

М 358839

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ТЕМИРТАСОВ Омар Темиртасович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ШТУЧНЫХ
ГРУЗОВ ПО ГРАВИТАЦИОННОМУ РОЛИКОВОМУ КОНВЕЙЕРУ
(Специальность 05.05.05 - Подъемно-транспортные
машины)

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ

ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э.Баумана

НА
НЕ ВЫДАЕТСЯ

На правах рукописи

ТЕМИРТАСОВ Омар Темиртасович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ШТУЧНЫХ
ГРУЗОВ ПО ГРАВИТАЦИОННОМУ РОЛИКОВОМУ КОНВЕЙЕРУ
(Специальность 05.05.05 - Подъемно-транспортные
машины)

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1358839

Темиртасов О.Т. Исследован

Автореферат

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

M 358839

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э. Баумана и Семипалатинском технологическом институте.

Научный руководитель – кандидат технических наук,
доцент Л.Н.Колобов

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор, Р.Л.Зенков
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

В.К.Дьячков

Ведущее предприятие – Государственный проектно-конструкторский институт "Союзпроммеханизация"

Защита диссертации состоится "____" _____ 19__ г.
в _____ часов на заседании специализированного Совета
К 053.15.10 по транспортному машиностроению при МВТУ им.Баумана
по адресу: 107005 г.Москва Б-5, 2-я Бауманская улица, дом 5.

Ваши отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, просим
прислать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Училища.

Автореферат разослан "____" _____ 19__ г.

Ученый секретарь специализированного
Совета к.т.н., доцент

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА

Колобов Л.Н.

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Как указано в решениях XXV съезда КПСС, создание материально-технической базы коммунизма тесно связано с осуществлением комплексной механизации и автоматизации всех производственных процессов и в том числе погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских (ПРТС) работ.

Решение поставленной задачи в области ПРТС работ позволит повысить производительность труда в $2 + 2,5$ раза, на $40 + 50\%$ снизить себестоимость этих работ и приведет к существенному сокращению ручного труда.

На автоматизированных складах, например, грузооборот на одного работающего повышается в $7 + 10$ раз и достигает $200 + 300$ т/смену. Особое преимущество имеют склады-автоматы с гравитационными роликовыми стеллажами подвижного хранения, так как в них отпадает необходимость в дополнительных наземных транспортных средствах, в выделении значительной площади для проходов и проездов между стеллажами, составляющей $25 + 30\%$ от общей складской площади и обеспечивается независимость приема и выдачи грузов.

Об объеме использования роликовых конвейеров можно судить по тому, что на высокомеханизированных машиностроительных предприятиях количество производственной тары и поддонов доходит до 10 единиц на одного работающего. Внедрение роликовых конвейеров длиной 600 п/м на ВАЗе дало экономическую эффективность 40200 руб. и при этом срок окупаемости составил 0,8 года.

Широкое внедрение в производство роликовых конвейерных систем ограничивается из-за отсутствия методики расчета этих высокоэкономичных устройств, гарантирующей надежность их работы. Создание нового уточненного метода расчета позволит уже на стадии проектирования обоснованно выбрать основные параметры гравитационных роликовых установок, что значительно сократит сроки разработки, а также исключит необходимость изготовления опытного образца и сложных регулирующих устройств.

Цель исследования. Разработка новой инженерной методики расчета гравитационных роликовых установок с учетом действительной несущей способности роликов, погрешности изготовления и монтажа.

Методы исследования. В теоретических и экспериментальных исследованиях использовались основные принципы и теоремы механики,

физика твердого тела, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов. Кинематические характеристики гравитационного движения груза по ролямгангу определялись методом итерации на ЭВМ ЕС.

Научная новизна. С учетом погрешности изготовления, установки и упругой податливости разработаны теоретические основы процесса гравитационного движения и взаимодействия штучных грузов с опорными роликами, определена их несущая способность. Установлены вероятностные закономерности образования неплоскостности роликового настила и порога превышения. Разработана экспериментально-теоретическая методика определения коэффициентов трения в подшипниках, трения качения груза по роликам, сцепления груза с роликами. Усовершенствован экспериментальный метод исследования процесса взаимодействия штучных грузов роликами конвейера.

Достоверность результатов. Основные положения теории и методика расчета, позволившие получить искомые результаты были проверены при решении контрольных задач с несколькими видами тары на ЭВМ ЕС-1022, ЕС-1030 и подтверждены экспериментальными исследованиями.

Практическая ценность. Разработана методика расчета гравитационных роликовых конвейеров. С учетом несущей способности опорных роликов предложена классификация штучных грузов. Определены статистические характеристики неплоскостности настила, порога превышения и биения опорных роликов. Разработан и изготовлен переносной прибор для определения биения роликов и неплоскостности настила конвейера.

Реализация работы. Разработанная методика расчета передана для использования в ГПКИ "Союзпроммеханизация" ВНИИМП и другие предприятия и организации. Экономическая эффективность при внедрении результатов работы для высокомеханизированного склада оборудованного роликовыми конвейерными системами только для одного предприятия составила 52,7 тыс. рублей в год.

Апробация. Основные результаты диссертационной работы докладывались на кафедре ПТМ МВТУ им. Баумана; на Всесоюзном совещании специалистов, занимающихся проектированием, стандартизацией и производством ролямгангов; на Всесоюзной конференции "Вопросы повышения эффективности эксплуатации и совершенствования конструкции подъемно-транспортной техники, на ученом Совете Казахского

филиала ВНИИМПа и на НТС ГПКИ "Союзпроммеханизация", Семипалатинского мясоконсервного комбината и других организациях.

Публикация. Основное содержание диссертации изложено в 6-ти печатных работах в одном авторском свидетельстве на изобретение.

Объем работы. Диссертация состоит из 6 глав, введения, приложения, списка литературы, включающего 106 наименований, 140 страниц машинописного текста, 53 рисунков и 9 таблиц.

Содержание работы. Роликовые конвейеры имеют широкое распространение для транспортирования разнообразных штучных грузов. Движение груза по наклонному рольгангу осуществляется под действием составляющей силы тяжести. Взаимодействие между грузом и роликами зависит от многих факторов, носящих случайный характер.

Первая глава посвящена состоянию исследований и содержит анализ существующих методик расчета. Исследованием движения груза по роликовому конвейеру занимались многие ученые: Бобров В.П., Долголенко А.А., Ивановский К.Е., Козьмин П.С., Никонов И.Я., Спиваковский А.О., Швец М.Е. и другие. Значительная часть исследований проведена зарубежными инженерами такими как Малик Б., Монсбергер С. Анализ существующих теорий показал, что при исследовании движения груза по гравитационному конвейеру не было учтено изменение скорости его между роликами, а также возможность возникновения равенства приращения кинетической энергии движущихся масс и работы, затрачиваемой на разгон ролика и на трение скольжения груза по нему. Кроме того, в известных работах не принималась во внимание неточность изготовления и установки роликов на рольганге. В этой связи существующие теории носят противоречивый характер и не имеют своего экспериментального подтверждения.

На основе проведенного анализа имеющейся литературы в настоящей работе предполагается осуществить:

- исследование приведенной жесткости и несущей способности опорных роликов с однорядными радиальными шарикоподшипниками;
- исследование движения груза по опорным роликам при идеальной плоскостности настила;
- установление законов неплоскостности настила и порогов превышения роликов, как случайных функции;
- определение составляющих сопротивлений перемещению груза по роликовому конвейеру;
- исследование движения груза по опорным роликам с учетом

неплоскостности настила ;

- разработка инженерной методики расчета и рекомендаций по проектированию гравитационных роликовых конвейеров.

Вторая глава посвящена аналитическому исследованию статической жесткости элементов и ролика в сборе. Приведенная жесткость ролика конвейера может быть определена по выражению

$$C_{rp} = \frac{1}{\frac{1}{C_k} + \frac{1}{2 C_n} + \frac{1}{C_o}}; \quad (I)$$

где C_k , C_n и C_o - соответственно жесткости сечайки, подшипников и оси, в которые входят поправочные коэффициенты определяемые опытным путем.

В этой главе определены предельные нагрузки на опорные ролики с однорядными радиальными подшипниками при допустимом относительном повороте колец без учета погрешности изготовления и установки.

В третьей главе дано теоретическое исследование нагрузок, сопротивлений и закономерностей гравитационного движения груза по наклонному ролюгангу.

Движение груза между ролюкоопорами при плоскостности настила поэтапно может быть описано следующими уравнениями:

$$\left\{ \begin{array}{l} v_{mj} = \int_0^{t_{nj}} a_{zj} \cdot dt = a_{zj} \cdot t_{nj} + v_{o1} = v_{j-1} + a_{zj} \cdot t_{nj}; \\ x_{mj} = \int_0^{t_{nj}} v_{mj} \cdot dt = v_{j-1} \cdot t_{nj} + a_{zj} \frac{t_{nj}^2}{2}; \\ v_{nj} = v_{mj} + a_n \cdot t_{nj}; \\ x_{nj} = v_{mj} \cdot t_{nj} + a_n \frac{t_{nj}^2}{2}; \\ v_j = v_{nj} + a_y \cdot t_{yj}; \\ x_j = v_{nj} \cdot t_{yj} + a_y \frac{t_{yj}^2}{2}; \end{array} \right. \quad (2)$$

Решение этих уравнений (2) для различных периодов передвижения позволяет определить характеристики гравитационного движения груза и использовать, полученные выражения, для определения коэффициента сцепления груза с роликами в вероятностной постановке.

Поэтапное плоскопараллельное гравитационное движение груза при неплоскостности настила конвейера для некоторой эквивалентной механической системы с постоянным порогом превышения можно описать следующими уравнениями:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{kj} = V_{j-1} + a_{\tau} \tau_j ; \\ X_{kj} = V_{j-1} \cdot \tau_j + a_{\tau} \frac{\tau_j^2}{2} ; \\ V_{mj} = V_{kj} + a_{sj} t_{pj} ; \\ X_{mj} = V_{kj} \cdot t_{pj} + a_{sj} \frac{t_{pj}^2}{2} ; \\ V_{nj} = V_{mj} + a_n \cdot t_{nj} ; \\ X_{nj} = V_{mj} \cdot t_{nj} + a_n \frac{t_{nj}^2}{2} ; \\ V_j = V_{nj} + a_y \cdot t_{yj} ; \\ X_j = V_{nj} \cdot t_{yj} + a_y \frac{t_{yj}^2}{2} ; \end{array} \right. \quad (3)$$

Совместное решение приведенных уравнений (3) и пяти дополнительных зависимостей для периода установившегося движения позволяет определить:

а) максимальную скорость груза перед наездом на очередной ролик

$$V_y = \sqrt{\frac{2 \{ a_y (1 - \sqrt{\Delta \cdot D}) + (a_n - a_y) [L - (z_0 - 1)l] - b_1 \cdot \bar{\Delta} \cdot g \}}{1 - K_{KH}}} ; \quad (4)$$

б) замедление груза при преодолении порога превышения

$$a_{\tau} = - \frac{b_1 \cdot \bar{\Delta} \cdot g}{\sqrt{\Delta \cdot D}} ; \quad (5)$$

в) замедление груза при разгоне очередного ролика

$$a_{sj} = - \frac{K_{pj}}{K_{cj}} g ; \quad (6)$$

г) среднюю скорость движения груза

$$V_{ср.у} = \frac{V_y + V_{ky} + V_{ny} + V_{my}}{4} ; \quad (7)$$

Максимальная скорость груза перед наездом на любуи ролик в период неустойчивого движения равна

$$v_j = \sqrt{2 \left[a_n \cdot l - a_y \sqrt{\Delta \cdot D} + (a_y - a_n)(z_0 \cdot l - l) \right] \frac{1 - k_{kj}^{j-1}}{1 - k_{kj}} + k_{kj}^{j-1} v_1^2}; \quad (8)$$

Скорость груза после преодоления порога превышения

$$v_{kj} = \sqrt{v_j^2 - 2 \cdot b_1 \cdot \Delta \cdot g}; \quad (9)$$

Продолжительность действия импульсного сопротивления

$$\tau_j = \frac{2 \sqrt{\Delta \cdot D}}{v_j + v_{kj}}; \quad (10)$$

Скорость груза после разгона очередного ролика

$$v_{mj} = \frac{v_{kj}}{(1 + k_{oj})}; \quad (11)$$

Время разгона груза очередного ролика

$$t_{pj} = \frac{v_{mj} \cdot k_{pj}}{g}; \quad (12)$$

Скорость движения груза по z_0 роликам

$$v_{nj} = v_{mj} \sqrt{k_{yj}} \quad (13)$$

Время движения груза по z_0 роликам

$$t_{nj} = \frac{v_{mj}}{a_n} \left(\sqrt{k_{yj}} - 1 \right); \quad (14)$$

Время движения груза по $(z_0 - 1)$ роликам

$$t_{yj} = \frac{v_{nj}}{a_y} \left(\sqrt{1 + \frac{2 a_y (z_0 \cdot l - l) - \sqrt{\Delta \cdot D}}{v_{nj}^2}} - 1 \right); \quad (15)$$

Количество шагов роликов, соответствующих неустойчивому движению груза

$$j = \lg \frac{2[a_n \cdot l - a_y \sqrt{\bar{A} \cdot D} + (a_y - a_n)(z_0 \cdot l - L)] \cdot (K_{vh}^2 - 1)}{K_{vh}^2 \{2[a_n \cdot l - a_y \sqrt{\bar{A} \cdot D} + (a_y - a_n)(z_0 \cdot l - L)] - (1 - K_{vj})v_1^2\}} (\lg K_{vj})^{-1} + 1; \quad (16)$$

Путь неустановившегося движения груза будет

$$S_{н.г} = j \cdot l; \quad (17)$$

Четвертая глава отведена экспериментальному исследованию статической жесткости элементов и собранного опорного ролика, его несущей способности и коэффициента трения в подшипниках $\mu_{хг}$.

Здесь описаны спроектированные и изготовленные испытательные стенды и измерительная аппаратура.

Стационарный статический универсальный стенд служит для определения статической жесткости опорных роликов длиной от 200 до 1000 мм, изготовленных по чертежам ГПКИ "Союзпроммеханизация" и УНИПТИМАШ.

Для определения жесткости опорных роликов длиной 500 мм непосредственно на раме конвейера был изготовлен переносной стенд.

Момент сопротивления вращению в подшипниковых узлах опорного ролика был определен методом свободного выбега на специальном стенде.

Для расчета величины $\mu_{хг}$ может быть рекомендована эмпирическая зависимость, показывающая связь $\mu_{хг}$ с экспериментальными коэффициентами f_0 , зависящим от типа подшипника, и f_1 , зависящим кроме того, от нагрузки

$$\mu_{хг} = \frac{2 f_0 \cdot d_0 \cdot C (v \cdot n)^{2/3}}{10^8 \cdot d \cdot P} + \frac{2 f_1 \cdot d_0}{d} \sqrt[9]{\left(\frac{P}{C_0}\right)^5} + f_2 \cdot n; \quad (18)$$

Для определения сопротивления движению груза при наезде на неподвижный ролик необходимо знание коэффициента трения покоя, его значение равно

$$\mu_0 = \mu_{хг} + 0,0005 \frac{D}{d} \cdot \frac{G_p}{P}; \quad (19)$$

где $P = P_1 + m_p g$ — суммарная нагрузка на подшипники опорного ролика;

m_p — масса вращающихся частей опорного ролика;

P_1 - средняя нагрузка от силы тяжести транспортируемого груза;

d_0 - средний диаметр подшипника.

Удельный коэффициент сопротивления движению груза по роликам конвейера рассчитывается по выражению

$$w_x = \frac{2K + \mu_x d}{D} + \frac{z_x}{e} \cdot \frac{\mu_x d}{D}; \quad (20)$$

где D и d - соответственно наружный диаметр ролика и цапфы оси;

$e = \frac{m}{m_p}$ - коэффициент относительных масс.

Пятая глава посвящена экспериментальному определению коэффициентов трения и сцепления груза с роликами, а также изучению взаимодействия груза с роликоопорами. Коэффициент сцепления груза с роликами

а) для металлической тары

$$f_j = 0,05 + \sqrt{\frac{1}{e} \cdot \frac{(z_0 - 1)}{z_0}} \sqrt[3]{v_j^2 - 2g \cdot b_1 \cdot \bar{\Delta}}; \quad (21)$$

б) для деревянной тары

$$f_j = 0,15 + \sqrt{\frac{1}{e_1} \cdot \frac{(z_0 - 1)}{z_0}} \sqrt{v_j^2 - 2g \cdot b_1 \cdot \bar{\Delta}}; \quad (22)$$

Измерения опорных роликов и неплоскостность настила были замечены с помощью переносного прибора. В результате непосредственных замеров, проведенных на экспериментальной установке и на конвейерах, изготовленных САЗ и статистическая обработка данных позволила получить закон неплоскостности настила роликового конвейера

$$f(y) = \frac{1}{\sigma_y} \left[2 \left(1 - \frac{\sigma_z^2}{\sigma_y^2} \right) + \frac{(y - \bar{y})^2 \cdot \sigma_z^2}{\sigma_y^4} \right] \cdot e^{-\frac{(y - \bar{y})^2}{2 \sigma_y^2}}; \quad (23)$$

где $\sigma_y = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_u^2 + \sigma_v^2}$ - среднеквадратичное отклонение неплоскостности;

$\bar{y} = \bar{u} + \bar{v}$ - математическое ожидание неплоскостности;

z - случайная величина биения;

u - случайное отклонение радиуса обечайки;

v - случайное отклонение пазов рамы для осей ролика.

Полигон распределения порога превышения роликов описывается дифференциальной функцией:

$$f(\Delta) = \frac{1}{1,77 \cdot \sigma_{\Delta} \cdot \sqrt{\Delta}} e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma_{\Delta}^2}}; \quad (24)$$

здесь

Δ - величина порога превышения;
 σ_{Δ} - среднеквадратичное отклонение порога.

Для исследования взаимодействия штучного груза с опорными роликами был использован универсальный динамический стенд длиной 4 м с роликами $D = 75$ мм, $B = 500$ мм и переменным углом наклона, изменяющимся от нуля до десяти градусов. Особое внимание было уделено модели испытываемого груза с прикрепленными датчиками ускорений и перемещения.

Специальные виброустойчивые датчики ускорения были модифицированы и обеспечили замер ускорений в пределах $\pm 1,5 g$ с точностью $0,001 g$.

Устройство для регистрации перемещения груза представляет собой скобу с прикрепленными лампочкой и фотодатчиком так, что в зазор между ними по длине конвейера установлена планка с пазами.

Для измерения угла поворота обечайки применен магнитоэлектрический датчик.

Силовой измерительный ролик снабжен фольговыми тензодатчиками, размещенными на оси внутри ролика.

Шестая глава отведена для анализа полученных результатов и разработке методики расчета гравитационных роликовых конвейеров. Здесь приведены новая классификация грузов, основные выводы и рекомендации.

Краткая методика расчета гравитационных роликовых установок

При известных исходных данных - ширине конвейера, диаметре и шаге расстановки роликов ниже предлагается уточненный расчет основных параметров роликового конвейера и важнейших характеристик груза, движущегося под действием силы тяжести. Методика расчета основана на результатах, полученных в настоящей работе.

I. Определение расчетной нагрузки на опорный ролик

$$P_p = K_p \cdot m \cdot g;$$

где m - максимальная масса перемещаемого груза;

K_n - коэффициент перегрузки, равный 0,9 - для гофрированной бумажной, 1,1 - для пластмассовой и деревянной, и 1,25 - для металлической тары.

2. Определение коэффициента трения μ_2 при движении груза на $(z_0 - 1)$ опорных роликах производится по формуле (18). Для однорядных радиальных шарикоподшипников $f_0 = 10$ и $f_1 = 0,0225$, а коэффициент потерь в кольцевом бесконтактном уплотнении при зазоре 0,3-0,5 мм равен $f_y = 0,00001$.

Если произведение кинематической вязкости консистентной смазки (ν) и частоты вращения (n) меньше 2000, то величина $(\nu n)^{1/3}$ считается постоянной и равной 160.

Для этого случая движения груза средняя нагрузка равна

$$P_1 = \frac{m \cdot g}{z_0 - 1};$$

3. Определение удельного коэффициента движению груза w_2 по $(z_0 - 1)$ роликам. В используемой для этого зависимости (20) $\mu_x = \mu_2$ и $z_x = z_0 - 1$.

4. Проверка максимально возможного шага расстановки опорных роликов из условий устойчивости груза при $z_0 = 3$

$$l_{max} \leq 0,45 L - 3 \cdot h \cdot w_2;$$

где h - высота центра тяжести груза от основания.

5. Определение коэффициента трения μ_1 подшипников при движении груза на z_0 роликах и $P_1 = \frac{m \cdot g}{z_0}$ выполняется по формуле (18).

6. Определение коэффициента трения покоя μ_0 на z_0 роликах, одновременно находящихся под грузом, осуществляется по выражению (19).

7. Определение минимального угла наклона конвейера, обеспечивающего движение груза

$$\tan \alpha = \frac{2K + \mu_0 d}{D} + \frac{z_0 \cdot \mu_0 d}{e \cdot D} + \frac{\pi \cdot \bar{z} \cdot z_0}{e \cdot D} + \frac{\bar{\Delta}}{l} + \frac{\Delta p}{(z_0 - 1) l};$$

где $\bar{z}$ - математическое ожидание биения опорных роликов;

$\bar{\Delta}$ - математическое ожидание порога превышения роликов;

$\bar{z} = (0,0023 + 0,0014 D)$

$\bar{\Delta} = (0,004 + 0,0025 D)$ } - для обработанных роликов;

$\bar{z} = 0,0066 D$

$\bar{\Delta} = 0,0068 D$ } - для необработанных по наружному диаметру роликов;

Δp - максимальный, допускаемый по ГОСТу 8324-71, просвет между роликом и общей плоскостью настила;

$$b_1 = 1 - \frac{L}{2(Z_0 - 1)l} \quad - \text{коэффициент нагрузки при неезде груза на ролик, установленный с порогом;}$$

L и l - длина груза и шаг расстановки роликов.

8. Определение удельного коэффициента сопротивления перемещению груза W_1 по Z_0 роликам при $\mu_x = \mu_{xg} = \mu_1$ и $Z_x = Z_0$ производится по формуле (20).

9. Определение коэффициента, учитывающего уменьшение сопротивления движению груза из-за биения обечасок роликов

$$K_w = \frac{\bar{\Delta} \cdot 10^3}{D} \left(\frac{Z_0 - 1}{Z_0} \right)^2;$$

10. Определение ускорения груза между роликами при движении его на Z_0 опорах

$$a_n = \frac{e \cdot g \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{W_1}{K_w} \right)}{e + Z_0 \cdot K_y \cdot K_n};$$

где K_w - коэффициент инерции ролика, равный 0,85;

K_y - коэффициент, учитывающий неравномерность контакта груза с роликами, $K_y = 0,8 + 0,9$.

11. Определение ускорения груза при движении его на $(Z_0 - 1)$ роликах

$$a_y = \frac{e \cdot g \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{W_2}{K_w} \right)}{e + (Z_0 - 1) K_y \cdot K_n};$$

12. Определение скорости груза перед наездом на первый ролик

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2[a_n l_0 + (a_y - a_n)(Z_0 l - l)]};$$

где v_0 - первоначальная скорость груза в момент поступления на конвейер при условии $v_0 < v_y$;

l_0 - путь, пройденный грузом, до наезда на первый ролик.

13. Скорость груза после преодоления порога превышения определяется по формуле (9).

14. Продолжительность действия импульсного сопротивления от преодоления порога определяется по выражению (10).

15. Коэффициент сцепления груза с роликами определяется по формулам (21) или (22) при $e_1 = e_1 \cdot e$.

16. Определение удельного коэффициента сопротивления движению груза w_1 при наезде на ролик по формуле (20) при $\mu_x = \mu_0$ и $z_x = z_0$.

17. Определение коэффициента, характеризующего изменение линейной скорости груза при разгоне ролика

$$K_{ej} = \frac{f_j \cdot K_{\mu}}{(f_j - w_{01}) [e + (z_0 - 1) K_y \cdot K_{\mu}]};$$

18. Скорость груза после разгона очередного ролика определяется по формуле (11).

19. Определение коэффициента, характеризующего изменение угловой скорости ролика при разгоне

$$K_{pj} = \frac{K_{\mu}}{e_{1cp} (f_j - w_{01})};$$

где $e_{1cp} = \frac{e}{z_0 \cdot K_{\mu p}}$ - коэффициент нагрузки с учетом неравномерности распределения ($K_{\mu p} = 0,9$).

20. Определение времени разгона очередного ролика осуществляется по формуле (12).

21. Определение коэффициента ускоренного движения груза

$$K_{y_j} = 1 + \frac{2 [L - (z_0 - 1) l] \cdot a_y}{v_{mj}^2} - \frac{a_n \cdot K_{pj} (K_{ej} + 2)}{g};$$

22. Скорость груза в конце движения на z_0 роликах определяется по выражению (13).

23. Время движения груза на z_0 роликах определяется по формуле (14).

24. Время движения груза по $(z_0 - 1)$ роликам рассчитывается по выражению (15).

25. Определение суммарного времени движения груза между роликами

$$T_{ej} = T_j + t_{pj} + t_{nj} + t_{y_j};$$

26. Определение коэффициента кинематической характеристики груза

$$K_{kj} = \frac{1 - \frac{a_n}{g} \cdot K_{pj} (K_{ej} + 2)}{(1 + K_{ej})^2};$$

27. Количество шагов роликов, соответствующих неустановившемуся движению груза определяется по формуле (16) при $K_{\text{вн}} = \sqrt[3]{K_w}$

28. Путь неустановившегося движения определяется по зависимости (17).

29. Определение максимальной возможной скорости груза перед наездом на очередной ролик в период установившегося движения без тормозного ролика осуществляется по формуле (4).

30. В период неустановившегося движения скорость груза перед наездом на очередной ролик определяется по зависимости (8).

Для тяжелых типов грузов при превышении скорости движения более 0,4 + 0,5 м/с необходимо ее ограничение при помощи тормозных роликов.

При определении средней производительности гравитационного рольганга строится график изменения скорости движения груза по длине транспортирования и определяется полное время его перемещения.

Общие выводы

1. Движение грузов по роликовому конвейеру под действием силы тяжести является неравномерным движением, состоящим из повторяющихся этапов с переменной скоростью и скачкообразным изменением ускорений. В разработанной теории движения груза учтены неровность настила и биение роликов, носящие случайный характер. Скорость и ускорения движения груза в любом месте трассы рольганга получены для эквивалентной механической системы с равномерно распределенным порогом установки роликов, равным математическому ожиданию его закона распределения.

2. Полученные теоретические и экспериментальные результаты позволили разработать инженерную методику расчета роликовых конвейеров.

3. Выявлена зависимость скорости груза между опорными роликами от длины груза и шага расстановки роликоопор. Средняя скорость установившегося движения груза не может превысить некоторого предельного значения, определяемого аналитически.

4. При наезде груза на ролик с порогом превышения возникает импульсное сопротивление движению, при этом груз воспринимает опрокидывающий момент, а подшипники ролика - ударную нагрузку.

5. Предложенные максимальные допустимые по несущей способности нагрузки для роликов с однорядными радиальными шарикоподшипниками существенно уточняют предельные нагрузки по ГОСТ 8324-71.

6. Неплоскостность настила является случайной функцией погрешности изготовления и монтажа конвейера. Математическое ожидание неплоскостности настила конвейера имеет функциональную связь с отклонениями наружного радиуса и пазов рамы и не зависит от оббега обечай.

7. Математическое ожидание неплоскостности настила равно среднеарифметическому отклонению полигона распределения. Теоретическое среднеквадратичное отклонение из-за влияния дебаланса обечай при неподвижных роликах оказалось в 2 раза меньше экспериментального.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Колобов Л.Н., Темиртасов О.Т. К расчету гравитационных роликовых конвейеров. Тр. УНИИТИМАШ. Выпуск IV, Ульяновск, 1972, с. 115 - 126.

2. Колобов Л.Н., Темиртасов О.Т. Повышение эффективности тормозных устройств гравитационных роликовых конвейеров. Сб. "Подъемно-транспортные и горные машины", Тула, 1972, с. 100 - 105.

3. Авторское свидетельство № 334132. Гравитационный роликовый конвейер. Темиртасов О.Т. Бюллетень изобретений и товарных знаков, № 12, 1972, с. 69.

4. Темиртасов О.Т. Повышение эффективности работы роликовых конвейеров. Сб. "Подъемно-транспортные машины", Тула, 1973, с. 148-160.

5. Темиртасов О.Т. Определение момента сопротивления вращению опорных роликовых конвейеров. Сб. "Вопросы повышения эффективности эксплуатации и совершенствования подъемно-транспортной техники", Алма-Ата, 1978, с. 133 - 135.

6. Темиртасов О.Т., Тушицын Л.А., Понамарев Н.А. Определение коэффициента трения опорных роликов конвейеров. Механизация и автоматизация производства, № 2, 1979, с. 13 -15.

Л-69149 от 14.03.80 г. объем I,0 п.л. тираж 150, заказ № 302

Типография МВТУ им.Н.Э.Баумана
