УДК 679.7.053

Л.А. Туркеничева

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВИВКИ КАНАТА С НЕРАВНОМЕРНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ НАТЯЖЕНИЕМ ПРЯДЕЙ

Семинар № 16

р азвитие основных отраслей промышленности невозможно без применения стальных канатов. Стальные канаты используются при добыче нефти, газа, строительстве промышленных сооружений и жилых зданий. Специальные конструкции канатов нашли широкое применение на морских судах и в В горнодобывающей авиации. промышленности стальные являются основным тяговым и подъемным звеном шахтных подъемных установок. К подъемным канатам шахтным специфических предъявляется ряд требований, обусловленных условиями эксплуатации технологическими ограничениями, предъявляемыми шахНяхинвоетвеоднеминаецисаваны] должны обладать как можно большей долговечностью, но в первую очередь они должны обеспечивать необходимые условия безопасной работы шахтного подъема.

При выборе конструкции каната необходимо учитывать те условия, в которых канат будет эксплуатироваться. Надежность работы стального каната определяется правильным выбором его типа и конструкции, методом изготовления, качеством исходных материалов, параметрами свивки, принятыми запасами прочности и другими факторами.

В многослойных канатах, широко используемых в настоящее время в промышленности, неравномерное технологическое натяжение проволок и прядей оказывает большое влияние на параметры свивки каната. Для получения заданных параметров свивки, нужно чтобы технологическое натяжение проволок в каждом слое было одинаковым, но разным по слоям [2].

Для изготовления качественного каната с заданными параметрами свивки технологическое натяжение его элементов должно иметь оптимальную величину и поддерживать ее на протяжении всего времени работы канатовьющей машины.

Целью работы является определение зависимостей параметров свивки каната от величины технологического натяжения прядей.

При рассмотрении винтовой оси пряди можно уподобить ее оси проволоки в многослойном спиральном канате. Поэтому пространственные деформации прядей определяются таким же образом, как для проволок в спиральном канате.

При неравномерном технологическом натяжении проволок (прядей) в канате возникает дополнительный изгибающий момент, под действием которого проволоки подвергаются упругопластическим деформациям изгиба и кручения.

Главный момент можно представить в виде произведения главного вектора сил натяжения \overline{T} на радиус винтовой линии R.

$$\overline{L}_p = \overline{T} \times R$$

где
$$R = \frac{h}{2\pi} \cdot \text{tg } \alpha$$
; $h - \text{шаг свивки каната}$; α

- угол свивки каната.

Для определения нагрузок, действующих на элементы каната, со стороны канатовьющей машины, выделяют винтовую линию S_B на круглом базисном цилиндре,

образуемую проволокой при свивке в канат (рис. 1). Вводят неподвижную систему декартовых координат с осями X, Y, Z и подвижную систему координат, имеющую оси b, n, t [3]. Ось X, неподвижной системы координат совпадает с осью каната, а оси У, Z, располагаются в его поперечном сечении. Подвижная система координат связана с винтовым элементом S_B спирального каната. Ось t является касательной к винтовому элементу S_R , а оси n и b соответственно нормалью и бинормалью.

Проекция главного вектора сил натяжения на оси b, t дает изгибающий L_b и крутящий L_t моменты, действующие на проволоки каната:

$$L_b = T \cdot \frac{h}{2\pi} \cdot \sin \alpha \tag{1}$$

$$L_t = T \cdot \frac{h}{2\pi} \cdot \lg \alpha \cdot \sin \alpha \tag{2}$$

Проекция момента на ось n равна нулю

$$L_n = 0$$
, так как $\frac{\mathrm{d}\alpha}{\mathrm{d}S_{\perp}} = 0$.

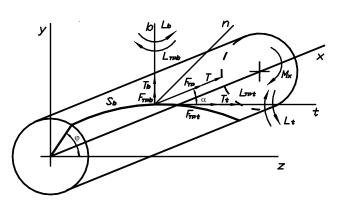
При деформации проволоки в центральной части ее поперечного сечения образуется упругое ядро, имеющее форму эллипса. В остальных областях материал проволоки деформируется пластически [4, 5].

При изменении главного изгибающего момента, возникающего при неравномерном натяжении проволок, изменяются изгибающий и крутящий моменты и соответственно кривизна и кручение. Продифференцируем выражения (1) и (2) по T и α .

$$dM_b = T \cdot \frac{h}{2 \cdot \pi} \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha + \frac{h}{2 \cdot \pi} \cdot \sin \alpha \cdot dT \quad (3)$$

$$dM_{t} = T \cdot \frac{h}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{\sin \alpha \cdot (1 + \cos^{2} \alpha)}{\cos^{2} \alpha} \cdot d\alpha + \frac{h}{2 \cdot \pi} \cdot \lg \alpha \cdot \sin \alpha \cdot dT$$

$$(4)$$



Выбор системы координат

При свивке каната с включенным механизмом открутки, деформация кручения прядей становится незначительной и для практических расчетов ею можно пренебречь.

Длина проволок (прядей), свиваемого каната, согласно [6] равна:

$$L = \frac{n_1 h}{\cos \alpha} \tag{5}$$

где n_1 – число шагов свивки каната.

Изгибающий момент внутренних сил, возникающий при деформации прядей, определяется по формуле [4]:

$$L_b = \left[m \sum_{i=1}^n E \cdot J + B_{\text{H}} \right] \cdot \kappa \tag{6}$$

где $B_{\rm u}$ — изгибная жесткость сердечника; m — число прядей в канате.

При определении момента L_b в формуле (6) учитываются только деформации в зоне упругости материала проволок. Для учета пластических деформаций поволок, связанных с изгибом, используем поправочный коэффициент ξ к изгибной жесткости.

$$L_b = [m + \sum_{i=1}^n E \cdot J + B_{ii}] \cdot \kappa \tag{7}$$

Поправочный коэффициент ξ на пластические деформации можно взять по Стефану [6].

$$\xi = \frac{2}{\pi} \left[\arcsin y' + \frac{5}{3} y' \sqrt{1 - y'^2} \left(1 + \frac{2}{5} y'^2 \right) \right]$$
 (8)

где
$$y' = \frac{\sigma_{\scriptscriptstyle T}}{\sigma_{\scriptscriptstyle V\!\Pi\!P}}$$
; $\sigma_{\scriptscriptstyle V\!\Pi\!P} = r \cdot E \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{R}$;

 $\sigma_{_{\!\!\textit{VIIP}}}$ - максимальные напряжения в идеально-упругой проволоке; r - радиус проволоки

Продифференцируем выражение по κ :

$$dL_b = [m \cdot \xi \sum_{i=1}^n E \cdot J + B_{ii}] \cdot d\kappa$$
 (9)

Приравнивая выражения (3) и (9) и решая их относительно α , получим: $d\alpha =$

$$= -\frac{h^2 \sin \alpha dT}{T \cdot h^2 \cos \alpha - 4\pi^2 \cos 2\alpha \left(m \xi \sum_{i=1}^n EJ + B_H \right)}$$
 (10)

Проинтегрируем выражение (10):

$$\alpha = \operatorname{tg} \alpha \cdot \ln \left| \begin{array}{l} \mathbf{T} \cdot \mathbf{h}^{2} \cos \alpha - 4\pi^{2} \cos 2 \cdot \alpha \times \\ \times \left(m \cdot \xi \sum_{i=1}^{n} E \cdot J + B_{H} \right) \end{array} \right| + C_{H} \quad (11)$$

Полученная формула (11) позволяют определять угол свивки каната. С учетом угла свивки каната можно определять радиус свивки и длину прядей в канате, изготовленным с неравномерным технологическим натя-жением.

Полученные зависимости имеют важное практическое значение, так как позволяет исследовать влияние технологического натяжения на процесс формирования каната

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Букштейн М.А.* Производство и использование стальных канатов. М.: «Металлургия», 1973
- 2. Туркеничева Л.А. Основные пути повышения долговечности стальных канатов// Состояние и перспективы развития Восточного Донбасса: Сб. науч. тр.: В 2 ч. Ч.1./ Шахтинский институт ЮРГТУ. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. С. 283 286.
- 3. *Глушко М.Ф.* Стальные подъемные канаты. Киев: Техника, 1966.
- 4. Пономарев С.Д. Упругопластические расчеты в связи с холодной навивкой цилин-дрических

- пружин. Труды МАИ, вып.17, 1952, с. "Оборонгиз".
- 5. Рыжиков В.А., Туркеничева Л.А. Определение параметров свивки каната с неравномерным технологическим натяжением проволок// История становления и развития науки в Шахтинском институте ЮРГТУ (НПИ): Сб. науч. тр./ Шахтинский ин-т ЮРГТУ, ЮРГТУ, Новочеркасск 2003, С. 128 132.
- 6. *Рыжиков В.А.* Натяжные устройства канатовьющих машин / Новочерк. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: НГТУ, 1994.

Коротко об авторах

 $Туркеничева\ Л.А.$ – ст. преподаватель кафедры «Механика и триботехника», Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасский политехнический институт).

