М292717

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

М о с к о в с к о е

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

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

На правах рукописи

ИОФФЕ Инна Васильевна

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ЭЛЕМЕНТАХ ПОДВЕСНЫХ КОНВЕЙЕРОВ ПРИ СРАБАТЫВАНИИ ЛОВИТЕЛЕЙ

(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

Москва 1976г.

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище имени Н.Э. Баумана.

Научный руководитель –
доктор технических наук, профессор И.П. Крутиков.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор Г.С. Батуев;
кандидат технических наук, главный инженер ЦКБА А.И. Зерцалов.

Ведущее предприятие –
Львовский конвейеростроительный завод.

Защита диссертации состоится "4" октября 1976 г.
на заседании специализированного Совета К-33/10 МВТУ имени Н.Э. Баумана по транспортному машиностроению по адресу:
г. Москва, 107105, 2-ая Бауманская ул., д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ имени Н.Э. Баумана.

Автореферат разослан "1" октября 1976 г.

лобов

М292717

7.76 Тип.МВТУ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

А к т у а л ь н о с т ь п р о б л е м ы. Основные направления развития народного хозяйства на 1976-1980 годы определили широкое применение подвесных конвейеров как основного вида транспорта для заводов крупносерийного и массового производства. Подвесные конвейеры способны решать сложные транспортно-технические задачи. Благодаря своим конструктивным особенностям, возможности создания сложных пространственных трасс с участками спуска и подъема они становятся неотъемлемой частью технологического процесса.

Опыт эксплуатации подвесных конвейеров на заводах массового производства таких, как ЗИЛ, автозавод имени Ленинского комсомола, Волжский автомобильный завод и других показал, что в работе конвейеров имеет место целый ряд нарушений, приводящих к авариям. Особенно серьезными последствия аварий бывают на наклонных участках трассы. Соударение свободно скатывающегося подвижного состава с рычагом ловителя часто приводит к разрушению ловителей, поломке элементов конвейера, поддерживающих конструкций. Это объясняется тем, что в настоящее время процессы, происходящие при срабатывании ловителей, максимальные динамические нагрузки, возникающие в конструкции, не исследованы.

Расчет элементов конвейера выполняется по статическим нагрузкам, в то время как определяющим при проектировании наклонных участков трассы, определении шага расстановки ловителей, конструировании элементов подвесного конвейера, таких как грузовая тележка, подвижной состав и других наиболее важными являются именно динамические нагрузки, возникающие при срабатывании ловителей. Таким образом, для увеличения надежности, долговечности, безаварийности работ подвесных конвейеров, исследование динамических процессов на наклонном участке трассы при срабатывании ловителей является вопросом актуальным.

Ц е л ь р а б о т ы. Теоретические и экспериментальные исследования динамических нагрузок, возникающих в элементах подвесного конвейера (грузовом пути, грузовом шарнире, грузовой подвеске, ловителе), в элементах крепления подвесного конвейера к строительным конструкциям, на наклонных участках в аварийной ситуации, т.е. при срабатывании ловителей, создание методики определения этих нагрузок, выдача рекомендаций по способам их уменьшения.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана
1292717
Иоффе И.В. Исследование ди

Методы исследования. На основании реальных схем нагружения, анализа конструкции элементов подвесного конвейера, строительных конструкций выделены три расчетных случая, три этапа нагружения системы. По каждому из расчетных случаев проведены теоретические исследования, получены расчетные зависимости, позволяющие определить максимальные нагрузки на каждом этапе нагружения. По третьему расчетному случаю определение расчетных параметров выполнено также с помощью ЭВМ М-222.

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры "Подъемно-транспортных машин и оборудования" МВТУ им. Н.Э.Баумана, на специально спроектированном стенде на полигоне Всесоюзного научно-исследовательского института подъемно-транспортного машиностроения. (ВНИИПТМАШ) с помощью катодно-электронной установки для регистрации быстротекущих процессов и тензометрической аппаратуры, включающей шлейфовый осциллограф.

Научная новизна. Впервые получены зависимости для определения динамических нагрузок в элементах конвейера при взаимодействии подвижного состава, падающего по наклонному участку трассы конвейера с рычагом ловителя. Все введенные в расчет допущения имеют обоснование, их корректность подтверждается экспериментальными исследованиями.

Теоретически исследованы и экспериментально подтверждены зависимости, определяющие величины динамических нагрузок с учетом всех факторов, входящих в расчетные зависимости. Для экспериментального подтверждения полученных теоретических результатов впервые в конвейеростроении применена специальная измерительная аппаратура, предназначенная для регистрации кратковременных процессов.

Практическая ценность. Разработанная методика определения динамических нагрузок в элементах подвесного конвейера и поддерживающих конструкциях позволяет конструкторам и проектантам учитывать их при создании новых моделей подвесных конвейеров и проектировании конвейерных линий, что увеличивает надежность и долговечность работ подвесного конвейера, имеющего участки спуска и подъема трассы. Рекомендации позволяют снизить величину динамических нагрузок в действующих установках.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на юбилейной всесоюзной научной конференции кафедры "Подъемно-транспортных машин и оборудования" МВТУ им. Н.Э.Баума-

МВТУ им. Н. Э. Баумана БИБЛИОТЕКА

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

на. Новое в подъемно-транспортной технике в 1975 году, на научной конференции Всесоюзного заочного института пищевой промышленности, дважды на заседаниях научно-технического Совета Проектно-конструкторского института конвейеростроения в 1974, 1975 гг, трижды на заседаниях кафедры "Подъемно-транспортные машины и оборудование" МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1972-1974 гг.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, двух глав, общих выводов по работе. Выполнена на 183 машинописных листах, содержит 56 рисунков, 22 таблицы, приложение и 50 наименований, использованных литературных источников.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наклонный участок трассы подвесного конвейера, к которому крепится корпус ловителя, представляет собой сложную конструкцию. Он состоит в общем случае из путей грузовых тележек, путей кареток тяговых цепей, соединенных между собой хомутами, установленными с определенным шагом, тяговой цепи. Крепление наклонного участка к несущим конструкциям осуществляется при помощи гибких тяг или жестко, методом сварки или болтовыми соединениями. Так как эти участки могут иметь значительную протяженность, то крепления осуществляются в нескольких точках. В качестве подвижного состава помимо одиночных тележек в последнее время широко применяются многотележечные сцепы, состоящие из двух или более тележек, соединенных шарнирно спарниками. К подвижному составу на жесткой или шарнирной (жесткой или гибкой) подвесках крепится груз.

Таким образом, в реальных условиях в аварийной ситуации, т.е. при отсоединении подвижного состава от тяговой цепи и свободном скатывании его по наклонному участку происходит соударение многомассовых систем (ловитель, подвесной путь, поддерживающие конструкции - подвижной состав с грузом) с бесконечным числом степеней свободы. В результате соударения конструкция начинает совершать сложное колебательное движение.

Составление системы дифференциальных уравнений, описывающих это движение и решение этих уравнений в элементарных функциях невозможно, а следовательно, не может быть применено для теоретических исследований и рекомендовано для инженерной прак-

тики.

Анализ конструкции элементов подвесного конвейера, изучение результатов экспериментальных исследований позволил реальный процесс рассматривать состоящим из трех независимых этапов нагружения системы, что дало возможность создать три расчетных случая.

I) первый расчетный случай - продольное ударное нагружение системы;

2) второй расчетный случай - вертикальное динамическое нагружение системы;

3) третий расчетный случай - колебания груза относительно точки подвеса к подвижному составу.

Выделение каждого расчетного случая из общей схемы нагружения выполнено, исходя из промежутка времени, втечение которого динамическая нагрузка на этом этапе достигает своего максимального значения.

Поскольку этот промежуток времени для каждого расчетного случая отличается на порядок, а каждый из процессов имеет максимальное значение динамических нагрузок в первый полупериод, а затем колебания быстро затухают, то усилия, возникающие на каждом этапе нагружения мало влияют друг на друга, и каждый из процессов нагружения считаем возможным рассматривать независимо от других.

Для каждого расчетного случая приняты определенные допущения, созданы расчетные схемы, составлены уравнения движения, дано решение этих уравнений, даны рекомендации по использованию каждого расчетного случая для решения конкретных задач.

I.I. Продольное ударное нагружение системы

В результате соударения подвижного состава, несущего груз, с рычагом ловителя система (подвесной путь - подвижной состав с грузом) приобретает конечную скорость и начинает совершать продольные колебания вдоль трассы конвейера. Выделенный расчетный случай представляет собой продольный удар, в котором принимает участие масса наклонного участка подвесного пути, масса подвижного состава и груз в случае его жесткого крепления к подвижному составу.

В основу исследований продольного ударного нагружения элементов подвесного конвейера положена методика, в которой при определении параметров ударного процесса используется волновая

теория удара с учетом местной податливости элементов в месте контакта. Эта методика разработана в исследованиях Сирса Г., Дорнига, Гольдсмита В., Бидермана В.Л., Малюковой Р.П. и многих других. В этих работах теория нашла экспериментальное подтверждение.

Для данного конкретного случая соударения принимаем следующие допущения:

I) выделяем наклонный участок из общей трассы конвейера и рассматриваем его независимо от остальной трассы конвейера. Влияние сопряженных участков учитываем при определении граничных условий на концах наклонного участка. Рассматриваем 2 крайних способа крепления концов участка: жесткая заделка $x=\pm l$; $U_{x=\pm l}=0$; концы свободны $x=\pm l$; $\varepsilon_{x=\pm l}=0$

где x - координата рассматриваемого сечения стержня;

l - длина участка;

ε_x - относительная деформация сечения;

U_x - скорость деформации.

Первый способ заделки соответствует жесткому креплению наклонного участка к опорным конструкциям, второй способ - в какой-то степени отвечает гибкому креплению, когда конструкция обладает большой продольной податливостью;

2) учитывая, что ловители расположены непосредственно на грузовом пути вблизи оси симметрии путей, точка взаимодействия с подвижным составом находится на небольшом расстоянии от оси симметрии, считаем, что происходит прямой центральный удар двух тел, участка подвесного пути и подвижного состава.

Рассматриваем совместно уравнения движения стержня

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} - \frac{1}{a^2}\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = 0 \qquad (I)$$

и уравнение движения груза

$$M\ddot{\xi}_2 = -P \qquad (2)$$

Зависимость между местной деформацией и контактным усилием выражаем аппроксимацией

$$\alpha = bP^n$$

B, n динамические коэффициенты, зависящие от материала и формы элементов в месте контакта.

Линеаризируем зависимость местной деформации от величины контактной силы.

$$P = \delta \alpha \qquad (3)$$

Коэффициент местной податливости δ определяется из условия равенства потенциальных энергий деформаций при максимальных значениях контактной силы.

$$\mathcal{E} = 2B \frac{n}{n+1} P_{max}^{n-1} \qquad (4)$$

Считаем, что ловитель установлен в середине наклонного участка, поэтому по истечении промежутка времени $t = \frac{2l}{a}$, усилие в месте контакта станет равным 0, удар заканчивается.

a - скорость распространения упругих волн деформации.

Установка ловителя не в середине участка между двумя соседними опорами не рекомендуется, так как при этом увеличивается жесткость участка в месте соударения, что приводит к увеличению усилий, передаваемых на несущие конструкции.

В результате получаем уравнение изменения контактной силы:

$$P = \frac{V_0}{n_1 \delta} e^{-mt} \sin n_1 t \qquad (5)$$

где коэффициенты m и n_1 определяются массой падающего груза M, коэффициентом местной податливости δ, площадью поперечного сечения стержня F.

Максимальное значение контактного усилия:

$$P_{max} = \sqrt{\frac{M V_0^2}{\delta}} \cdot e^{-m t_1} \qquad (6)$$

где $$t_1 = \tau = \frac{1}{n_1} \operatorname{arctg} \frac{n_1}{m} \qquad (7)$$

в момент времени, соответствующий P_{max}. На величину макси-

мального контактного усилия P_{max} на длительность ударного процесса τ влияют: начальная скорость соударения - v_0, масса падающего груза M, коэффициент местной податливости - δ. Изменение величин, определяющих максимальное контактное усилие, позволяет уменьшить его величину, изменить длительность ударного процесса. В каждом конкретном случае конструктор, выбирая шаг расстановки ловителей, форму соударяющихся элементов в месте контакта, их податливость, может уменьшить значение максимального усилия при продольном ударе.

Так как период свободных продольных колебаний конструкции значительно больше длительности ударного процесса, то для конструкции в целом расчетным будет не максимальная контактная сила, а эквивалентная статическая нагрузка:

$$P_{экв} = \varepsilon S \omega \qquad (8)$$

где ε - коэффициент, зависящий от соотношения $\frac{\tau}{T}$,

S - ударный импульс,

T - период свободных колебаний конструкции,

ω - частота свободных колебаний конструкции.

Полученные значения максимальной контактной силы, эквивалентной ей статической нагрузки должны быть использованы при расчете элементов подвесного конвейера в случае жесткого крепления к нему транспортируемого груза. Кроме того, этот расчетный случай является первым этапом расчетов при конструировании наклонных участков и элементов подвижного состава при шарнирном креплении груза на гибкой и жесткой подвесках.

I.2. Второй расчетный случай - вертикальное динамическое нагружение элементов подвесного конвейера

В случае крепления груза к подвижному составу при помощи шарнирной гибкой или жесткой подвесок в момент соударения система помимо продольного импульса нагружается вертикальной динамической силой, которая передается на подвесной путь и элементы крепления к строительным конструкциям.

Вводим допущения:

I) выделяем наклонный участок трассы между двумя опорами: влияние отброшенных участков на характер движения незначительно.

2) массу подвесного пути приводим к месту динамического нагружения; коэффициент приведения $K_{пр}$ зависит от места приве-

дения для середины участка $K_{пр}=0,5$.

3) массу подвижного состава учитываем как сосредоточенную в месте нагружения.

4) заменяем жесткость отдельных элементов конструкции подвесного конвейера приведенной жесткостью - C_I; C_I определяется экспериментально.

5) вводим в расчет жесткость грузовой подвески C_2;

6) массу груза учитываем как сосредоточенную.

Имеем двухмассовую систему с двумя степенями свободы.

Дифференциальные уравнения движения системы:

$$m_1\ddot{x}_1 = -C_1x_1 + C_2(x_2 - x_1)$$
$$m_2\ddot{x}_2 = -C_2(x_2 - x_1) + m_2g \qquad (9)$$

Решение системы уравнений (9) имеет вид

$$x_1 = \left(1 - \frac{m_2}{C_2}p_1^2\right)\left[\left(-\frac{\ddot{x}_{02} + x_{24}p_1^2}{p_1^2 - p_2^2} - x_{24}\right)\cos p_1t + \left(\frac{x_{02}}{p_1} - \right.\right.$$
$$\left. - \frac{\dddot{x}_{02} + p_1^2\dot{x}_{02}}{p_1(p_1^2 - p_2^2)}\sin p_1t\right] + \left(1 - \frac{m_2}{C_2}p_2^2\right)\left[\frac{\ddot{x}_{02} - x_{24}p_1^2}{p_1^2 - p_2^2}\cos p_2t + \right.$$
$$\left. + \frac{\dddot{x}_{02} + p_1^2\dot{x}_{02}}{p_2(p_1^2 - p_2^2)}\sin p_2t\right] + x_{24} - \frac{m_2g}{C_2} \qquad (10)$$

$$x_2 = \left(-\frac{\ddot{x}_{02} + x_{24}p_1^2}{p_1^2 - p_2^2} - x_{24}\right)\cos p_1t + \left[\frac{\dot{x}_{02}}{p_1} - \frac{\dddot{x}_{02} + p_1^2\dot{x}_{02}}{p_1(p_1^2 - p_2^2)}\right]\times$$
$$\times\sin p_1t + \frac{\ddot{x}_{02} - x_{24}p_1^2}{p_1^2 - p_2^2}\cos p_2t + \frac{\dddot{x}_{02} + p_1^2\dot{x}_{02}}{p_2(p_1^2 - p_2^2)}\sin p_2t + x_{24} \qquad (11)$$

Усилие, передаваемое на подвесной путь, поддерживающую металлоконструкцию:

$$P_1 = C_1x_1 \qquad (12)$$

Усилие, передаваемое на грузовой шарнир, грузовую подвеску

$$P_2 = C_2(x_2 - x_1) \qquad (13)$$

Проведенные теоретические исследования по второму расчетному случаю показывают, что большое влияние на величину нагрузки P_1 оказывает жесткость подвесных путей и поддерживающих конструкций C_1. Поэтому следует избегать жесткого крепления наклонных участков трассы конвейера к несущим металлоконструкциям. Ловители не следует устанавливать в месте крепления подвесных путей, к строительным конструкциям.

Рассмотренный случай нагружения является расчетным для подвесных конвейеров, транспортирующих грузы на подвесках, шарнирно связанных с подвижным составом. По предложенной методике определяются вертикальные усилия, передаваемые на подвесной путь, поддерживающие металлоконструкции, элементы подвижного состава, грузовую подвеску.

I.3. Третий расчетный случай – колебания груза на жесткой подвеске относительно точки крепления к подвижному составу

Как показала практика эксплуатации подвесных конвейеров, часто при срабатывании ловителей разрушались грузовые подвески. Наиболее характерно это явление для случая крепления груза к подвижному составу на жесткой шарнирной подвеске. Поэтому вопрос определения усилий, возникающих в грузовой подвеске в результате колебаний груза относительно точки подвеса после остановки подвижного состава рычагом ловителя, выделен как третий расчетный случай, третий этап нагружения системы.

Для составления дифференциального уравнения, описывающего движение груза, введем допущение: считаем, что точка подвеса груза неподвижна. Это допущение справедливо, т.к. колебания пути, вызванные нагрузками на первом и втором этапах нагружения к моменту достижения нагрузок на третьем этапе максимальных значений затухают. Имеем одномассовую систему с двумя степенями свободы x и φ.

x – линейное перемещение груза; φ – угловое.

Составляем дифференциальные уравнения движения груза, используя уравнение Лагранжа II рода.

$$\begin{aligned} &m\ddot{x} + C\cos^2\varphi\,(x - l\sin\varphi) = 0 \\ &J_0\ddot{\varphi} + \frac{Cl^2}{4}\sin 4\varphi - Clx\cos^2\varphi\cos\varphi + \frac{Clx}{2}\sin\varphi\sin 2\varphi - \frac{Cx^2}{2}\sin 2\varphi + mgl\sin\varphi = 0 \end{aligned} \qquad (14)$$

где C – жесткость грузовой подвески,

l – длина подвески,

J_o – момент инерции груза относительно оси, проходящей через центр массы груза,

m – масса груза.

Эта система нелинейных дифференциальных уравнений, решение которой в элементарных функциях невозможно. Решение этой системы выполнено на ЭВМ М-222.

Для того, чтобы получить систему уравнений, пригодную для инженерной практики, линеаризируем систему (I4), т.е. вводим

$$\sin\varphi = \varphi \,, \quad \cos\varphi = 1 \,.$$

Получаем систему:

$$m\ddot{x} + C(x - l\varphi) = 0$$

$$J_o\ddot{\varphi} + (Cl^2 + mgl)\varphi - Clx = 0 \qquad (I5)$$

Решение этих уравнений (15) позволяет определить расчетные значения изгибающего момента и усилия в подвеске $M_{изг.}$: $F_{подв}$

$$M_{изг.} = J_o p_1 \frac{\dot{x}_o}{l} A_1 \left(1 - \frac{p_1^2}{p^2}\right) \sin p_1 t$$

$$F_{подв} = m_1 p_1 \dot{x}_o A_1 \sin p_1 t \qquad (I6)$$

На величину изгибающего момента влияют J_o – момент инерции груза относительно оси, проходящий через центр масс перпендикулярно плоскости колебаний, $\dot{x}_o$ – начальная скорость, l – длина подвески, C – ее жесткость.

Проведенные теоретические исследования показывают, что динамические нагрузки, возникающие в элементах конструкции подвесных конвейеров и несущих конструкциях на наклонных участках в аварийной ситуации при срабатывании ловителей значительно превосходят статические нагрузки, которые учитываются при проектировании наклонных участков трассы и элементов конструкции подвесного конвейера в настоящее время. Выполненные исследования позволили создать методику для определения этих динамических нагрузок.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проверки теоретических данных, оценки влияния на величину динамических нагрузок различных факторов были проведены ,

экспериментальные исследования. Для проведения этих исследований были использованы специально разработанный стенд и специальная регистрирующая аппаратура.

Все экспериментальные исследования можно разбить на следующие основные этапы:

1) Испытания по определению динамических коэффициентов продольного ударного процесса (β и n).

2) Испытания по определению жесткости и периода свободных колебаний наклонного участка.

3) Экспериментальные исследования параметров продольного ударного нагружения системы.

4) Экспериментальные исследования по определению динамических нагрузок в элементах конструкции подвесного конвейера и несущих конструкциях.

Испытания по определению коэффициентов β и n проводились в лаборатории кафедры "Подъемно-транспортных машин и оборудования" МВТУ им. Н.Э.Баумана на испытательной машине ИМИ-30 № I29. Деформировались образцы, форма поверхности контакта, которых точно копировала, поверхностей контакта рычага ловителя и подвижного состава материал образцов был такой же, как и соударяющихся элементов. На основании этих исследований были получены значения коэффициентов:

$n = 0{,}65$ $\qquad \beta = 1{,}58 \cdot 10^{-4}$ см/кг

Так как величины этих коэффициентов, особенно коэффициента β, влияют на величину коэффициента местной податливости δ, а, следовательно и на величину контактного усилия при продольном соударении, то исследовалось влияние на величину коэффициентов β и n различных конфигураций контактных поверхностей и материалов.

На экспериментальном стенде определялась продольная и поперечная жесткость наклонного участка. Для определения частоты свободных вертикальных и продольных колебаний конструкции использовался виброграф Гейгера и осциллограммы усилий. Полученные экспериментальные данные позволили уточнить величину приведенной массы конструкции, принимающей участие в вертикальных и продольных колебаниях, ввести в расчет коэффициент приведенной жесткости, $K_{пр}$, учитывающий массу несущих конструкций, принимающих участие в этих движениях.

Для продольных колебаний $K'_{пр} = 1{,}5$

Для вертикальных колебаний $K_{пр}' = 1$.

Исследование параметров продольного ударного нагружения системы проводилось с помощью пьезоэлектрических датчиков и катодно-осциллографической установки, специально созданной для проведения данных испытаний.

Исследование динамических нагрузок в элементах конструкции конвейера, подвесном пути, грузовой подвеске, поддерживающих конструкциях проводилось при помощи проволочных тензодатчиков, аппаратуры, в которую входит шлейфовый осциллограф.

Расшифровка осциллограмм позволила экспериментально определить динамические усилия в элементах конструкции конвейера по каждому расчетному случаю нагружения, сравнить их с теоретическими. Сравнение теоретических и экспериментальных результатов показало, что принятые допущения по каждому расчетному случаю корректны, относительная погрешность экспериментальных данных лежит в пределах допустимого для исследования динамических процессов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАБОТЫ

1. В результате проведенных исследований получены расчетные формулы для определения динамических усилий в элементах подвесного конвейера и поддерживающих конструкциях для случая аварийной работы конвейера: свободного движения подвижного состава с грузом по наклонному участку трассы и остановки его ловителем. Исследования показали, что динамические нагрузки, возникающие при этом в подвесных путях, элементах крепления наклонных участков трассы к несущим конструкциям являются максимальными, влияют на работоспособность узлов и должны быть учтены при конструировании и проектировании наклонных участков трассы подвесного конвейера.

2. Анализ конструкции грузовых подвесок, подвесных путей, способов крепления конвейера к несущим металлоконструкциям позволил выделить три расчетных случая нагружения системы, создать простые, удобные для применения в инженерной практике математические модели для каждого из этих случаев. В зависимости от конструктивных особенностей проектируемого конвейера массы подвижного состава, конструкции грузовых подвесок, массы и размеров транспортируемого груза рекомендуется применение того или иного

расчетного случая.

3. Как показали проведенные исследования, большое влияние на величину нагрузок, возникающих в элементах конструкции оказывают способы крепления наклонного участка конвейера к несущим конструкциям. Элементы крепления следует выполнять более податливыми, нежелательно жесткое крепление (сварка), уменьшающее податливость конструкции и немного увеличивающее нагрузки в элементах конструкции при срабатывании ловителей. Недопустима установка ловителей в местах жесткого крепления подвесного конвейера к несущим металлоконструкциям.

4. Большое влияние на величину нагрузок оказывает начальная скорость соприкосновения свободно скатывающегося подвижного состава с грузом с рычагом ловителя. Поэтому при проектировании наклонных участков (выборе угла наклона, шага расстановки ловителей) следует параметры трассы выбирать такими, чтобы эта скорость была минимальной. Особенно это важно при транспортировании грузов большой массы и больших размеров.

5. Одним из путей уменьшения максимального контактного усилия следует считать путь увеличения податливости соударяющихся элементов в месте контакта (увеличение коэффициента местной податливости). Другим путем уменьшения ударных нагрузок является создание различного рода гасителей в конструкции ловителей.

6. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что правильное проектирование наклонных участков трассы, учет максимальных динамических нагрузок в элементах подвесного конвейера и несущих конструкциях дают возможность использовать ловители в качестве предохранительных устройств даже в тех случаях, когда конвейер транспортирует грузы большой массы и размеров. Увеличение массы наклонных участков (для случая конвейеров большой грузоподъемности) улучшает работу системы в условиях ударного динамического нагружения и последующих колебаний.

7. Широкое применение подвесных конвейеров на современных заводах крупно-серийного и массового производства, внедрение их как неотъемлемой части в технологический процесс, предъявляет к подвесным конвейерам требования повышенной надежности, долговечности и безаварийности в работе. Данная работа является одним из направлений увеличения этих показателей работы ПК, что имеет большое экономическое значение для отечественной промышленности.

Основное содержание опубликовано в следующих работах:

I. Отчет по научно-исследовательской работе "Исследование максимальных нагрузок на узлы элементов крепления подвесных толкающих конвейеров и строительных конструкций, возникающих на наклонных участках". - руководитель темы Крутиков И.П., ответственный исполнитель - Иоффе И.В.

2. Иоффе И.В. Три этапа нагружения элементов подвесных конвейеров при срабатывании ловителей. Реф. сб. Нииинформтяжмаш подъемно-транспортное оборудование и механизация погрузочно-разгрузочных работ 6.-76-I7.

3. Иоффе И.В. Определение динамических нагрузок в грузовой подвеске подвесного конвейера при срабатывании ловителей. Депонирована, № I36, I976. НИИИнформтяжмаш.

4. Иоффе И.В. Динамические нагрузки в элементах подвесного конвейера при срабатывании ловителей. Депонирована, № I37, I976 НИИИнформтяжмаш.