

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

к.т.н. **Гончаров М.В.**, к.ф.-м.н. **Кончина Л.В.**, к.т.н. **Куликова М.Г.**,
студ. **Романова О.Н.**

ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, Россия

Производственная деятельность любого современного пищевого предприятия связана с перемещением большого количества разнообразных грузов, будь то сырье, полуфабрикаты или готовая продукция. Наряду с различными средствами механизации особое место принадлежит подъемно-транспортным установкам, которые служат для механизации наиболее трудоемких процессов перемещения грузов. Распространенным видом транспортирующих машин в пищевой промышленности являются ленточные конвейеры. Они применяются для транспортировки как сыпучих, так и штучных грузов. Остановка конвейерной системы вызывает остановку производства и срыв выпуска продукции. Следовательно, надежность работы конвейера и долговечность его узлов являются решающими факторами производственной деятельности современного предприятия и основным условием выпуска промышленной продукции.

Сахарное производство при транспортировке свеклы в моечные отделения сталкивается с такой проблемой как неравномерная загрузка ленты продуктом, которое способствует появлению сложного колебательного процесса, приводящего к разрушению конвейерного полотна.

Рассмотрим равномерное движение ленточного конвейера с приблизительно равномерным распределением масс. Целью исследования является определение характеристик колебательных движений конвейерной ленты в середине пролета, возникающих при движении неравномерно распределенного груза.

Для проведения расчетов произведем замену конвейера системой с одной степенью свободы, предполагая балку невесомой и несущей в среднем сечении сосредоточенную массу (подобная модель встречается при транспортировании штучных грузов). Массой движущегося по ленте конвейера груза ввиду ее малости в сравнении с массой конвейера пренебрегаем (рисунок 1).

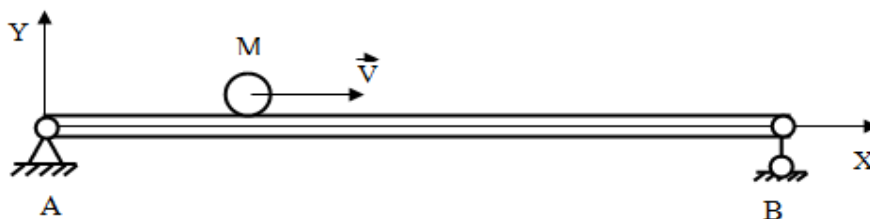


Рисунок 1 – Схема 1 конвейерной ленты с грузом

Груз, меняющий свое положение на конвейере, условно заменим приведенным грузом.

Рассмотрим груз в положении, когда он находится в середине конвейера с длиной пролета, равной l . Прогиб середины ленты конвейера, как показывает практика, происходит по синусоидальному закону. Предполагая, что прогиб ленты в этом случае равен прогибу от груза, получим значение возмущающей силы в середине ленты конвейера

$$P' = P \sin(\alpha t), \quad (1)$$

где v - скорость перемещения груза по ленте конвейера. При этом предполагается, что перемещение груза по ленте конвейера происходит по закону

$$x = vt, \quad (2)$$

а частота возмущающей силы при заданной постановке задачи зависит от скорости движения груза по ленте конвейера

$$\alpha = \frac{\pi v}{\ell}. \quad (3)$$

Таким образом, задача сводится к решению задачи о вынужденных колебаниях материальной точки, сосредоточенной в середине пролета ленты конвейера. Выбирая начало отсчета в положении статического равновесия сосредоточенной массы, в общем случае дифференциальное уравнение движения можно представить в следующем виде [1]:

$$\ddot{y}_1 + k^2 y_1 = P'' \sin(\alpha t), \quad (4)$$

ось Oy_1 направлена параллельно оси Ay , точка O является положением статического равновесия приведенного груза, k - круговая частота рассматриваемых колебаний.

Решение дифференциального уравнения (4), как известно, записывается в общем виде [1]:

$$y_1 = a \sin(kt + \delta) + \frac{P''}{k^2 - \alpha^2} \sin(\alpha t), \quad (5)$$

где параметры a и δ определяются начальными условиями движения рассматриваемой механической системы, приведенной к системе с одной степенью свободы.

По виду уравнения (5) можно сделать вывод, что лента конвейера будет совершать сложное колебательное движение, являющееся «сложением» собственных колебаний с частотой k и вынужденных колебаний с частотой, равной частоте α возмущающей силы. При этом очевидно, что увеличивая частоту α , амплитуду собственно вынужденных колебаний можно приблизить к нулю. Если же частота собственных колебаний k окажется равной частоте возмущающей силы α , то, как известно, амплитуда вынужденных колебаний неограниченно растет, наступает явление резонанса, а решение дифференциального уравнения (4) имеет в данном случае вид [1]:

$$y_1 = a \sin(kt + \delta) - \frac{P'' t}{2k} \cos(kt). \quad (6)$$

Исследуя выражение (5), можно сделать вывод о том, что наибольшее влияние на колебательное движение ленты транспортера случай, когда

$$\alpha^2 = k^2 \text{ или } \frac{\alpha}{k} = 1, \quad (7)$$

то есть избежать явления резонанса можно при выполнении неравенства

$$v \neq \frac{k\ell}{\pi}.$$

(8)

Если предположить, что перемещение под грузом весом P в данный момент времени соответствует статическому прогибу от давления, производимого грузом на ленту конвейера, то с помощью принципа Даламбера можно определить значение давления

$$R = P \left(1 - \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \right). \quad (9)$$

Используя в выражении (9) формулу для прогиба балки, шарнирно закрепленной на двух опорах (рисунок 1), из сопротивления материалов

$$y = \frac{Px^2}{3EJl} \cdot (\ell - x)^2, \quad (10)$$

получим значение искомого давления в виде

$$R = P \left(1 - \frac{v^2}{g} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) = P \cdot \left(1 - \frac{v^2}{g} \cdot \frac{2}{3} \frac{P}{EJl} (6x^2 + \ell^2 - 6x\ell) \right). \quad (11)$$

Аналогичную модель и исследование движений можно провести также для случая, когда лента конвейера расположена под некоторым углом φ к вертикали (рисунок 2) с учетом равномерности распределения нагрузки по ленте, что часто встречается в пищевой промышленности.

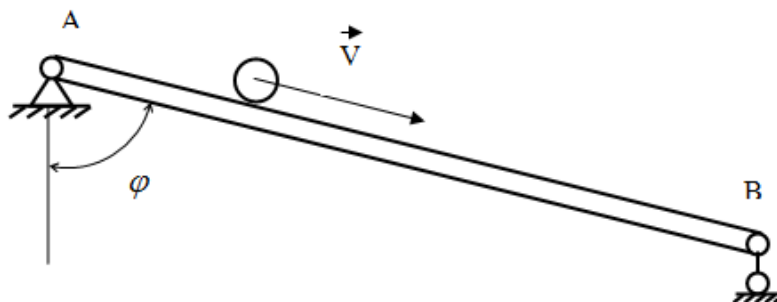


Рисунок 2 – Схема 2 конвейерной ленты с грузом

Полученные результаты могут быть использованы при определении параметров ленты транспортеров, консольных грузоподъемных устройств (динамические модели рассмотрены в работах авторов [2], [3]), применяемых, как в пищевой, так и в горнорудной промышленности.

РЕЗЮМЕ

Рассматривается равномерное движение ленточного конвейера с равномерным распределением масс. Для решения задачи предлагается замена конвейера системой с одной степенью свободы. Определяются характеристики колебательных движений, возникающих при движении по ленте конвейера неравномерно распределенного груза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Ч.1 – Санкт-Петербург.: Лань, 2009. – 480 с.
2. Омаров Т.И., Тулегенова К.Б., Бекенов Е.Т., Кончина Л.В., Гончарова И.А. Математическое описание колебаний консольного грузоподъемного устройства
3. // Теоретическая и прикладная механика. - Минск: БНТУ, 2014. Вып.29. - С. 137-140.
4. Омаров Т.И., Тулегенова К.Б., Кончина Л.В., Гончарова И.А. Составление динамической модели для исследования колебаний консольной балки переменного поперечного сечения // Энергетика, информатика, инновации. - Смоленск: Универсум. 2012. №1. - С. 289-293

SUMMARY

This research considers the uniform motion of slider conveyor with equal mass distribution. As a solution it is suggested to install a system with one degree of freedom instead of the conveyor. Features of vibrational motion, that arrives from the unevenly distributed burden movement along the belt, are being established.

E-mail: la_kon@mail.ru
kulikova0808@rambler.ru
ola-romanova25@ya.ru

Поступила в редакцию 27.10.2014