

Либерман Я.Л.¹, канд. техн. наук, доцент, Летнев К.Ю.¹, инженер, Горбунова Л.Н.², канд. техн. наук, доцент

¹ Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

² Сибирский федеральный университет, 660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 79/10.

E-mail: Yakov_Liberman@List.ru

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫМИ КОНВЕЙЕРАМИ

Аннотация: Рассматривается принцип построения вибрационного конвейера с системой управления частотой колебаний, создаваемых вибровозбудителем, с их самонастройкой в резонанс с собственными колебаниями лотка с грузом.

Ключевые слова: резонанс, вибрационный конвейер, вибровозбудитель, колебания, частота, энергопотребление.

Информация о статье: принята 18 ноября 2019 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2019-5-29-32

Как известно, вибрационные конвейеры в горной промышленности используются в поверхностных комплексах шахт, рудников и на обогатительных фабриках для перемещения сыпучих грузов на короткие расстояния, а также в качестве питателей для выпуска грузов из аккумулирующих бункеров.

Для вибрационных конвейеров актуальна задача снижения энергопотребления, поскольку её стоимость в нашей стране растёт чрезвычайно быстро.

Вибрационные конвейеры обычно содержат лоток, закрепленный на основании на упругой подвеске с помощью наклонных плоских пружин или пружинных стержней. Кроме того они имеют в

своем составе вибровозбудитель – электромагнит переменного тока, электродвигатель с эксцентриком и т. п. Вибровозбудитель устанавливается на основании конвейера с возможностью взаимодействия с лотком. Когда вибровозбудитель (он обычно питается от источника переменного тока, если электромагнитный, и от источника переменного или постоянного тока, если какой-либо иной), то, взаимодействуя с лотком, заставляет последний совершать колебания. Поскольку пружины, на которых установлен лоток, наклонные, эти колебания имеют вертикальную и горизонтальную составляющие. Возникающие в результате действия этих составляющих, силы трения скольжения перемещаемого груза и силы инерции груза вызывают движение груза по лотку.

Цель работы: разработка энергоэкономичной системы управления вибрационными конвейерами.

Для того чтобы снизить потребляемую мощность вибровозбудителя и его энергопотребление, частоту колебаний, создаваемых вибровозбудителем, обычно выбирают близкой к частоте собственных колебаний лотка с грузом. В таком случае при эксплуатации вибрационный конвейер работает в резонансной зоне. Однако масса перемещаемого по лотку груза может быть разной, поэтому и частота собственных колебаний лотка с грузом может быть разной. Для того чтобы оставаться в резонансной зоне, частоту колебаний вибровозбудителя нужно тоже изменять.

Принцип построения вибрационного конвейера с системой управления частотой колебаний, создаваемых вибровозбудителем, с их самонастройкой в резонанс с

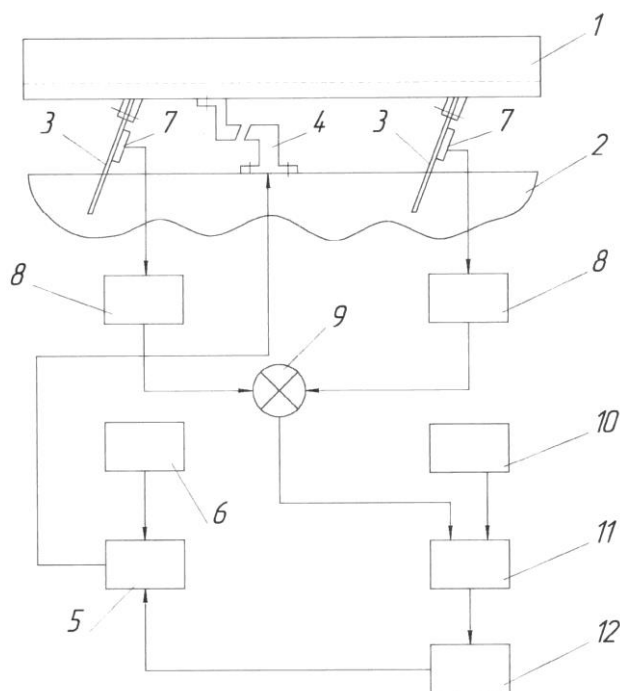


Рис. 1. Схема управления вибрационным конвейером

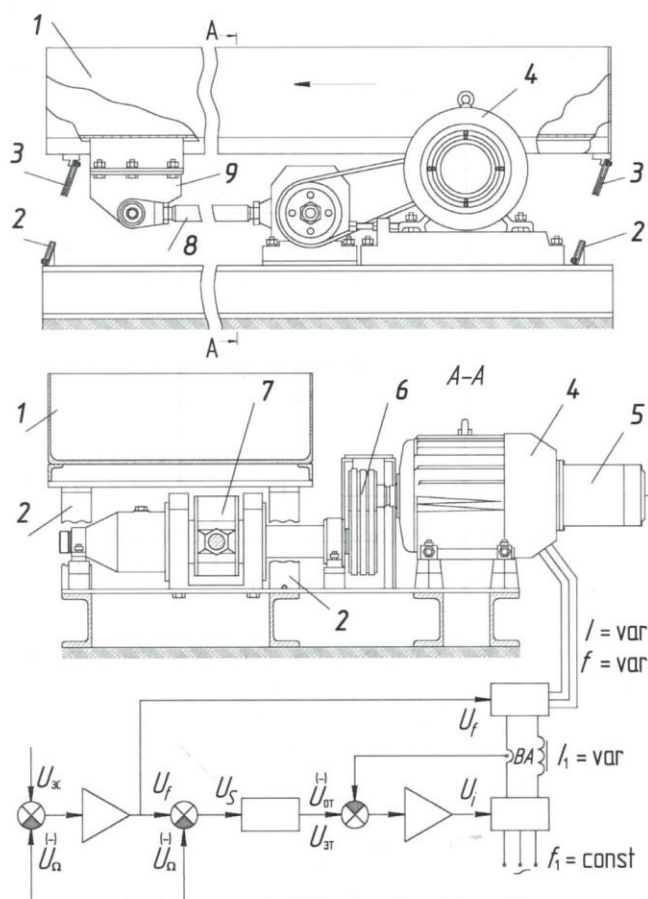


Рис. 2. Вибрационный конвейер

собственными колебаниями лотка представлен на рис. 1 [1].

На этом рисунке: 1 – лоток, закрепленный на основании 2 с помощью плоских пружин 3; 4 – вибровозбудитель лотка, установленный на основании с возможностью взаимодействия с лотком; 5 – регулятор частоты, содержащий на входе двухвходовой сумматор; 6 – первый задатчик, выход которого соединен с первым входом сумматора, установленного на входе регулятора 5. Имеются в системе также датчики деформации 7 пружин 3; сглаживающие фильтры 8, вход каждого из которых соединен с одним из датчиков 7; сумматор 9, входы которого связаны с выходами фильтров 8; второй задатчик 10; блок деления 11, первый вход которого, предназначенный для ввода делимого, соединен с задатчиком 10, а второй вход, предназначенный для ввода делителя, связан с выходом сумматора 9; блок извлечения квадратного корня 12, вход которого соединен с выходом блока деления 11. При этом выход регулятора 5 соединен с вибровозбудителем 4, а второй вход его входного сумматора соединен с выходом блока 12. Перед работой система должна быть настроена. Для этого сначала определяют жесткость G установки лотка 1 на пружинах 3. Это можно сделать, зная жесткость пружин, по формуле

$$G = \Sigma G_i,$$

где G_i – жесткость i -ой пружины.

Затем с помощью задатчика 10 нужно ввести сигнал, пропорциональный G , в блок деления 11. Далее

лоток 1 вибрационного конвейера следует загрузить грузом массы M . На выходах датчиков 7 появятся сигналы, сумма которых будет отображать M . На выходе первого сумматора 9 возникает соответствующий сигнал. Он поступит на второй вход блока деления 11, который выдаст сигнал

$$U = K (G/M),$$

где K – коэффициент пропорциональности.

Этот сигнал поступит на блок 12, который выдаст на выходе сигнал:

$$f = [K (G/M)]^{1/2},$$

приблизительно соответствующий частоте собственных колебаний лотка, заполненного грузом массой M (в M входит и масса лотка). Сигнал с выхода блока 12 поступит на второй вход входного сумматора регулятора 5, и на выходе блока 5 появится сигнал, заставляющий вибровозбудитель 4 работать с частотой, более или менее близкой к f . Изменяя затем K задатчиком 10 и подавая корректирующий сигнал на первый вход входного сумматора регулятора 5, можно далее настроить вибровозбудитель 4 в резонанс с частотой собственных колебаний лотка с требуемой точностью.

В процессе эксплуатации вибрационного конвейера масса груза, находящегося в лотке 1 в каждый момент времени, равна некоторой текущей величине M . Поскольку лоток, перемещая груз, вибрирует, на выходах датчиков 7 возникают периодически изменяющиеся сигналы (обычно синусоидальные).

Эти сигналы проходят через фильтры 8, где колебания сглаживаются и усредняются (на выходе каждого фильтра будет сигнал, примерно равный среднему значению поступающего на него периодического сигнала). Сигналы с выходов фильтров 8 сложатся первым сумматором 9, который выдаст сигнал, характеризующий массу M груза, находящегося в данный момент на лотке 1. Так же, как и при настройке, на выходе блока 12 появится сигнал, отображающий частоту собственных колебаний лотка 1 с грузом массой M , но уже такой, которая имеет место в данный момент. Этот сигнал пройдет через блок 5 и поступит на вибровозбудитель 4, заставляя его работать с вынужденной частотой, близкой к частоте собственных колебаний лотка с грузом, т. е. в резонансной зоне. Так будет происходить при различных значениях M , а значит, вибрационный конвейер будет работать с минимальными энергетическими затратами при всевозможных изменениях массы перемещаемых грузов.

Следует отметить, что производительность Q вибрационного конвейера при этом всегда будет оставаться постоянной, так как она равна

$$Q = R \cdot M \cdot V,$$

где R – некоторый коэффициент пропорциональности; V – скорость перемещения груза по лотку.

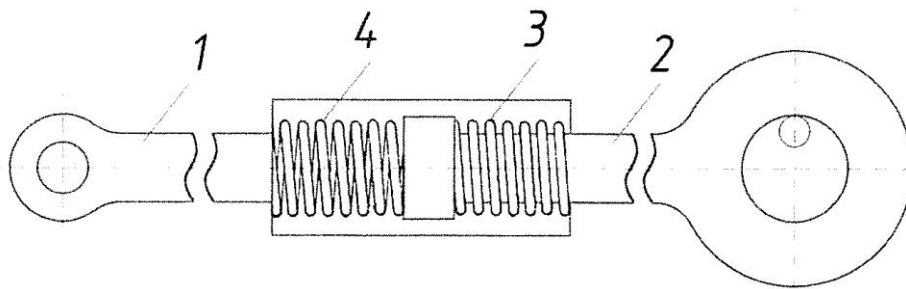


Рис. 3. Эксцентрикый вибровозбудитель с упругим шатуном и спиральными пружинами

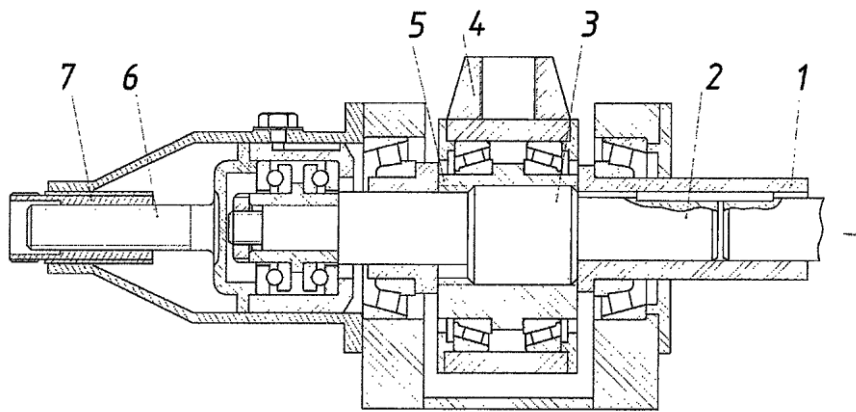


Рис. 4. Эксцентрикый передаточный механизм

Если M увеличится, то частота, создаваемая вибровозбудителем, уменьшится, а значит, уменьшится V . Но, если M уменьшится, то V увеличится. Таким образом, произведение $M \cdot V$ будет оставаться примерно постоянным при разных M , а отсюда и $Q \approx \text{const}$.

Конструктивно конвейер, входящий в рассмотренную систему, может быть выполнен по-разному, в частности, так, как показано на рис. 2, где 1 – лоток; 2 – плоские пружины, состоящие каждая из двух пластин, между которыми размещен тензодатчик 3; 4 – асинхронный электродвигатель с тахогенератором 5, совместно с ременной передачей 6, эксцентрикый передаточный механизм 7, упругим шатуном 8 и кронштейном 9 образующий вибровозбудитель лотка 1.

Схема шатуна приведена на рис. 3. Он состоит из двух частей 1 и 2, соединенных спиральными пружинами 3 и 4. Пружина 4 сжимается при движении рабочего органа вперед, а пружина 3 – при его движении назад, что позволяет шатуну работать как упругий элемент при прямом и обратном ходе лотка.

Эксцентрикый передаточный механизм (рис. 4) передает вращательное движение от выходного вала ременной передачи через втулку 1 на вал 2, имеющий эксцентрично нарезанный винт 3. На винт накручена эксцентрикый гайка 5 шатуна 4.

Амплитуда колебаний шатуна определяется взаимным положением эксцентриситетов винта и гайки

и при эксплуатации конвейера может регулироваться. Для этого в механизме предусмотрен шток 6, через подшипниковый узел связанный с валом 2, и гайка 7, которая может быть повернута на тот или иной угол вручную при наладке конвейера. При вращении гайки 7, имеющей наружную и внутреннюю разнонаправленные нарезки, шток 6 перемещается поступательно, передвигая вал 2. Вследствие наличия несамотормозящей резьбы на винте 3 при поступательном движении последней гайки 5 поворачивается до получения необходимого эксцентриситета.

Электродвигатель, примененный в вибрационном конвейере, имеет мощность 2 кВт. Если бы система управления конвейером не могла при изменении массы транспортируемого груза подстраиваться в резонанс, то мощность электродвигателя пришлось бы увеличить на 30–40 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. № 130978, Российская Федерация. Вибротранспортер / Я. Л. Либерман, А. И. Хвостикова (Россия) – № 2012148322/11; Заявлено 13.11.2012; Оpubл. 10.08.2013; Бюл. № 22.

2. Пат. 130979 Российская Федерация, МПК В65G43/00. Система управления конвейером / Я.Л. Либерман, Т.С. Елчина (Россия) – № 201305878; Заявлено 12.02.2013; Оpubл. 10.08. 2013.

3. Пат. 115133 Российская Федерация, МПК Н02Р1/04, Н02Р1/08, Н02Р3/00. Контроллер / Я.Л. Либерман (Россия) – № 2011120766; Заявлено 23.05.2011; Оpubл.. 20.04. 2012.

4. Пат. 124087 Российская Федерация, МПК Н02Р1/08. Контроллер / Я.Л. Либерман (Россия) – № 201257517/07; Заявлено 19.06.2012; Оpubл.. 10.01. 2013.

5. Пат. 132278 Российская Федерация, МПК Н02Р1/00, Н02Р3/00. Устройство разгона–торможения привода транспортирующей машины / Я.Л. Либерман, Д.А. Бикташев (Россия) – № 2013113026; Заявлено 22.03.2013; Оpubл.. 10.09. 2013.

6. Справочник по средствам автоматизации / Под ред. В.Э. Низэ и И.В. Антика. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 504 с.

Liberman Ya. L.¹, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, **Letnev K. Yu.**¹, engineer, **Gorbunova L.N.**², C. Sc. in Engineering, Associate Professor.

¹ Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, 620002, Russia, Yekaterinburg, ul. Mira, 19

² Siberian Federal University, 660041, Russia, Krasnoyarsk, pr. Svobodniy, 79/10,

DEVELOPMENT OF AN ENERGY-ECONOMIC MANAGEMENT SYSTEM VIBRATION CONVEYOR

Abstract: *The article considers the principle of constructing a vibration conveyor with a control system for the frequency of oscillations created by the exciter, with their self-tuning in resonance with their own vibrations of the load tray.*

Keywords: *resonance, vibration conveyor, vibration exciter, vibrations, frequency, energy consumption.*

Article info: *received November 18, 2019*

DOI: 10.26730/1816-4528-2019-5-29-32

REFERENCES

1. Пат. № 130978, Rossijskaya Federaciya. Vib-ro-transporter / YA. L. Liberman, A. I. Hvoshtikova (Rossiya) – № 2012148322/11; Zayavleno 13.11.2012; Opubl. 10.08.2013; Byul. № 22.

2. Пат. 130979 Rossijskaya Federaciya, МПК V65G43/00. Sistema upravleniya konvejerom / YA.L. Liberman, T.S. Elchina (Rossiya) – № 201305878; Zayavleno 12.02.2013; Opubl.. 10.08. 2013.

3. Пат. 115133 Rossijskaya Federaciya, МПК N02R1/04, N02R1/08, N02R3/00. Kontroller / YA.L. Liberman (Rossiya) – № 2011120766; Zayavleno 23.05.2011; Opubl.. 20.04. 2012.

4. Пат. 124087 Rossijskaya Federaciya, МПК N02R1/08. Kontroller / YA.L. Liberman (Rossiya) – № 201257517/07; Zayavleno 19.06.2012; Opubl.. 10.01. 2013.

5. Пат. 132278 Rossijskaya Federaciya, МПК N02R1/00, N02R3/00. Ustrojstvo razgona–tormozheniya privoda transportiruyushchej mashiny / YA.L. Liberman, D.A. Biktashev (Rossiya) – № 2013113026; Zayavleno 22.03.2013; Opubl.. 10.09. 2013.

6. Spravochnik po sredstvam avtomatiki / Pod red. V.E. Nize i I.V. Antika. – M.: Energoatomizdat, 1983. – 504 s.

Библиографическое описание статьи

Либерман Я.Л., Летнев К.Ю., Горбунова Л.Н. Разработка энергоэкономичной системы управления вибрационными конвейерами // Горное оборудование и электромеханика – 2019. – № 5 (145). – С. 29-32.

Reference to article

Liberman Ya.L., Letnev K. Yu., Gorbunova L.N. Development of an energy-economic management system vibration conveyor. Mining Equipment and Electromechanics, 2019, no. 5 (145), pp. 29-32.