma 0} = 1$, то для другого значения σ и λ

$$k_{\sigma} = \frac{\lambda - 1}{\lambda_0 - 1}. \quad (31)$$

Компенсация полигонального эффекта достигается путем выбора длины межповоротного участка трассы. Для одной пары поворотов одного вертикального перегиба численные результаты компенсации получаются при равных параметрах контуров поворотов, занимающих осевое положение. Для других положений контуров компенсация оценивается коэффициентом компенсации

$$k_{\phi} = \frac{\lambda_{1,2} - 1}{\lambda_1 - 1}, \quad (32)$$

где $\lambda_{1,2}$ - максимальное значение суммарного КНК после компенсации; λ_1 - максимальное значение КНК до компенсации.

При дальнейшей компенсации в двух парах поворотов на участке трассы с четырьмя вертикальными поворотами учитываются сопротивления перемещению от линейной нагрузки межповоротных участков трассы.

При расчетах экономической эффективности компенсации полигонального эффекта принят условный конвейер с длиной трассы 800 м, с 24-мя вертикальными поворотами и средней скоростью тягового элемента 0,3 м/с. Для определения изменения тягового усилия в зависимости от полигонального эффекта определена достоверная величина амплитуды λ в зависимости от остаточного угла σ и сдвига фаз при произвольно выбранной трассе. Произведен тяговый расчет без учета и с учетом полигонального эффекта. По данным расчета величина статических колебаний составила 184 %, а динамических - 32 % от средней величины тягового усилия. После компенсации на участках вертикальных перегибов величина статических колебаний уменьшилась более, чем в 20 раз, а динамических колебаний - 7,7 раза.

Уменьшение типоразмера тягового элемента при выборе его параметров с учетом уменьшенного полигонального эффекта после его компенсации дает экономический эффект 1760 руб. на один конвейер в год. Ежегодно вводятся в эксплуатацию около 680 подвесных конвейеров (при пересчете на эту длину), поэтому экономический эффект в

масштабе страны составляет более I млн.руб. в год.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Показано, что основными источниками колебаний натяжения и скорости в тяговом элементе подвесного конвейера являются вертикальные повороты трассы при малых радиусах и большом шаге кереток.

2. Доказано, что отрицательное явление колебаний в тяговом элементе конвейера - полигональный эффект - включает в себя статическую (первичный полигональный эффект) и динамическую (вторичный полигональный эффект) составляющие. Уменьшение полигонального эффекта повышает надежность, долговечность, равномерность движения тягового элемента конвейера и уменьшает средний статистический уровень колебаний.

3. Определено, что колебания в тяговом элементе возникают, когда контур тягового элемента движущегося на повороте, приобретает форму ломаной кривой, в которой направления скорости и действующих усилий на звенья контура не совпадают.

4. Определено, что при увеличении радиуса поворота и уменьшении шага контура форма тягового элемента на повороте приближается к форме гибкой нити. При этом амплитуда колебаний уменьшается, и механизм поворота гибкой нити может рассматриваться как частный случай механизма контура.

5. Предложено периодические изменения колебаний в тяговом элементе учитывать путем умножения скорости V и натяжения S на переменный коэффициент положения контура λ , который рассчитывается как функция линейного перемещения цепи l .

6. Предложены наиболее перспективные методы уменьшения полигонального эффекта: метод подбора параметров поворотов с целью уменьшения амплитуды колебаний коэффициентов положений контуров поворотных участков трассы λ , а также метод компенсации, основанный на коррекции расстояний между поворотами.

7. Разработана методика определения суммарного полигонального эффекта всех поворотов трассы с учетом влияния натяжного груза.

Работы по теме диссертации:

1. Рукшенас И.А., Науйокайтис Э.И. Периодические изменения натяжения цепи на вертикальных поворотах конвейера // Автоматизация и механизация процессов легкой промышленности: Материалы конференции "Механизация и автоматизация управления производственных

процессов". - Каунас, 1980. - С.47-51.

2. Рукшенас Й.Ю., Науйокайтис З.И. Изменения натяжения тягового элемента конвейера при обходе пары поворотов вертикального перегиба трассы // Автоматизация и механизация процессов легкой промышленности. Материалы конференции "Интенсификация производства, создание новых технологий, изделий и материалов". - Каунас, 1981. - С.15-19.

3. Рукшенас Й.Ю., Науйокайтис З.И. Суммарный полигональный эффект вертикальных поворотов подвешенного конвейера // Автоматизация и механизация процессов легкой промышленности: Материалы конференции "Развитие технических наук и перспективы использования их результатов". - Каунас, 1985. - С.44-50.

4. Науйокайтис З.И., Рукшенас Й.Ю. Статика конвейерной цепи, движущаяся на повороте с неподвижными направляющими // Механика материалов: Тематические сборники трудов вузов Лит.ССР. Механическая технология (Вильнюс). - 1986. - Т.15. - С.132-147.

5. Рукшенас Й.Ю. Экспериментальное исследование периодических колебаний в цепи конвейера // Текстильная технология и материаловедение: Тезисы докладов конференции "Совершенствование технологических процессов производства, их механизация, автоматизация и внедрение результатов". - Каунас, 1988. - С.64-66.

6. Рукшенас Й.Ю. Методика расчета параметров поворотов и перегибов трассы подвешенных конвейеров с учетом полигонального эффекта / КНИИРИТ - Каунас, 1989. - 22 с. (Деп. в ВИНИ. 17.05.90, № Д08239).

Подписано к печати 21.05.91 Тираж 100 экз., объем 1,0 печ.
лист. Бесплатно. Отпечатано на ротационной типографии МГТУ
им.Н.Э.Баумана. Заказ № 501