

КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Чжан Янь Минь (КНР)

УДК 621.867

**УСТАНОВЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ
ПАРАМЕТРОВ ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ
УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЗАГРУЗОЧНОЙ
ЧАСТИ КОНВЕЙЕРА**

Специальность 05.02.02 — Машиноведение
и детали машин

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

КИЕВ — 1993

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00810651 (L)

На правах рукописи

ЧЖАН ЯНЬ МИНЬ
КНР

УДК 621.887

УСТАНОВЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ
УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЗАГРУЗОЧНОЙ
ЧАСТИ КОНВЕЙЕРА

Специальность 05.02.02 - Машиноведение и детали машин

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Киев - 1993

Работа выполнена на кафедре технической механики
Киевского политехнического института

Научный руководитель - кандидат технических наук, профессор
В.С.Бондарев

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
А.И.Соколенко
- кандидат технических наук, с.н.с.
В.И.Коваленко

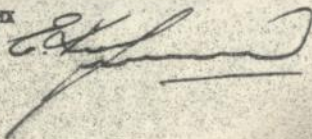
Ведущая организация - НПО "Стройматериалы" г. Киев

Защита состоится " 15 " 11 " 1983 г. в " 15⁰⁰ " часов на
заседании специализированного ученого совета К 068.14.13 в
Киевском политехническом институте (252056, Киев-56, проспект
Победы, 37 КПИ) К.23, ауд. 323

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КПИ.

Автореферат разослан " 27 " 9 " 1983 г.

Ученый секретарь
специализированного ученого
совета кандидат технических
наук, доцент



Коршенко Е.А.

7В-28.236

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Опыт эксплуатации и анализ работы показывают, что ленты и роликоспоры конвейера в наибольшей мере разрушаются и изнашиваются в местах загрузки от воздействия потока и удара кусков груза. Наблюдаются пробивание ленты, деформация обечайки роликов, разрушение подшипников и просыпание грузов в загрузочной части. Поэтому возникает необходимость в создании эффективных поддерживающих устройств и установлении конструктивных параметров загрузочной части, при которых динамические нагрузки при загрузке будут минимальными, а на ролики участка выхода загруженной ленты будут одиноковыми, что способствует увеличению срока службы ленты и поддерживающих устройств, а также повышению работоспособности загрузочной части и конвейера в целом. В связи с изложенным, исследования, направленные на установление конструктивных параметров поддерживающих устройств, являются актуальными.

Целью работы является установление зависимостей от характеристик грузопотока и узла загрузки, натяжения и типа ленты, конструктивных параметров поддерживающих ее устройств, обеспечивающих повышение работоспособности загрузочной части с плавным входом и выходом ленты с грузом из-под места падения грузопотока на линейную часть конвейера.

Идея работы заключается в повышении работоспособности загрузочной части конвейера путем установления конструктивных параметров поддерживающих устройств, обеспечивающих амортизацию ударных нагрузок, плавный вход ленты под погрузку и плавный выход загруженной ленты на линейную часть конвейера.

Методика исследований включает теоретическое и экспериментальное обоснование динамических нагрузок на поддерживающие устройства загрузочной части конвейера; для определения динамических нагрузок использованы современные положения теории колебаний и удара, а для решения нелинейных дифференциальных уравнений применен метод Рунге-Кутты; обработка исходной и промежуточной информации и установление параметров поддерживающих ленту устройств производится на ЭВМ.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые выполнены комплексные теоретические и экспериментальные исследования поддерживающих устройств загрузочной части конвейера с плавным входом под загрузку и плавным выходом загруженной ленты из-под места погрузки на линейную часть и определены их конструктивные параметры.

при которых ударные нагрузки на ленту становятся минимальными.

Разработана физическая модель загрузочной части, новизна которой заключается в учете сил, действующих на ленту и поддерживающие устройства, а также потока насыпного груза и поперечной жесткости ленты, и на основе физической модели составлена математическая модель, новизна которой заключается в учете жесткости ленты как переменной.

Разработана инженерная методика выбора конструктивных параметров поддерживающих устройств загрузочной части с плавным входом под загрузку и выходом ленты с грузом на линейную часть.

Практическая ценность работы. Предложена новая конструкция амортизирующей секции загрузочной части конвейера, повышающая работоспособность и срок службы конвейерных лент и поддерживающих устройств, что расширяет область применения конвейеров. Рекомендации по конструкциям поддерживающих устройств, в частности роlikопор и амортизирующей секции загрузочной части, переданы предприятию-изготовителю конвейеров для погрузочно-разгрузочных и складских работ в КНР; результаты теоретических исследований и инженерная методика выбора конструктивных параметров поддерживающих устройств могут быть применены при проектировании конвейеров.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена результатами проведенных опытов. Часть выводов реализована на практике, так как отдельные узлы и элементы испытаны и работают на различных конвейерах. Эксплуатируется на ленточном конвейере амортизирующая секция под местами загрузки после дробилки первичного дробления. Теоретические и практические данные в виде цифровых величин имеют хорошую сходимость, их различие находится в пределах восемнадцати процентов.

Апробация работы осуществлена на машиностроительном заводе - изготовителе конвейеров в Китайской Народной Республике, где докладывались в 1982г. основные результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований; законченная работа докладывалась в 1983г. на конференции Киевского политехнического института и в Украинской государственной корпорации "Укростройматериалы".

Автором разработаны и выносятся на защиту следующие научные положения:

I. физическая модель загрузочной части конвейера с плавным входом под загрузку и плавным переходом ленты с грузом на линейную часть с учетом поперечной жесткости и глубокого лоткообразования

ленты и действующих при этом на поддерживающие устройства сил;

2. теоретические и экспериментальные исследования по определению динамических нагрузок на ленту и поддерживающие устройства при падении грузопотока и отдельных кусков на ленту и при плавном выходе ленты с грузом на линейную часть конвейера;

3. инженерная методика выбора и расчета конструктивных параметров поддерживающих устройств, обеспечивающих повышение работоспособности загрузочной части конвейера.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов и библиографии, иллюстрированных на 138 страницах машинописного текста, содержит 49 рисунков и 2 таблицы.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 5 печатных работ.

Основное содержание работы

Проблема повышения работоспособности ленточного конвейера, как машины прогрессивного непрерывного транспорта различных грузов, ставит задачу по совершенствованию поддерживающих устройств: роликов, роликоопор, загрузочных секций. Вследствие этого, в первой главе выполнен анализ эксплуатации поддерживающих устройств различных типов конвейеров, рассмотрен ряд их конструкций, изучены существующие методы расчета динамических нагрузок при погрузке различных грузов. Установлено, что эффективность ленточного конвейера в значительной степени достигается совершенствованием конструкции его загрузочной части, обеспечивающей минимально возможное динамическое воздействие на ленту и поддерживающие устройства, равномерное распределение грузопотока в поперечном сечении для исключения сбегания ленты в сторону, отсутствия просыпания насыпных грузов с ленты, высокую несущую способность и высокую податливость поддерживающих устройств, в том числе амортизирующих секций, при взаимодействии с лентой, а также простоту конструкции машины в целом.

Более полному удовлетворению поставленным требованиям соответствует загрузочная часть, обеспечивающая практически безударную загрузку конвейера грузопотоком с плавным входом ленты под загрузку и плавным выходом загруженной ленты на линейную часть. Создание такой конструкции требует решения следующих задач:

1. Разработать физические модели загрузочной части как для участка загрузки, так и для участка движения загруженной ленты при выходе ее из-под места падения грузопотока на линейную часть

конвейера.

2. Выполнить теоретическое исследование для расчета динамических нагрузок на ленту и поддерживающие устройства загрузочной части.

3. Провести исследования по обоснованию конструктивных параметров поддерживающих ленту устройств.

4. Обосновать параметры, способствующие плавному выходу загруженной ленты из-под места загрузки на линейную часть конвейера.

5. Обосновать угол наклона боковых роликов на участке загрузки с целью обеспечения максимальной производительности с учетом простого и надежного уплотнения между лентой и бортами загрузочной воронки, а также обеспечения напряженного состояния ленты в допустимых пределах.

6. Разработать методику и провести эксперименты, подтверждающие результаты выполненных теоретических исследований, и разработать инженерную методику расчета основных параметров поддерживающих устройств загрузочной части ленточного конвейера.

7. Показать экономическую эффективность применения амортизирующей секции, конструкция которой обеспечивает плавный вход ленты под загрузку и плавный выход ее с грузом на линейную часть конвейера.

Решение поставленных задач выполняется в последующих главах диссертации.

На рис. I. показаны предложенные схемы загрузочной части конвейера. В месте загрузки боковые ролики установлены под углом наклона 60° , средние ролики расположены таким образом, что между лентой и роликами образуется свободное расстояние. На участках входа и выхода ленты из-под места загрузки установлены переходные роликоопоры с постепенным уменьшением желоба ленты с 60° до 30° , а средние ролики в одном случае на амортизаторах с различной жесткостью (рис. I, а),

$$C_1 < C_2 < C_3 < \dots < C_i \text{ и } C'_1 < C'_2 < C'_3 < \dots < C'_i,$$

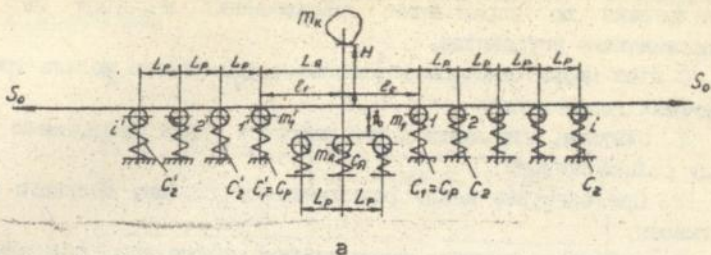
где C_i - жесткость установки i -ого среднего ролика.

при которых динамические нагрузки на ролики участка выхода грузовой ленты одиноковы и минимальны, что обеспечивает плавный переход загруженной ленты на линейную часть; в другом случае для простоты конструкции осуществляется плавный переход ленты путем монтажа роликоопор без амортизаторов (рис. I, б) на разных высотах, т.е.

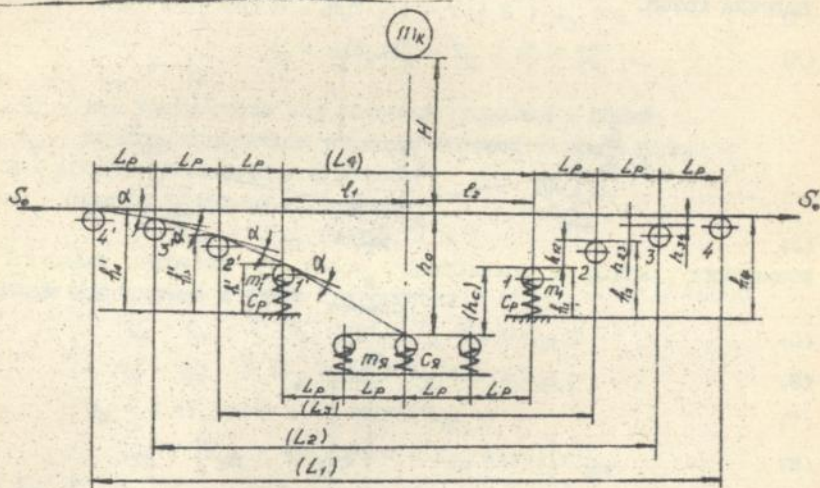
$$h_1 < h_2 < h_3 < \dots < h_i \text{ и } h'_1 < h'_2 < h'_3 < \dots < h'_i,$$

где h_i - высота установки i -ого среднего ролика.

Оба варианта конструктивного исполнения загрузочной части



а



б

Рис.1. Схемы положения роликоопор загрузочной части: а - на амортизаторах с различной жесткостью (модель1); б - на равных высотах (модель2)

способствуют правильному формированию грузопотока на ленте и обеспечению ее загрузки таким образом, что при расчетной производительности лента опирается на боковые ролики, не касаясь средних, а при загрузке крупнокусковым грузом с большой погонной плотностью, сначала лоток ленты опирается на боковые ролики, а затем поддерживается упруго установленными роликами для "ям".

Для установления конструктивных параметров предложенной конструкции загрузочной части конвейера выполнены теоретические

исследования по определению динамических нагрузок на ленту и поддерживающие устройства.

С этой целью составлены идеальные физические модели (рис.2) при следующих допущениях:

1. Считаем, что лента перед падением груза расположена по прямой между роlikоопорами.

2. При загрузке между роlikоопорами глубину местного сжатия не учитываем.

3. Учитываем влияние на колебание только соседних роlikов при падении груза.

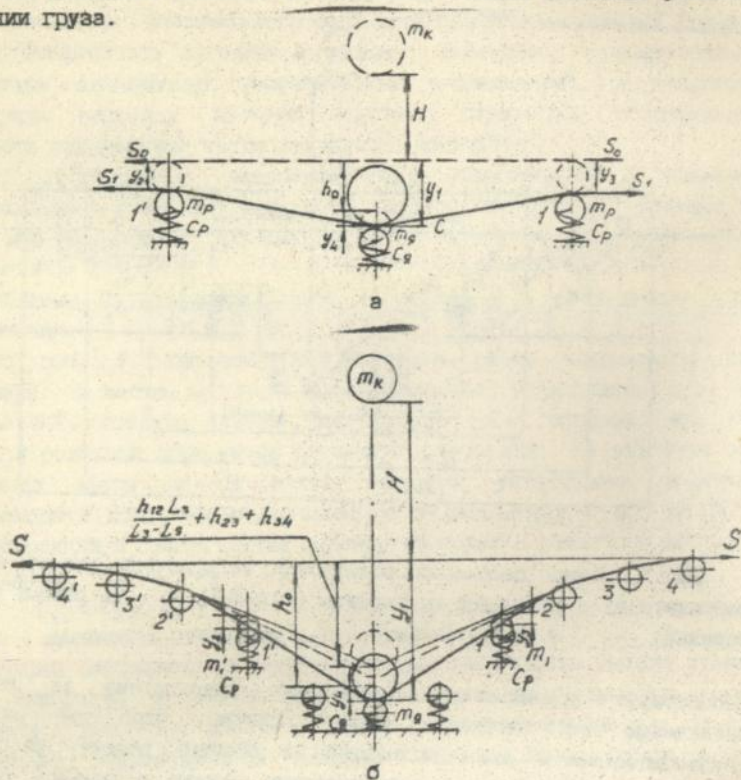


Рис.2. Модели 1(а) и 2(б) для определения динамических нагрузок в загрузочной части

Для составления математической модели определяем силы на каждый элемент положения системы. При загрузке в поперечном сечении желоба ленты реакции бокового ролика от потока груза, веса ленты, поперечной

жесткости ленты при прогибе и ударе грузопотока записываются следующими выражениями:

$$N'_M = \frac{G'_M}{G_M} G_M \cos \beta = \frac{A_a}{A_M} G_M \cos \beta, \quad (1)$$

где

$$\frac{A_a}{A_M} = \frac{G'_M}{G_M} = 1 / \left[2 + \frac{4}{\cos \beta} \frac{1}{(b/m - 1)} + \frac{0.536}{0.286 \cos^2 \beta + \sin \beta \cos \beta} \frac{1}{(b/m - 1)^2} \right];$$

$$N_L = G'_L \cos \beta = 0.5 (1 - m/B) G_L \cos \beta. \quad (2)$$

$$P_{II} = H \beta_1 / L_{II}^2 = \Sigma_{II} J \beta_1^2 / L_{II}^2, \quad (3)$$

здесь $J = L_{II} \delta^2 / 12$;

G'_M, G_M - вес части груза над боковыми роликами и общий;

A_a, A_M - площадь поперечного сечения боковой части и общая;

β - угол наклона бокового ролика;

β_1 - силовой коэффициент подбоя.

$$N_{уп} = P_{уп} (b - m) / m. \quad (4)$$

Погонные нагрузки от массы грузопотока и ленты, поперечной жесткости при прогибе и ударе грузопотока:

$$q'_M = q_M - 2 (N'_M \cos \beta + F_M \sin \beta) / L_{II}; \quad (5)$$

$$q'_L = q_L - 2 (N_L \cos \beta + F_L \sin \beta) / L_{II}; \quad (6)$$

$$q_{II} = 2 (P_{II} \cos \beta + F_{II} \sin \beta) / L_{II}; \quad (7)$$

$$q_{уп} = [P_{уп} - (N_{уп} \cos \beta + F_{уп} \sin \beta)] / l_{уп}. \quad (8)$$

здесь $F_M, F_L, F_{II}, F_{уп}$ - сила трения между лентой и боковыми роликами от веса груза, ленты, поперечной жесткости при прогибе и давления падающего грузопотока;

$l_{уп}$ - длина распределения потока груза.

Из статического равновесия определяются реакции крайних роликов

$$F'_1 = [q'_M l_2 (1_1 + 1_2 / 2) + P_g l_1 + q_{уп} l_{уп} (1_1 - l_{уп} / 2) + q'_L L_{II}^2 / 2 - q_{II} L_{II}^2 / 2] / L_{II} \quad (9)$$

$$F'_2 = [(q'_L - q_{II}) L_{II}] / 2 + [P_g l_2 + q'_M l_2^2 / 2 + q_{уп} l_{уп} (1_2 + l_{уп} / 2)] / L_{II} \quad (10)$$

Силы, действующие на роликоопоры 2 и 3, перед тем, как лента с куском не доходит до среднего ролика:

$$Q_2 = m'_1 g - C'_1 Y_2 + F'_1; \quad (11)$$

$$Q_3 = m'_1 g - C'_1 Y_3 + F'_1; \quad (12)$$

здесь F_1, F_2 - равны по величине и противоположно направлены силам F'_1, F'_2 .

В работе получена формула для определения жесткости постели (лента - жесткие ролики-опоры):

$$C_{\text{Л}} = \frac{dP}{dy} = \frac{3EF(l_1 + l_2)^2}{4l_1^2 l_2^2 L_k - 8EF l_1^2 l_2^2 / C_0} y^2 + \frac{S_0(l_1 + l_2)}{l_1 l_2} \quad (I3)$$

где E - динамический модуль упругости ленты, Н/м прокладки;

$F = Bi$, B - ширина ленты, м; i - число прокладок ленты;

L_k - длина конвейера, м;

S_0 - начальное натяжение ленты, Н;

C_0 - жесткость опор барабана, Н/м;

при $C_0 \rightarrow \infty$ $C_{\text{Л}} = \psi + 3Ky^2$,

$$\text{здесь } \psi = \frac{S_0(l_1 + l_2)}{l_1 l_2}, \quad K = \frac{EF(l_1 + l_2)^2}{4l_1^2 l_2^2 L_k}.$$

Если лента покоится на упруго установленных роликоопорах, то жесткость постели (лента - роликоопоры):

$$C = \frac{C_{\text{Л}} C_0}{C_{\text{Л}} + C_0} = \frac{C_0 \psi + 3KC_0 y^2}{\psi + C_0 + 3Ky^2} \quad (I3a)$$

где C_0 - жесткость балки на упруго установленных роликоопорах с жесткостью C_p

$$C_0 = C_p \frac{(l_1 + l_2)^2}{l_1 l_2}.$$

Кинетическая энергия системы груз-лента-поддерживающие устройства (рис.2а) записывается выражением:

$$T_1 = \frac{1}{2} m_k (y'_1)^2 + \frac{1}{2} m'_1 (y'_2)^2 + \frac{1}{2} m_1 (y'_3)^2 + T_{\text{Л}} \quad (I4)$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_k (y'_1)^2 + \frac{1}{2} m'_1 (y'_2)^2 + \frac{1}{2} m_1 (y'_3)^2 + \frac{1}{2} m_{\text{Д}} (y'_4)^2 + T_{\text{Л}} \quad (I5)$$

где $T_{\text{Л}} = \int_0^{l_1} \frac{1}{2} \rho \left[\frac{A}{3} \right] v_{1_1}^2 dx + \int_0^{l_2} \frac{1}{2} \rho \left[\frac{A}{3} \right] v_{1_2}^2 dx$,
 ρ - плотность ленты, кг/м³;

A - площадь поперечного сечения ленты, м²;

$v_{1_1} = y'_1 + (y'_1 - y'_2)x/l_1$, $v_{1_2} = y'_1 + (y'_1 - y'_2)x/l_1$;

y_i - перемещение m_i .

Силы, действующие на элементы системы:

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= m_k g - P_L \\ Q_2 &= m'_1 g - C'_1 y_2 + E_1 \\ Q_3 &= m_1 g - C_1 y_3 + F_1 \end{aligned} \right\} \quad (I6)$$

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= m_k g - P_L - P_k \\ Q_2 &= m'_1 g - C'_1 y_2 + E_1 - C_{Я} y_4 l_1 / L_{Я} \\ Q_3 &= m_1 g - C_1 y_3 + F_1 - C_{Я} y_4 l_2 / L_{Я} \\ Q_4 &= m_{Я} g - C_{Я} y_4 - P_k \end{aligned} \right\} \quad (I7)$$

$$\text{где } P_L = C_0 y_1 - \frac{C_0^2}{\sqrt{3 K (C_0 + w)}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{3 K}{(C_0 + w)}} y_1$$

$$P_k = \begin{cases} 0, & y_1 - y_4 < h_0 \\ a (y_1 - y_4 - h_0) + b (y_1 - y_4 - h_0)^2, & y_1 - y_4 \geq h_0 \end{cases}$$

Подставив полученные выражения в уравнения Лагранжа, получим дифференциальные уравнения для модели I (рис. 2,а):

$$\left. \begin{aligned} \left(m_k + \frac{\rho A L_{Я}}{9} \right) y_1'' + \frac{\rho A l_1}{18} y_2'' + \frac{\rho A l_2}{18} y_3'' &= m_k g - P_L \\ \frac{\rho A l_1}{18} y_1'' + \left(m'_1 + \frac{\rho A l_1}{9} \right) y_2'' &= m'_1 g - C'_1 y_2 + E_1 \\ \frac{\rho A l_2}{18} y_1'' + \left(m_1 + \frac{\rho A l_2}{9} \right) y_3'' &= m_1 g - C_1 y_3 + F_1 \\ \text{при } y_1 < h_0 \\ \left(m_k + \frac{\rho A L_{Я}}{9} \right) y_1'' + \frac{\rho A l_1}{18} y_2'' + \frac{\rho A l_2}{18} y_3'' &= m_k g - P_L - P_k \\ \frac{\rho A l_1}{18} y_1'' + \left(m'_1 + \frac{\rho A l_1}{9} \right) y_2'' &= m'_1 g - C'_1 y_2 + E_1 - C_{Я} y_4 l_1 / L_{Я} \\ \frac{\rho A l_2}{18} y_1'' + \left(m_1 + \frac{\rho A l_2}{9} \right) y_3'' &= m_1 g - C_1 y_3 + F_1 - C_{Я} y_4 l_2 / L_{Я} \\ m_{Я} y_4'' &= m_{Я} g - C_{Я} y_4 - P_k \\ \text{при } y_1 \geq h_0 \end{aligned} \right\} \quad (I8)$$

Динамическая нагрузка определяется по формуле:

$$P_g = \begin{cases} P_{1,Л}, & y_1 < h_{01} \\ P_{1,Л} + P_k, & y_1 \geq h_{01} \end{cases} \quad (19)$$

Для модели 2 аналогичным методом получим дифференциальные уравнения (рис. 2,б):

$$\left. \begin{aligned} \left[m_k + \frac{\rho A L_1}{9} \right] y_1'' &= m_k g - P_{1,Л}, & 0 \leq y_1 < h_{01} \\ \left[m_k + \frac{\rho A L_2}{9} \right] y_1'' &= m_k g - P_{2,Л}, & h_{01} \leq y_1 < h_{02} \\ \left[m_k + \frac{\rho A L_2}{9} \right] y_1'' &= m_k g - P_{3,Л}, & h_{02} \leq y_1 < h_{03} \\ \left[m_k + \frac{\rho A L_4}{9} \right] y_1'' + \frac{\rho A L_4}{36} y_2'' + \frac{\rho A L_4}{36} y_3'' &= m_k g - P_{4,Л} \\ \frac{\rho A L_4}{36} y_1'' + \left[m_1' + \frac{\rho A L_4}{18} \right] y_2'' &= m_1' g - C_p y_2 + P_{4,Л}/2 \\ \frac{\rho A L_4}{36} y_1'' + \left[m_1 + \frac{\rho A L_4}{18} \right] y_2'' &= m_1 g - C_p y_2 + P_{4,Л}/2 \\ &\text{при } h_{03} \leq y_1 < h_0 \\ \left[m_k + \frac{\rho A L_4}{9} \right] y_1'' + \frac{\rho A L_4}{36} y_2'' + \frac{\rho A L_4}{36} y_3'' &= m_k g - P_{4,Л} - P_k \\ \frac{\rho A L_4}{36} y_1'' + \left[m_1' + \frac{\rho A L_4}{18} \right] y_2'' &= m_1' g - C_p y_2 + P_{4,Л}/2 - C_{Я} y_4/2 \\ \frac{\rho A L_4}{36} y_1'' + \left[m_1 + \frac{\rho A L_4}{18} \right] y_2'' &= m_1 g - C_p y_2 + P_{4,Л}/2 - C_{Я} y_4/2 \\ m_{Я} y_4'' &= m_{Я} g - C_{Я} y_4 - P_k \\ &\text{при } y_1 \geq h_0 \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

динамическая нагрузка:
$$P_g = \begin{cases} P_{1,Л}, & 0 \leq y_1 < h_{01} \\ P_{2,Л}, & h_{01} \leq y_1 < h_{02} \\ P_{3,Л}, & h_{02} \leq y_1 < h_{03} \\ P_{4,Л}, & h_{03} \leq y_1 < h_0 \\ P_{4,Л} + P_k, & h_0 \leq y_1 \end{cases} \quad (21)$$

$$\text{где } P_{1,Л} = \int_0^{y_1} C_{1,Л} dy_1 = v_1 y_1 + K_1 y_1^2.$$

$$P_{2,Л} = \int_0^{h_{01}} C_{1,Л} dy_1 + \int_{h_{01}}^{y_1} C_{2,Л} dy_1 = \\ = v_2 y_1 + K_2 y_1^2 + (v_1 - v_2) h_{01} + (K_1 - K_2) h_{01}^2,$$

$$P_{3,Л} = \int_0^{h_{01}} C_{1,Л} dy_1 + \int_{h_{01}}^{h_{02}} C_{2,Л} dy_1 + \int_{h_{02}}^{y_1} C_{3,Л} dy_1 = \\ = v_3 y_1 + K_3 y_1^2 + (v_1 - v_2) h_{01} + (K_1 - K_2) h_{01}^2 + \\ + (v_2 - v_3) h_{02} + (K_2 - K_3) h_{02}^2,$$

$$P_{4,Л} = \int_0^{h_{01}} C_{1,Л} dy_1 + \int_{h_{01}}^{h_{02}} C_{2,Л} dy_1 + \int_{h_{02}}^{h_{03}} C_{3,Л} dy_1 + \int_{h_{03}}^{y_1} C_{4,Л} dy_1 = \\ = C_0 y_1 - \frac{C_0^2}{\sqrt{3 K_4 (C_0 + v_4)}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{3 K_4}{(C_0 + v_4)}} y_1 - \\ - C_0 h_{02} - \frac{C_0^2}{\sqrt{3 K_4 (C_0 + v_4)}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{3 K_4}{(C_0 + v_4)}} h_{02} + \\ + v_3 h_{03} + K_3 h_{03}^2 + (v_1 - v_2) h_{01} + (K_1 - K_2) h_{01}^2 + \\ + (v_2 - v_3) h_{02} + (K_2 - K_3) h_{02}^2.$$

$$C_{i,Л} = v_i + 3 K_i y_i^2, \quad v_i = 4 S_0 / L_i, \quad K_i = \frac{E F}{L_x L_i^2}; \quad (i = 1, 2, 3, 4);$$

$$C_4 = \frac{C_{4,Л} C_0}{C_{4,Л} + C_0}, \quad C_0 = C_p \frac{L_4^2}{(L_4/2)^2 + (L_4/2)^2} = 2 C_p.$$

В результате решения дифференциальных уравнений на ЗМ методом Рунге-Кутты получены численные значения перемещений амортизирующей постели и величины динамических нагрузок на ленту и поддерживающие устройства загрузочной части конвейера, на основании которых построены графические зависимости изменения динамических нагрузок во времени ударного процесса.

Расчеты показали, что перемещения и динамические нагрузки

зависят от следующих параметров системы: массы падающего куска и грузопотока, приведенной массы ленты и роlikоопор, жесткости упругой постели и отдельных ее составляющих, натяжения ленты и ее характеристики, высоты падения груза, расстояния между крайними роlikоопорами "Ямы" $L_{Я}$ и глубины установления средних роlikов на дне "Ямы" h_0 , а также шага и разницы в высоте расположения роlikов при входе ленты под загрузку и выходе из-под загрузки. В работе приведен анализ влияния перечисленных параметров на динамические нагрузки, что позволило обосновать методику выбора конструктивных параметров поддерживающих устройств загрузочной части.

Для обеспечения плавного движения загруженной ленты из-под места падения груза на линейную часть конвейера, поскольку оно сопровождается ударами кусков груза по роlikам, величина которых прежде всего зависит от массы куска и жесткости установки роlikов, а также линейных размеров размещения роlikов на участке выхода ленты из "Ямы", выполнено исследование по установлению конструктивных параметров поддерживающих ленту устройств.

Определена скорость соударения куска с роlikоопорой

$$V_y = v \sin(\gamma + \gamma'). \quad (22)$$

где v - скорость ленты, м/с.

и получены формулы, определяющие углы встречи и отделения сосредоточенного груза для 1-ой роlikоопоры (модель I):

$$\gamma_i = \arcsin \frac{\left[1 + \frac{v^2}{gR}\right] \left[\frac{q L_p}{2} + \frac{G_k}{2} + \frac{S}{L_p} \left(\frac{F_{i-1}}{C_{i-y}} - \frac{F_i}{C_{i-y}} \right) \right]}{S + \left[1 + \frac{v^2}{gR}\right] \frac{q \Gamma}{2}}. \quad (23)$$

$$\gamma'_i = \arcsin \frac{\left[1 + \frac{v^2}{gR}\right] \left[\frac{q L_p}{2} + \frac{G_k}{2} - \frac{S}{L_p} \left(\frac{F_i}{C_{i-y}} - \frac{F_{i+1}}{C_{i+y}} \right) \right]}{S + \left[1 + \frac{v^2}{gR}\right] \frac{q \Gamma}{2}}. \quad (24)$$

где F_i - реакция 1-ой роlikоопоры, Н;

$q = q'_{св} - q'_H - q_{II}$ - общая нагрузка на среднюю часть ленты, Н/м;

R - радиус кривизны ленты, м;

S - натяжение ленты, н;

L_p - расстояние между роlikоопорами, м;

C_k - вес куска, Н;

r - радиус ролика с учетом толщины ленты,

$r = r_1 + \delta$; r_1 - радиус ролика, м; δ - толщина ленты, м.

Аналогичным методом определены углы встречи и отделения сосредоточенного груза для 1-ой роликоопоры модели 2.

Дифференциальные уравнения движения ударного процесса составлены методом Даламбера для моделей 1 и 2. Результаты их решения позволили определить динамические нагрузки на ролики при движении грузовой ленты.

В работе приведен анализ изменения динамических нагрузок на ролик участка выхода ленты из-под места загрузки и доказано, что при определенных условиях динамические нагрузки на первую и последующие роликоопоры могут быть минимальны и одинаковы.

Для подтверждения достоверности полученных теоретическими исследованиями результатов выполнены эксперименты и произведены замеры динамических нагрузок на поддерживающие устройства загрузочной части ленточного конвейера, смонтированного на стенде. Количество замеров определено в соответствии с требованиями теории вероятности и математической статистики. Результаты теоретических и экспериментальных исследований подтвердили правильность разработанных моделей загрузочной части.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработана инженерная методика расчета загрузочной части конвейера, представленная в пятой главе. Исходными данными для расчета являются: производительность и другие параметры конвейера; характеристика транспортируемого груза; коэффициенты трения груза о ленту и направляющие борта загрузочной воронки; конструктивные схемы загрузочной части (модель 1 и 2); данные, полученные при конструктивной проработке: характеристика ленты, скорость ленты, высота падения H груза при загрузке, предварительное натяжение ленты S_0 , приведенная масса роликоопор.

При расчете определяются: статические нагрузки, действующие на ленту и роликоопоры в месте загрузки, рабочая длина загрузочной части, угол наклона боковых роликов β , расстояние L_d между крайними роликами "Ямы", глубина h_0 установки средних роликов для "Ямы", жесткости установки роликов C_s и C_d , динамические нагрузки P_d , которые должны соответствовать условию $P_d \leq [P_d]$, где $[P_d]$ - допускаемая величина ударной нагрузки, при которой лента не

повреждается. Прогиб ленты в месте падения потока груза должен

соответствовать условию $\frac{Y_{\max}}{L_{\text{л}}} \leq 10\%$.

На участке выхода ленты (модель 1) из-под места загрузки жесткости установки роликов в зависимости от жесткости $C_{\text{лв}}$ установки первого ролика на вертикали должны иметь значения:

$$C_{\text{лв}} = \frac{5 F_2}{3 F_1} C_{\text{лв}}; C_{\text{лв}} = \frac{10 F_2}{3 F_1} C_{\text{лв}}; C_{\text{лв}} = \frac{10 F_4}{F_1} C_{\text{лв}}. \quad (25)$$

где F_1 - реакция 1-ого ролика;

$C_{\text{лв}}$ - жесткость установки 1-ого ролика на вертикали.

Разница в высоте установки роликоопор h_{1j} на участке выхода ленты (модель 2) из-под места загрузки определяется соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} h_{24} &= L_p \operatorname{tg} \alpha \\ h_{23} &= L_p \operatorname{tg} 2\alpha \\ h_{12} &= L_p \operatorname{tg} 3\alpha \\ h_0 &= 2 L_p \operatorname{tg} 4\alpha \\ h_0 &= h_2 + h_{12} + h_{23} + h_{24} \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

Составленные программы для расчета загрузочной части на ЭВМ позволяют конструктору выбрать необходимые параметры.

По предложенной методике были рассчитаны и выбраны параметры амортизирующей секции загрузочной части конвейера с шириной ленты 1200 мм для транспортирования гранита после дробилки кусков крупностью до 360 мм в ПО "Луганскверудпром". Эксплуатация показала, что повысился срок службы ленты и поддерживающих ее устройств, в результате чего получен реальный экономический эффект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в диссертационной работе научные результаты и практические рекомендации позволяют сделать следующие выводы:

1. Установлена целесообразность и актуальность проведения научных и практических исследований над усовершенствованием загрузочной части конвейера с целью создания новых конструкций поддерживающих устройств для повышения работоспособности конвейера, могущего транспортировать грузы с повышенной крупностью кусков.

2. Результаты, полученные при решении задач, определяющих

качественную и количественную оценку влияния высоты погрузки, массы груза и поддерживающих устройств, жесткости и натяжения ленты, податливости амортизирующей постели на величину ударов и нагрузок, показали, что во многих случаях наиболее целесообразной является конструкция загрузочной части с амортизирующей секцией и участками плавного входа ленты под погрузку и плавного выхода загруженной ленты из-под места падения груза на линейную часть конвейера.

3. Разработаны две схемы физических моделей загрузочной части, на основании которых составлены дифференциальные уравнения движения системы груз - лента - роликоспора при погрузке и транспортировании грузопотока, и по результатам решения которых на ЭВМ, построены графические зависимости ударных нагрузок от различных параметров места загрузки, что позволяет установить конструктивные параметры загрузочной части для конкретных условий эксплуатации конвейера.

4. Качественный и количественный анализ динамических нагрузок, полученных теоретическим путем и экспериментально на сконструированном автором и смонтированном под его руководством стенде, представляющем собой ленточный конвейер с загрузочным устройством, показал, что характер их изменения одинаков, а отклонение экспериментальных величин от теоретических находится в пределах не более 18%. Из этого следует, что разработанные физические модели 1 и 2 достаточно точно отражают работу реальных конструкций загрузочной части конвейера.

5. Расчеты и экспериментальные измерения ударных нагрузок от падающих кусков на ленту, поддерживаемую амортизирующей секцией типа "Яма" с конструктивными параметрами, выбранными с учетом результатов выполненных в диссертационной работе исследований, показывают, что они минимальны и в 6 - 10 раз меньше по сравнению с нагрузками на ленту над жесткими роликоспорами.

6. Для осуществления плавного входа и выхода грузовой ленты из-под места загрузки по роликоспорам, при условии их минимального и одинакового ударного нагружения, соотношения между жесткостями роликоспор должны удовлетворять условию (25) для модели 1, а соотношения между геометрическими параметрами установки роликоспор - уравнению (26) для модели 2 загрузочной части конвейера.

7. Завершенные в работе теоретические и экспериментальные исследования позволили с достаточной для практики точностью разработать инженерную методику расчета и рекомендовать ее для использования при установлении конструктивных параметров

поддерживающих устройств, повышающих работоспособность загрузочной части конвейера.

8. Результаты эксплуатации поддерживающего устройства под местом загрузки, сконструированного в виде самостоятельной амортизирующей секции с упруго установленными средними роликами на дне "Яма" и монтажом боковых роликов под углом 60° к горизонту для создания глубокой желобчатости ленты, показали хорошую амортизирующую способность при ударах грузов и хорошее формирование грузопотока на ленте, обеспечивающее устойчивое движение ленты и исключающее просыпи сыпучих грузов.

Основные результаты работы отражены в следующих публикациях:

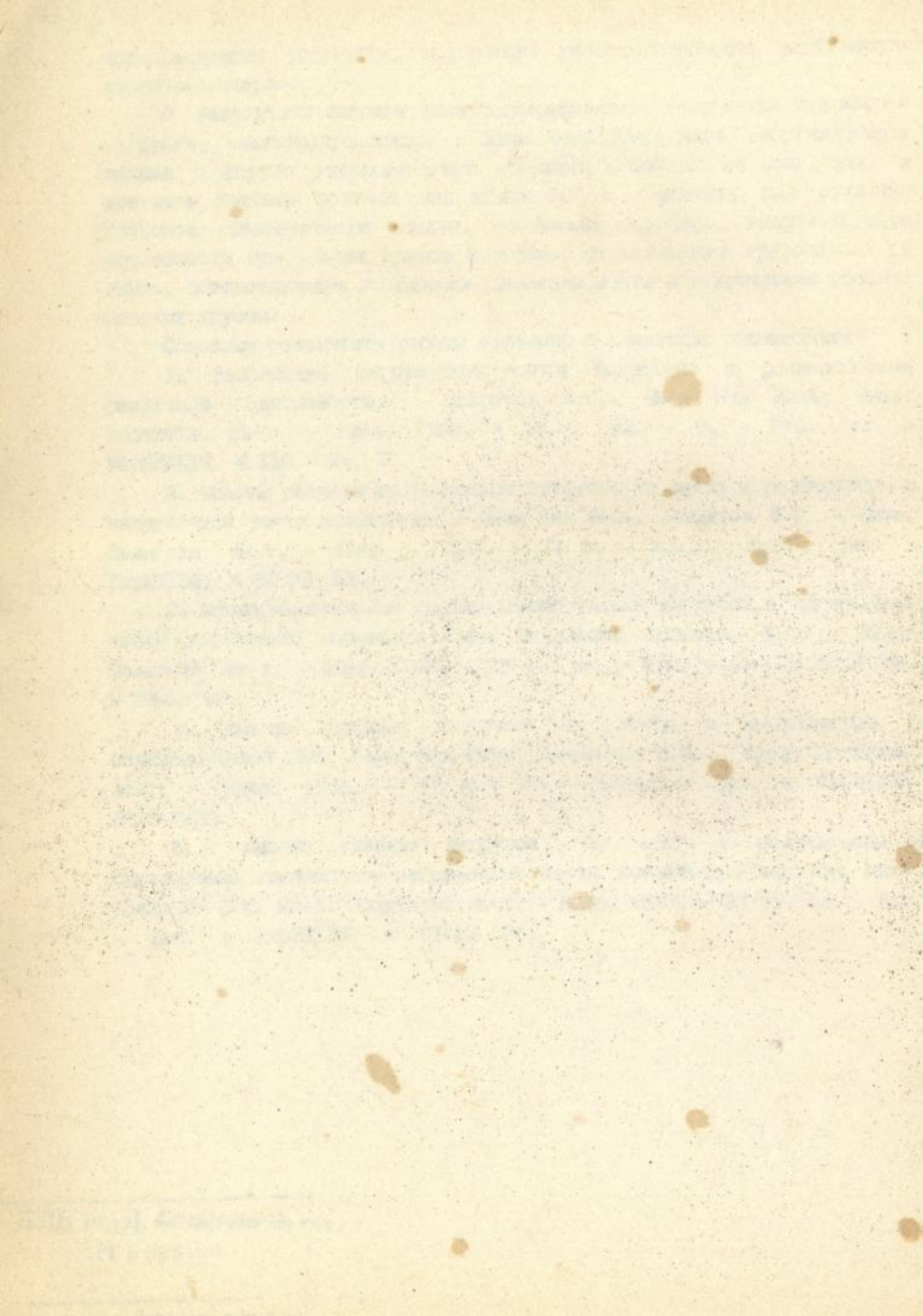
1. Разработка загрузочной части конвейера с роликоопорами различной податливости. / Бондарев В.С., Чжан Янь Минь; Киев: Политехн. ин-т. - Киев, 1982. - 19 с.: ил. - 9. - Рус. Деп. в УкрИНТИ, № 110 - Ук. 82.

2. Основы расчеты динамических нагрузок на ленту и роликоопоры в загрузочной части конвейера. / Чжан Янь Минь, Бондарев В.С. - Киев, Политехн. ин-т. - Киев. - 1983. - 24 с. - ил., - Рус. - Деп. в УкрИНТИ, № 89-Ук 83.

3. Экспериментальное исследование ударных нагрузок в загрузочной части ленточного конвейера. / Чжан Янь Минь, Бондарев В.С. - Киев: Политехн. ин-т. - Киев, 1983. - 23 с.: ил. - Рус. - Деп. в УкрИНТИ, № 88-Ук 83.

4. Анализ ударных нагрузок на ленту и роликоопоры с использованием ЭВМ. / Чжан Янь Минь, Лукавенко В.П. - Киев: Политехн. ин-т. - Киев, 1983. - 14 с.: ил. - Рус. - Деп. в УкрИНТИ, № 868-Ук 83.

5. Анализ ударных нагрузок на ленту и роликоопоры и определение параметров загрузочной части конвейера. / Чжан Янь Минь, Бондарев В.С. Киев: Политехн. ин-т. - Киев, 1983. - 24 с., ил. - Рус. - Деп. в УкрИНТИ, № 91-Ук 83.



463651

AB 28.236
AB 28.236