

Другим недостатком кинематической схемы механизма передвижения грузовой тележки является одностороннее расположение приводных колес, что приводит к забеганию колес одного рельса относительно другого. Из восьми опорных колес тележки приводными являются только два колеса. Это приводит к уменьшению сцепного веса, увеличения пути разгона и торможения тележки, что неблагоприятно сказывается на работе тележки и линии в целом.

Механизм передвижения тележки следует доработать, обеспечив возможность плавного регулирования скорости при выезде на стрелку, увеличение числа приводных колес тележки.

С целью исключения несанкционированных действий персонала, обслуживающего линию развозки металла, целесообразно оборудовать линию фискальным контролем.

### **Литература**

1. Михеев, В.В. Специальные краны / В.В. Михеев, В.Т. Власов. – Мариуполь, 2004. – 422 с.

УДК 621.867.2

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ С ЦЕЛЬЮ ВЫРАВНИВАНИЯ НАГРУЗКИ МЕЖДУ НИМИ**

*Прушак В.Я., Миранович О.Л.*

**ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения  
с опытным производством», Республика Беларусь**

### **Введение**

Неравномерное распределение нагрузки между рядами скоб приводит к ограничению прочности и долговечности стыкового соединения, необходимости устанавливать дополнительные «страхующие» ряды скоб, что увеличивает трудозатраты на стыковку. Прочность стыковых соединений с П-образными скобами составляет около 70 % прочности ленты. Поэтому выравнивание нагрузки между рядами скоб конвейерной ленты является важной и актуальной задачей.

Аналитические исследования параметров соединения элементов конвейерной ленты

Рассмотрим возможность выровнять нагрузку между рядами скоб при отсутствии клеевого соединения. Целью выравнивания нагрузки является повышение несущей способности соединения с заданным числом рядов или заданным числом скоб за счет нагружения элементов соединения близкого предельно допустимому. При этом задача выравнивания нагрузки может быть представлена в оптимизационной и алгебраической постановках.

Задача оптимизации заключается в поиске оптимальных значений параметров соединения  $M_k$ ,  $I_{mi}$ ,  $d_k$  и  $l_i$ , обеспечивающих экстремум целевой функции, например, при заданных ограничениях  $\sigma_i < [\sigma]$ ,  $S_{mi} < [S_C]$ . При условии, что усилия, возникающие в упругих элементах соединения  $X_1, X_2, \dots, X_{N_p}$  одинаковы, математическая модель примет вид

$$\left. \begin{aligned} F &= \Omega_1 \sum_i \sum_j (\sigma_i - \sigma_j)^2 + \Omega_2 \sum_i \sum_j \sum_m \sum_k (S_{mi} - S_{kj})^2; \\ X_i N_p &= P, \\ X_1 \left[ -C_1 + \sum_{j=2}^k \sum_{i=1}^{j-1} (\delta_{1i} + \delta_{2i}) + (N_p - k) \sum_{i=1}^{k-1} (\delta_{1i} + \delta_{2i}) + C_k \right] &= P \sum_{i=1}^{k-1} \delta_{2i}; \\ C_k &= C_1 - \sum_{j=2}^k \sum_{i=1}^{j-1} (\delta_{1i} + \delta_{2i}) - (N_p - k) \sum_{i=1}^{k-1} (\delta_{1i} + \delta_{2i}) + N_p \sum_{i=1}^{k-1} \delta_{2i}, \\ &k = 2, 3, \dots, N_p \end{aligned} \right\}, (1)$$

где  $M_k$  – число скоб в  $k$ -м ряду,

$I_{mi}$  – число прокладок на участке  $i$  ленты  $m$ -го конца,

$d_k$  – диаметр ножек скоб  $k$ -го ряда,

$l_i$  – расстояние между  $i$  и  $i+1$  рядами скоб, мм,

$\sigma_i$  – наибольшие нормальные напряжения в скобах  $i$ -го ряда,

$[\sigma]$  – допускаемые нормальные напряжения в скобах,

$S_{mi}$  – наибольшие контактные напряжения взаимодействия скобы  $i$ -го ряда с  $m$ -м концом ленты,

$\Omega_1, \Omega_2$  – весовые коэффициенты,  
 $P$  – растягивающее усилие, Н,  
 $C_k$  – податливость  $k$ -го ряда скоб, м/Н.

При заданном числе скоб  $M_O$  к варьируемым параметрам следует добавить число рядов  $N_P$ , а к ограничениям – условие  $\sum_k M_k = M_O$ .

Из формулы (1), 4-я формула, следует, что равномерное распределение нагрузки между рядами можно осуществить путем уменьшения податливости, внутренних рядов скоб по сравнению с крайними рядами. Так для пятирядного симметричного стыка ( $\delta_{11} = \delta_{21} = \delta_{14} = \delta_{24}$ ) и ( $\delta_{12} = \delta_{22} = \delta_{13} = \delta_{23}$ ) податливости рядов скоб должны быть следующими:

$$C_2 = C_4 = C_1 - 3\delta_{11}, C_3 = C_1 - 3\delta_{11} - \delta_{12}, C_5 = C_1.$$

При одинаковых участках ленты между рядами скоб ( $\delta_{mi} = \delta_{mj}$  и  $m = 1, 2, k = 2, 3, \dots, N_P$ ) необходимая податливость каждого ряда скоб определяется формулой

$$C_k = C_1 - \left[ 2 \sum_{j=2}^k (k-j+1) + (N_P - 2k)(k-1) \right] \delta_{11}, \quad (2)$$

Согласно формуле (2) для восьмирядного соединения необходимы следующие податливости рядов

$$C_2 = C_7 = C_1 - 6\delta_{11}, C_4 = C_5 = C_1 - 12\delta_{11}, C_3 = C_6 = C_1 - 10\delta_{11}, C_8 = C_1$$

Формула (2) и приведенные расчеты показывают, что с увеличением числа рядов в соединении разность податливостей средних и крайних рядов скоб также должна увеличиваться. Однако, полное выравнивание нагрузки между рядами возможно только для соединений, число рядов которых  $N_P$  удовлетворяет неравенству

$$N_1(N_P-1) = 2N_1 + 2 \left\langle \frac{C_1}{\delta_{11}} \right\rangle, \quad (3)$$

где  $N_1 = \frac{N_P}{2}$  для четных  $N_P$  и  $N_1 = \frac{N_P+1}{2}$  для нечетных  $N_P$ .

Изменение податливости рядов скоб целесообразно осуществить изменяя диаметр проволоки скоб, оставляя при этом неизменным число скоб в ряду. Это позволяет выравнять нагрузку не только между рядами, но и между отдельными скобами.

Диаметр проволоки для скобы  $k$ -го ряда определим следующим образом:

$$d_k = \left\{ \frac{2 k_g H_1^3}{3\pi E_c M_k} \left/ \left[ C_{1-2} \delta \sum_{j=2}^k (k-j+1) - \delta(N_P-2k)(k-1) \right] \right\}^{0,25}. \quad (4)$$

Параметры клеемеханических соединений, обеспечивающие выравнивание усилий и в скобах, и в клее, определяются системой уравнений

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^{N_P} \left( \frac{C_i}{C_{ni}} + 1 \right) &= N_P, \\ C_k - C_1 + \sum_{j=2}^k \left( \frac{C_j}{C_{nj}} + 1 \right) \sum_{i=1}^{j-1} (\delta_{1i} + \delta_{2i}) + \sum_{j=k+1}^{N_P} \left( \frac{C_j}{C_{nj}} + 1 \right) \sum_{i=1}^{k-1} (\delta_{1i} + \delta_{2i}) &= N_P \sum_{i=1}^{k-1} \delta_{2i}, \\ \sum_{i=1}^{N_P} \left( \frac{C_{ni}}{C_i} + 1 \right) &= N_P, \\ C_{nk} - C_{n1} + \sum_{j=2}^k b_j \sum_{i=1}^{j-1} (\delta_{1i} + \delta_{2i}) + \sum_{j=k+1}^{N_P} b_j \sum_{i=1}^{k-1} (\delta_{1i} + \delta_{2i}) &= N_P \sum_{i=1}^{k-1} \delta_{2i}, \\ k &= 2, 3, \dots, N_P \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

Выравнивание нагрузки между одинаковыми рядами скоб определяется соотношением податливостей участков ленты

$$\sum_{j=2}^k \sum_{i=1}^{j-1} \delta_{1i} + (N_P - k) \sum_{i=1}^{k-1} \delta_{1i} = k \sum_{i=1}^{k-1} \delta_{2i} - \sum_{j=2}^k \sum_{i=1}^{j-1} \delta_{2i}, \quad (k = 2, 3, \dots, N_P).$$

После преобразований уравнение принимает вид

$$\frac{\delta_{1i}}{\delta_{2i}} = \frac{i}{N_P - i}, (i = 1, 2, \dots, N_P - 1). \quad (6)$$

Выразим податливость через число прокладок  $I_{1i}, I_{2i}$   $i$ -го участка

$$\frac{I_{1i}}{I_{2i}} = \frac{N_P - i}{i}, (i = 1, 2, \dots, N_P - 1). \quad (7)$$

Если один конец ленты разделан ступенчато ( $I_{2i} = i$ ), то для выравнивания нагрузки другой конец также должен быть ступенчатым, причем, симметрично первому

$$I_{1i} = (N_P - i).$$

### Заключение

1. Число участков ленты, нагрузка между которыми выровнена, не может превышать число прокладок цельной ленты. Поэтому у многорядных соединений на каждом таком участке может размещаться несколько рядов скоб. При этом выровнять нагрузку между рядами скоб каждого участка возможно изменяя диаметр проволоки скоб.

2. Выравнивание нагрузки между отдельными скобами невозможно при одинаковой податливости участков лент между рядами. Проведенные исследования показали, что обеспечить полное выравнивание усилий, воспринимаемых скобами, и усилий взаимодействия скоб с лентой при разделанных или неразделанных концах лент, варьируя только  $M_k, I_{mi}, d_k$  невозможно. Либо скобы, либо концы лент, либо те и другие будут нагружены несоответственно их прочности. Большая часть скоб останется недогруженной до предельных напряжений.

3. Разделка концов лент в связи с ограниченным числом прокладок может быть использована для выравнивания нагрузки между группами рядов при условии, что прочность разделанных концов достаточна для длительного сопротивления прорыванию скобами прокладок.

4. Существенно уменьшить неравномерность распределения нагрузки можно применением двух или трех типоразмеров скоб

с податливостями, определяемыми формулой (2) при  $k = 2, 3$ . Так применение в стыковых соединениях вместо одного двух типоразмеров скоб позволяет уменьшить величину наибольшего усилия в 1,1 – 1,25 раза, трех типоразмеров в 1,15 – 1,35 раза и соответственно увеличить несущую способность соединения на 20 % – 40 %.

### Литература

1. Инструкция по выбору, монтажу и эксплуатации конвейерных лент. – М.: НИИРП, 1981. – 75 с.
2. Конвейерные ленты / Ф.А. Махлис [и др.]; под общ. ред. Ф.А. Махлиса. – М.: Химия, 1991. – 169 с.
3. Соппротивление материалов / Г.С. Писаренко [и др.]; под общ. ред. Г.С. Писаренко. – Киев: Вища школа, 1973. – 672 с.
4. Малинин, Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести / Н.Н. Малинин. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
5. Исследование прочности и деформативности клеевых соединений конструкционных строительных материалов / А.С. Фрейдин [и др.]; под общ. ред. А.С. Фрейдина. – М.: Стройиздат, 1975. – 71 с.

УДК 621.87

## ПНЕВМОКОНТЕЙНЕРНОЕ ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ

*Савицкий В.П., канд. техн. наук, доцент*

### **Белорусский национальный технический университет (г. Минск, Республика Беларусь)**

*При устойчивом грузопотоке сыпучих грузов на расстояние порядка 50 км. альтернативой автосамосвалам может быть двухтрубная пневмоконтейнерная установка, с использованием которой обеспечивается безусловный экономический эффект. В то же время проектирование такой установки связано с решением задачи, имеющей несколько переменных и весьма важно саму установку оптимизировать с целью повышения эффективности работы.*

Повышение эффективности работы пневмоконтейнерной двухтрубной установки возможно при использовании программы