

УДК 621.867.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ С МЕХАНИЧЕСКИМИ ШАРНИРНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Грудачев А.Я., канд. техн. наук, проф.,

Шилинговский Н.И., канд. техн. наук, доц., Гураль В.Г., доц.

Донецкий национальный технический университет

Получены математические выражения формы конвейерной ленты, имеющей в своей конструкции шарнирное стыковое соединение. Приведены результаты расчета координат шарнира относительно поддерживающих ленту роликов.

There is mathematical formulation of the form of conveyer belt, includes swing joint. Coordinates of joint against the belt rollers shown.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

В подземных условиях на угольных предприятиях Украины находится в эксплуатации примерно 2500 км конвейерных лент, которые имеют более 50 тысяч стыковых соединений. При этом большое распространение получили механические шарнирные стыки [1-6]. Важной практической задачей является повышение срока службы ленты в целом и ее стыков в частности, что позволит повысить эффективность применения ленточных конвейеров. К сожалению, прочность механических соединений не превышает 30-35% от прочности ленты, а срок их службы составляет 3-5 месяцев. Улучшение этих показателей является важной практической и научной задачей.

Анализ исследований и публикаций. В обширных научных исследованиях по конвейерному транспорту ленту рассматривают как гибкую нить, балку, пластину, не имеющую в своей конструкции шарнира. Это не позволяет проанализировать работу шарнирного стыкового соединения. На сколько удалось установить, вопрос определения формы конвейерной ленты с механическим шарнирным соединением ранее не рассматривался и в настоящей работе поставлен впервые.

Постановка задачи. Задачей настоящей статьи является получение математического выражения формы провеса жесткой конвейерной ленты с шарниром в своей конструкции, что позволит выявить закономерности его прохождения через поддерживающий ролик. Рассматривается плоская задача.

Изложение материала и результаты. С целью установления особенностей контактирования металлических шарниров с роликоопорами, определим упругую линию части конвейерной ленты, имеющей шарнирное соединение (рис. 1). При определении упругой линии выделенной части конвейерной ленты, предположим, что она обладает поперечной жесткостью EJ и ее можно рассматривать как составную балку на трех опорах с шарниром в точке D , которая находится в непосредственной близости от роликоопоры. Балка нагружена равномерно распределенной по длине нагрузкой интенсивностью q (рис. 2).

Разбив выделенную часть ленты на участки, запишем выражения для изгибающих моментов, углов поворота и прогибов.

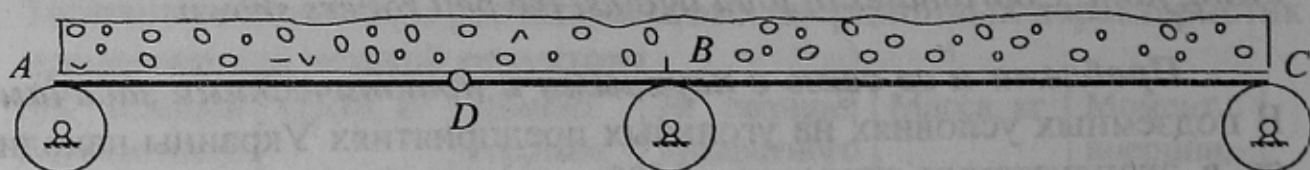


Рис. 1 – Схема конвейерной ленты с шарнирным соединением в точке D

Участок AD ($0 \leq x \leq l - a$).

$$M_1(x) = R_A x - \frac{1}{2} q x^2 + M_A,$$

$$EJ\theta_1(x) = \frac{1}{2} R_A x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + M_A x + C_1, \quad (1)$$

$$EJy_1(x) = \frac{1}{6} R_A x^3 - \frac{1}{24} q x^4 + \frac{1}{2} M_A x^2 + C_1 x + C_2.$$

Участок DB ($0 \leq x \leq a$).

$$M_2(x) = -Y_D x - \frac{1}{2} q x^2,$$

$$EJ\theta_2(x) = -\frac{1}{2} Y_D x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + C_3, \quad (2)$$

$$EJy_2(x) = -\frac{1}{6} Y_D x^3 - \frac{1}{24} q x^4 + C_3 x + C_4.$$

Участок BC ($a \leq x \leq l + a$).

$$M_3(x) = -Y_D x - \frac{1}{2} q x^2 + R_B x,$$

$$EJ\theta_3(x) = -\frac{1}{2} Y_D x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + \frac{1}{2} R_B x + C_5, \quad (3)$$

$$EJy_3(x) = -\frac{1}{6} Y_D x^3 - \frac{1}{24} q x^4 + \frac{1}{6} R_B x + C_5 x + C_6.$$

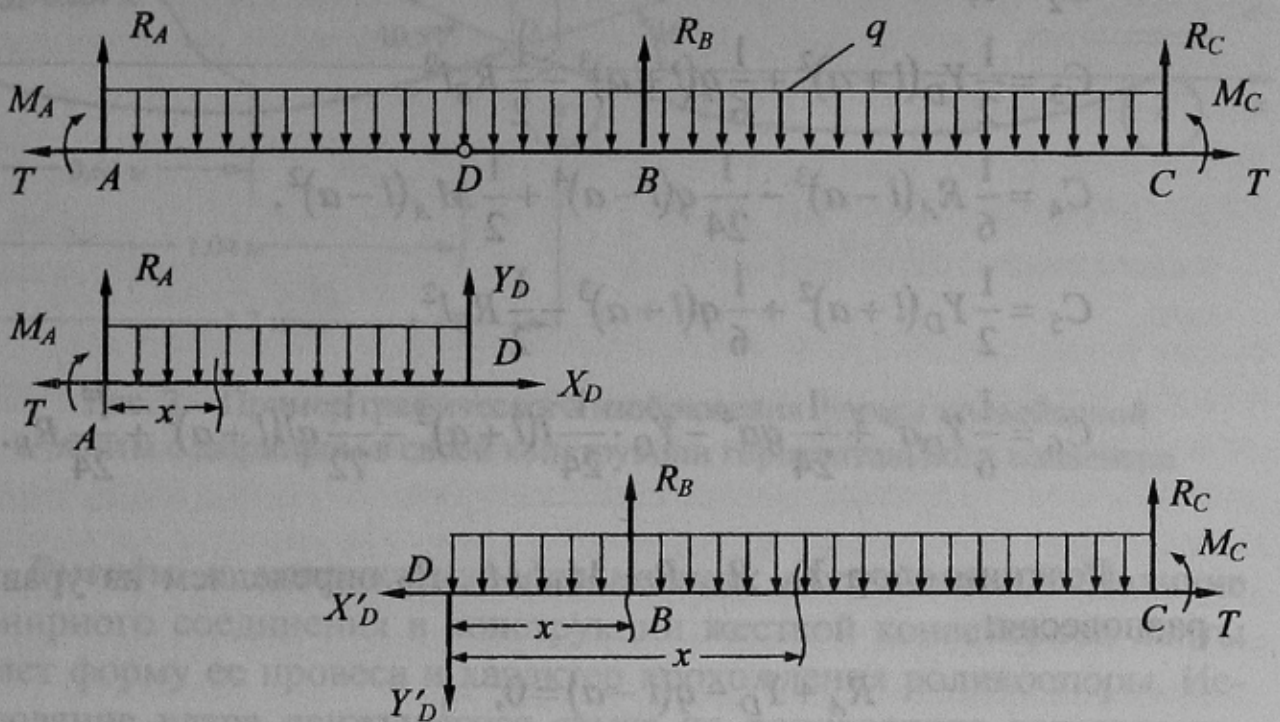


Рис. 2 - Расчетная схема для определения формы конвейерной ленты

В уравнениях (1), (2), (3) введены обозначения:

$M_1(x)$, $M_2(x)$, $M_3(x)$ – изгибающие моменты, Н·м;

$\theta_1(x)$, $\theta_2(x)$, $\theta_3(x)$ – углы поворота, рад;

$y_1(x)$, $y_2(x)$, $y_3(x)$ – прогибы, м;

M_A – изгибающий момент в сечении A, Н·м;

R_A , R_B , Y_D – реакции опор, Н;

l – расстояние между роlikоопорами, м;

a – расстояние от шарнира D до роlikоопоры, м;

C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , C_5 , C_6 – постоянные интегрирования.

Для определения постоянных, входящих в уравнения (1), (2), (3) запишем граничные условия для участков ленты AD, DC и BC.

$$\begin{aligned}
 y_1(0) &= 0, \quad \theta_1(0) = 0 \text{ при } l \gg a, \\
 y_2(0) &= y_1(l-a), \quad y_2(a) = 0, \quad y_3(a) = 0, \\
 y_3(l+a) &= 0, \quad \theta_3(l+a) = 0, \quad \theta_2(a) = \theta_3(0).
 \end{aligned} \tag{4}$$

Из граничных условий (4) находим

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 0, \\
 C_2 &= 0, \\
 C_3 &= \frac{1}{2} Y_D (l+a)^2 + \frac{1}{6} q (l+a)^3 - \frac{1}{2} R_B l^2, \\
 C_4 &= \frac{1}{6} R_A (l-a)^3 - \frac{1}{24} q (l-a)^4 + \frac{1}{2} M_A (l-a)^2, \\
 C_5 &= \frac{1}{2} Y_D (l+a)^2 + \frac{1}{6} q (l+a)^3 - \frac{1}{2} R_B l^2, \\
 C_6 &= \frac{1}{6} Y_D a^3 + \frac{1}{24} q a^4 - Y_D \cdot \frac{1}{24} l (l+a)^2 - \frac{1}{72} q l (l+a)^3 + \frac{l^3}{24} R_B.
 \end{aligned} \tag{5}$$

Реакции опор $Y_D, R_A, R_C, M_A, M_C, R_B$ определяем из уравнений равновесия:

$$\begin{aligned}
 R_A + Y_D - q(l-a) &= 0, \\
 M_A + R_A(l-a) - q \frac{(l-a)^2}{2} &= 0, \\
 -Y_D - q(l+a) + R_B + R_C &= 0, \\
 -Y_D(l+a) - q \frac{(l+a)^2}{2} + R_B l - M_C &= 0
 \end{aligned} \tag{6}$$

и граничных условий

$$y_2(a) = 0, \quad y_3(l+a) = 0.$$

Результаты расчетов по выражениям (1)-(6) для жесткости ленты $EJ = \frac{ql^3}{16}$ и шаге роlikоопор 1,2 м приведены на рис. 3.

Из результатов расчетов, приведенных на рис. 3 следует, например, что шарнир, находясь на расстоянии 0,1 м от роlikоопоры, возвышается над ней, имея координату $Y_D = 0,017$ м. Возвышение шар-

нира над роlikоопорой не позволяет обеспечить его прохождение над последней без удара.

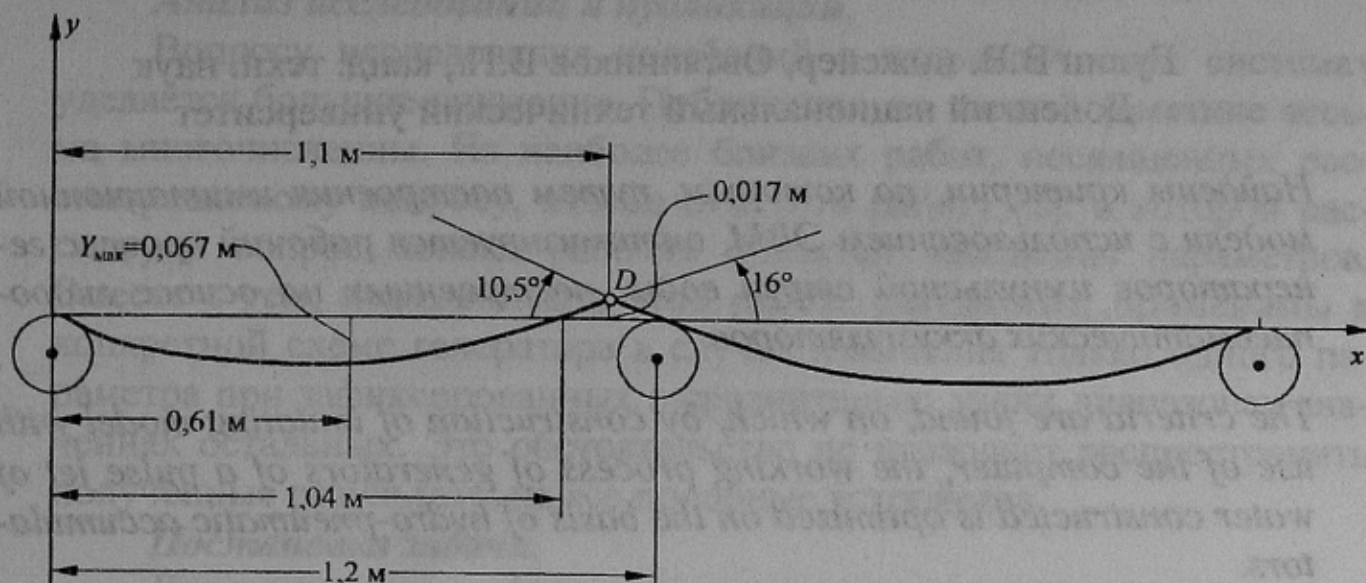


Рис. 3 – Пример графического изображения формы конвейерной ленты с шарниром в своей конструкции горизонтального конвейера

Выводы и направление дальнейших исследований. Наличие шарнирного соединения в конструкции жесткой конвейерной ленты меняет форму ее провеса и характер прохождения роlikоопоры. Исследование удара движущегося стыка по роlikоопоре является направлением дальнейших исследований.

Список источников

1. Высочин Е.М., Завгородний Е.Х., Заренков В.И. Стыковка и ремонт конвейерных лент на предприятиях черной металлургии. –М.: Металлургия, 1989. -192 с.
2. Реутов А.А. Разработка методов расчета и проектирования соединений лент конвейеров горных предприятий /Автореферат. Брянск, 2000. -36 с.
3. Котов М.А. Григорьев Ю.И., Шконда В.В. Зарубежный опыт стыковки конвейерных лент на угольных шахтах: тематический обзор. –М.: ЦНИЭИуголь, 1986. -44 с.
4. Чугреев Л.И., Джилиев И.А. Стыковые соединения. –М.:МГИ, 1991. – 116 с.
5. Скворцов А.М., Кроль В.А. (ДонУГИ). Совершенствование стыковки конвейерных лент //Уголь Украины. 1981. №9. С. 28-32.
6. Шлаар Г. Неразъемные соединения резинотканевых конвейерных лент //Глюкауф. 1987. №7. С.20-22.

Дата поступления статьи в редакцию: 25.10.06