УДК 622.673.1

К.В. ПАНЧЕНКО, НГУ, Днепропетровск

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ НАМОТКИ РЕЗИНОТРОСОВОГО КАНАТА ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Наведено методику визначення напружено-деформованого стану багатошарової намотки гумотросового каната шахтної підйомної установки.

The technique of definition the is intense-deformed condition of multilayered winding rubber rope of mine hoisting equipment

Актуальность работы. В настоящее время возникла необходимость создания мощных подъемников на глубины свыше 1500 м. Специалисты НГУ, «Кривбасспроекта», НКМЗ предложили в качестве тягового органа резинотросовые ленты и канаты (РТЛ, РТК) с плотной упаковкой, которые при концевом грузе до 160т позволяют обеспечить вертикальный подъем груза до 1700 м при ширине ленты 1,65 м. Л.В. Колосов и его последователи теоретически и практически обосновали создание бобинных подъемных установок с РТК и таких же установок со шкивами трения для вертикальных шахт, карьеров и морской добычи.

В бобинном подъеме присутствует многослойная намотка резинотросового каната - новый неизученный элемент подъемной установки с большой податливостью, обусловленой резиной ленты и ссостоящей из деформаций сдвига, скручивания и обжатия витков РТЛ. Появление такой податливости может привести к негативным явлениям в рабочих и аварийных режимах работы бобинного подъемника, а именно: разрушению каната, бобины или реборд от нагрузки, вызванной многослойной намоткой под рабочим натяжением каната в бобине, а также потере устойчивости троса в ленте, слоя самой ленты и всего тела намотки.

Современное состояние вопроса. Многослойная намотка широко используется при производстве композиционных материалов, химических волокон, бумаги, магнитной ленты, кинопленки, в электро- и радиотехнике, текстильной промышленности и т.д. Однако существующие теории намотки нитки и изотропной ленты не могут быть применены к намотке резинотросового каната, поскольку влияют особенности его строения.

Прикладные теории многослойных анизотропных оболочек (работы С. А. Амбарцумяна, В. Л. Бидермана, К. З. Галимова, Э. И. Григолюка, Я. М. Григоренко, А. П. Прусакова и многих других) невозможны из-за специфики нагрузки и условий закрепления тела наматывания в отличие от типовых многослойных оболочек, например, баллонов шин.

Известны также подходы Ю.М. Тарнопольского и Б.С. Ковальского, недостатки которых в том, что многослойная намотка рассматривалась как одномерная задача, без учета зависимости жесткостных характеристик слоев намотки от общего числа слоев и места расположения слоя в намотке. При этом допускалось продольное сжатие троса.

Конструкция РТК имеет волокнистую структуру, состоящую из материалов существенно различных физико-механических свойств, что затрудняет создание математической модели тела намотки.

Цель работы – определение напряженно-деформированное состояния многослойной намотки резинотросового каната шахтной подъемной установки.

Для исследования напряженно-деформированного состояния многослойной намотки резинотросовой ленты применим подход, аналогичный работам Ю.М. Тарнопольского и Б.С. Ковальского [1,2], который заключается в последовательном надевании замкнутых предварительно растянутых колец.

Постановка задачи. Определим значение натяжения $T_{t;}$. и давления $Q_{i,j}$ в теле намотки (рис. 1) от таких параметров:

- коэффициента стесненности $f_{i,j}$ (учитывает краевой эффект при контакте резинотросовой ленты с поверхностью органа намотки);
- закона изменения нагрузок χ_j;
- общего количества витков *N;*
- коэффициента анизотропии ω (характеризуется отношением моду лей упругости в направлении намотки E_θ и в радиальном направлении E_r [2]). Для существующих резинотросовых лент коэффициент анизотропии находится в диапазоне $58 < \omega < 65$.

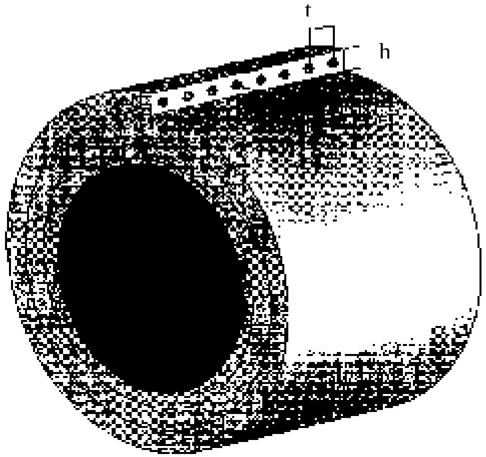

Рис. 1. Модель многослойной намотки резинотросового каната

Принятые допущения:

- бобинная намотка ленты представлена в виде последовательного надевания друг на друга колец конечной толщины;
- натяжение троса не изменяется в пределах слоя ленты;
- между тросами смежных участков слоев ленты радиальное давление в резине постоянно;
- при надевании колец значения перемещений и напряжений суммируются.

В исследованиях использован закон Гука для натяжения троса

$$T_{i,j} = B_{тр} \cdot E_{рез} \cdot h \cdot t \cdot m \cdot \frac{u_{i,j} + U_i}{r_i}, \qquad (1)$$

где r_i – радиус средней линии i-го слоя; U_i – первоначальное перемещение i-го слоя; $E_{рез}$ – модуль упругости резины; $B_{тр}$J коэффициент продольной жесткости слоя пакета РТЛ; m J общее количество тросов; t J шаг тросов в ленте; h – толщина ленты; $u_{i,j}$ – перемещение i-го слоя во время наматывания j-го слоя.

В связи с высокой податливостью тела намотки в поперечном направлении с каждым последующим витком под действием усилия натяжения лежащие ниже слои в радиальном направлении деформируются. Радиальное давление на двух смежных полуслоях постоянное. Так, при надевании первого кольца на жесткую оправку давление внешней границы кольца равно нулю, а внутренней границы кольца и оправки – по закону Гука

$$q_{1,j} = -\frac{u_{1,j} \cdot B_{i,j} \cdot E_{рез}}{0{,}5 \cdot h}, \qquad (2)$$

где $B_{i,j} = B_n \cdot f_{i,j}$ J коэффициент поперечной жесткости слоя РТЛ [3, 4]; B_n J коэффициент поперечной жесткости пакета, учитывающий только геометрию конструкции и физико-механические свойства компонентов; f_{ij} J коэффициенты стесненности слоя РТЛ в поперечном направлении, который учитывает краевой эффект при контакте РТЛ с поверхностью органа намотки (коэффициент увеличения радиальной жесткости i-го витка при намотке j-го витка) [3, 4].

Для всего тела намотки закон Гука имеет вид

$$q_{i,j} = B_{i,j} \cdot E_{рез} \cdot \frac{u_{i-1,j} - u_{i,j}}{h}, \qquad (3)$$

Запишем уравнение равновесия для тела намотки:

$$\frac{T_{j,j}}{m \cdot t} = q_{j,j} \cdot r_{j-0{,}5}, \qquad \text{при } i = j \qquad (4)$$

$$\frac{T_{i,j}}{m \cdot t} = q_{i,j} \cdot r_{i-0{,}5} - q_{i+1,j} \cdot r_{i+0{,}5} \qquad \text{при } i = 1,\ldots, j-1.$$

Перейдем к безразмерным приведенным величинам:

$^{\circ}_i = \dfrac{r_i}{R_o}$ – радиус срединной линии i-го слоя, где R_0 - радиус барабана;

$D_{\partial} = \dfrac{2 \cdot R_o}{d}$ – диаметр обечайки;

$¢ = \dfrac{h}{R_o}$ – толщина слоя;

$^{2}{}_{i,j} = \dfrac{T_{i,j}}{m \cdot T_o}$ – натяжение троса;

$\overline{\ }_{i,j} = \dfrac{q_{i,j} \cdot t \cdot R_o}{T_o}$ – давление на i-го слоя от намотки j-го слоя;

$^{3}{}_{i,j} = \dfrac{u_{i,j} \cdot B_n \cdot E_{рез} \cdot R_o \cdot t}{T_o \cdot h}$ – перемещение /-го слоя;

Обозначим $\xi = \omega^2 \cdot \delta^2$ – объединяет в себе понятия тонкостенности и конструктивной анизотропии.

Тогда основные уравнения (1 – 4) примут вид:

- закон Гука в продольном направлении

$$^{2}{}_{j,j} = ì_j, \qquad ^{2}{}_{i,j} = ¸ \cdot \frac{^{3}{}_{i,j} + \Pi_i}{^{\circ}_i} \qquad (5)$$

где χ_i J коэффициент уменьшения натяжения;
Π_i – приведенное первоначальное перемещение i-го слоя;

- закон Гука в радиальном направлении

$$\overline{\ }_{1,j} = -2 \cdot f_{1,j} \cdot {}^{3}{}_{1,j}, \qquad \overline{\ }_{1,j} = -2 \cdot f_{1,j} \cdot ({}^{3}{}_{i-1,j} - {}^{3}{}_{i,j}); \qquad (6)$$

- уравнение равновесия

$$^{2}{}_{j,j} = \overline{\ }_{i,j} \cdot {}^{\circ}{}_{i-0{,}5} - \overline{\ }_{i+1,j} \cdot {}^{\circ}{}_{i+0{,}5} \qquad (7)$$

$$^{2}{}_{j,j} = {}^{-}{}_{j,j} \cdot {}^{\circ}{}_{j-0,5}.$$

Рассмотрим основные формулы для надевания первых четырех колец:

Первое кольцо:

По закону Гука в продольном направлении для этого кольца выполняется соотношение $^{2}{}_{1,1} = \text{i}_{1}$.

Из условия равновесия следует

$$^{-}{}_{1,1} = \frac{\text{i}_{1}}{^{\circ}{}_{1-0,5}}.$$

Из закона Гука в радиальном направлении получим:

$$^{3}{}_{1,1} = \frac{-{}^{-}{}_{1,1}}{2 \cdot f_{1,1}}.$$

Из закона Гука в продольном направлении найдем приведенное первоначальное перемещение первого кольца:

$$\Pi_{1} = \frac{^{2}{}_{1,1} \cdot {}^{\circ}{}_{1}}{\P} - {}^{3}{}_{1,1}.$$

Второе кольцо:

По закону Гука в продольном направлении для этого кольца выполняются соотношения

$$^{2}{}_{2,2} = \text{i}_{2}, \qquad ^{2}{}_{1,2} = \P \, \frac{^{3}{}_{1,1} + \Pi_{1}}{^{\circ}{}_{1}}.$$

Из уравнения равновесия следует

$$^{2}{}_{1,2} = {}^{-}{}_{1,2} \cdot {}^{\circ}{}_{1-0,5} - {}^{-}{}_{2,2} \cdot {}^{\circ}{}_{1+0,5},$$

$$^{-}{}_{2,2} = \frac{\text{i}_{2}}{^{\circ}{}_{2-0,5}}.$$

По закону Гука в радиальном направлении приведенное давление второго кольца на первое

$$^{-}{}_{1,2} = -2 \cdot f_{1,2} \cdot {}^{3}{}_{1,2}.$$

Запишем уравнение равновесия:

$$\frac{\P \cdot ({}^{3}{}_{1,2} + \Pi_{1})}{^{\circ}{}_{1}} = -2 \cdot f_{1,2} \cdot {}^{3}{}_{1,2} \cdot {}^{\circ}{}_{1-0,5} - {}^{-}{}_{2,2} \cdot {}^{\circ}{}_{1+0,5}.$$

Приведенное перемещение второго кольца

$$^{3}{}_{2,2} = {}^{3}{}_{1,2} - \frac{^{-}{}_{2,2}}{f_{2,2}}, \qquad ^{3}{}_{1,2} = -\frac{^{-}{}_{2,2} \cdot {}^{\circ}{}_{1+0,5} + \Pi_{1} \cdot \frac{\P}{^{\circ}{}_{1}}}{2 \cdot \P \cdot f_{1,2} \cdot {}^{\circ}{}_{1-0,5} + \frac{\P}{^{\circ}{}_{1}}}.$$

Приведенное первоначальное перемещение второго кольца

$$\Pi_{2} = \frac{^{2}{}_{2,2} \cdot {}^{\circ}{}_{2}}{\P} - {}^{3}{}_{2,2}.$$

Третье кольцо:

По закону Гука в продольном направлении выполняются соотношения:

$$^{2}{}_{3,3} = \text{i}_{3}, \; ^{2}{}_{1,3} = \P \cdot \frac{^{3}{}_{1,3} + \Pi_{1}}{^{\circ}{}_{1}}, \; ^{2}{}_{2,3} = \P \cdot \frac{^{3}{}_{2,3} + \Pi_{2}}{^{\circ}{}_{2}}.$$

Из уравнения равновесия следует:

$$^{2}{}_{1,3} = {}^{-}{}_{1,3} \cdot {}^{\circ}{}_{1-0,5} - {}^{-}{}_{2,3} \cdot {}^{\circ}{}_{1+0,5},$$

$$^{2}{}_{2,3} = {}^{-}{}_{2,3} \cdot {}^{\circ}{}_{2-0,5} - {}^{-}{}_{3,3} \cdot {}^{\circ}{}_{2+0,5},$$

$$^{-}{}_{3,3} = \frac{\text{i}_{3}}{^{\circ}{}_{3-0,5}}.$$

По закону Гука в радиальном направлении приведенное давление третьего кольца на первое и второе

$$^{-}{}_{2,3} = -2 \cdot f_{1,3} \cdot {}^{3}{}_{1,3}, \qquad ^{-}{}_{2,3} = f_{2,3} \cdot ({}^{3}{}_{1,3} - {}^{3}{}_{2,3}).$$

Запишем уравнение равновесия для тела намотки, состоящего из трех колец:

$$\begin{cases} -2 \cdot f_{1,3} \cdot {}^{3}{}_{1,3} \cdot {}^{\circ}{}_{1-0,5} - f_{2,3} \cdot ({}^{3}{}_{1,3} - {}^{3}{}_{2,3}) \cdot {}^{\circ}{}_{1+0,5} = \dfrac{\P \cdot ({}^{3}{}_{1,3} + \Pi_{1})}{^{\circ}{}_{1}}; \\ f_{2,3} \cdot ({}^{3}{}_{1,3} - {}^{3}{}_{2,3}) \cdot {}^{\circ}{}_{2-0,5} - {}^{-}{}_{3,3} \cdot {}^{\circ}{}_{3-0,5} = \dfrac{\P \cdot ({}^{3}{}_{2,3} + \Pi_{2})}{^{\circ}{}_{2}}. \end{cases}$$

Преобразуем эту систему уравнений к стандартному виду:

$$[A]\cdot\{\text{³}\}=\{B\}. \qquad (8)$$

Здесь A – матрица жесткости; B – вектор нагрузки.

$$A=\begin{vmatrix} 2\cdot f_{1,3}\cdot\text{°}_{1-0,5}+f_{2,3}\cdot\text{°}_{1+0,5}+\dfrac{\P}{\text{°}_1} & -f_{2,3}\cdot\text{°}_{1+0,5} \\ -f_{2,3}\cdot\text{°}_{1+0,5} & f_{2,3}\cdot\text{°}_{1+0,5}+\dfrac{\P}{\text{°}_2} \end{vmatrix};$$

$$B=\begin{vmatrix} -\mathit{\Pi}_1\cdot\dfrac{\P}{\text{°}_1} \\ -\mathit{\Pi}_2\cdot\dfrac{\P}{\text{°}_2}-\text{¯}_{3,3}\cdot\text{°}_{3-0,5} \end{vmatrix}.$$

Используя метод исключения Гаусса, получим решение системы уравнений (8) с тремя знаками точности. Тогда приведенное перемещение надеваемого кольца

$$\text{³}_{3,3}=\text{³}_{2,3}-\frac{\text{¯}_{3,3}}{f_{3,3}}.$$

Приведенное первоначальное перемещение третьего кольца

$$\Pi_3=\frac{\text{²}_{3,3}\cdot\text{°}_3}{\P}-\text{³}_{3,3}.$$

Четвертое кольцо:

По закону Гука в продольном направлении выполняются соотношения:

$$\text{²}_{4,4}=\text{¡}_4,\ \text{²}_{1,4}=\P\cdot\frac{\text{³}_{1,4}+\Pi_1}{\text{°}_1},$$

$$\text{²}_{2,4}=\P\cdot\frac{\text{³}_{2,4}+\Pi_2}{\text{°}_2},\ \text{²}_{3,4}=\P\cdot\frac{\text{³}_{3,4}+\Pi_3}{\text{°}_3}.$$

Из уравнения равновесия следует

$$\text{²}_{1,4}=\text{¯}_{1,4}\cdot\text{°}_{1-0,5}-\text{¯}_{2,4}\cdot\text{°}_{1+0,5},\ \text{²}_{2,4}=\text{¯}_{2,4}\cdot\text{°}_{2-0,5}-\text{¯}_{3,4}\cdot\text{°}_{2+0,5},$$

$$\text{²}_{3,4}=\text{¯}_{3,4}\cdot\text{°}_{3-0,5}-\text{¯}_{4,4}\cdot\text{°}_{3+0,5},$$

$$\text{¯}_{4,4}=\frac{\text{¡}_4}{\text{°}_{4-0,5}}.$$

По закону Гука в радиальном направлении получим:

$$\text{¯}_{1,4}=-2\cdot f_{1,4}\cdot\text{³}_{1,4},\ \text{¯}_{2,4}=f_{2,4}\cdot(\text{³}_{1,4}-\text{³}_{2,4}),$$
$$\text{¯}_{3,4}=f_{3,4}\cdot(\text{³}_{2,4}-\text{³}_{3,4}).$$

Запишем уравнение равновесия для тела намотки, состоящего из четырех колец:

$$\begin{cases} -2\cdot f_{1,4}\cdot\text{³}_{1,4}\cdot\text{°}_{1-0,5}-f_{2,4}\cdot(\text{³}_{1,4}-\text{³}_{2,4})\cdot\text{°}_{1+0,5}=\dfrac{\P\cdot(\text{³}_{1,4}+\mathit{\Pi}_1)}{\text{°}_1}; \\ f_{2,4}\cdot(\text{³}_{1,4}-\text{³}_{2,4})\cdot\text{°}_{2-0,5}-f_{3,4}\cdot(\text{³}_{2,4}-\text{³}_{3,4})\cdot\text{°}_{2+0,5}=\dfrac{\P\cdot(\text{³}_{2,4}+\mathit{\Pi}_2)}{\text{°}_2}, \\ f_{3,4}=(\text{³}_{2,4}-\text{³}_{3,4})\cdot\text{°}_{3-0,5}-\text{¯}_{4,4}\cdot\text{°}_{4-0,5}=\dfrac{\P\cdot(\text{³}_{3,4}+\Pi_3)}{\text{°}_3}. \end{cases}$$

Преобразуем полученную систему уравнений к стандартному виду (8), где

$$A=\begin{vmatrix} 2\cdot f_{1,4}\cdot\text{°}_{1-0,5}+f_{2,4}\cdot\text{°}_{1+0,5}+\dfrac{\P}{\text{°}_1} & -f_{2,4}\cdot\text{°}_{1+0,5} & 0 \\ -f_{2,4}\cdot\text{°}_{1+0,5} & f_{2,4}\cdot\text{°}_{2-0,5}+f_{3,4}\cdot\text{°}_{2+0,5}+\dfrac{\P}{\text{°}_1} & -f_{3,4}\cdot\text{°}_{2+0,5} \\ 0 & -f_{3,4}\cdot\text{°}_{2+0,5} & f_{3,4}\cdot\text{°}_{3-0,5}+\dfrac{\P}{\text{°}_3} \end{vmatrix};$$

$$B=\begin{vmatrix} -\Pi_1\cdot\dfrac{\P}{\text{°}_1} \\ -\Pi_2\cdot\dfrac{\P}{\text{°}_2} \\ -\Pi_3\cdot\dfrac{\P}{\text{°}_3}-\text{¯}_{4,4}\cdot\text{°}_{4-0,5} \end{vmatrix}.$$

По методу исключения Гаусса получим решение системы уравнений равновесия с тремя знаками точности. Тогда приведенное перемещение надеваемого кольца

$$\text{³}_{4,4}=\text{³}_{3,4}-\frac{\text{¯}_{4,4}}{f_{4,4}}.$$

Приведенное первоначальное перемещение четвертого кольца

$$\Pi_4=\frac{\text{²}_{4,4}\cdot\text{°}_4}{\P}-\text{³}_{4,4}.$$

При сравнении формул третьего и четвертого колец видно, что система уравнений стала регулярной. Из этого следует, что можно записать формулы в общем виде, начиная с третьего кольца.

Приведенные натяжение и давление, действующие на последний виток:

$$\text{²}_j = \text{¡},\ \text{¯}_j = \frac{\text{¡}_j}{\text{°}_{j-0,5}}. \qquad (9)$$

Матрица жесткости и вектор нагрузки

$$A_{1,1} = 2\cdot f_{1,j}\cdot \text{°}_{1-0,5} + f_{2,j}\cdot \text{°}_{1+0,5} + \frac{\text{¶}}{\text{°}_1}; \qquad (10)$$

при i = 2…j – 2

$$A_{i,i} = f_{i,j}\cdot \text{°}_{i-0,5} + f_{i+1,j}\cdot \text{°}_{i+0,5} + \frac{\text{¶}}{\text{°}_i};$$

$$A_{j-1,j-1} = f_{j-1,j}\cdot \text{°}_{j-1-0,5} + \frac{\text{¶}}{\text{°}_{j-1}}; \qquad (11)$$

при i = 1…j – 2

$$A_{i,i+1} = -f_{i+1,j}\cdot \text{°}_{i+0,5};$$

$$A_{i+1,i} = -f_{i+1,j}\cdot \text{°}_{i+0,5}. \qquad (12)$$

$$B_i = -\Pi_i\cdot\frac{\text{¶}}{\text{°}_i}; \qquad B_{j-1} = -\Pi_{j-1}\cdot\frac{\text{¶}}{\text{°}_{j-1}} - \text{¯}_{j,j}\cdot \text{°}_{j-0,5}. \qquad (13)$$

Используя метод исключения Гаусса, получим приведенное перемещение тела намотки $\text{³}_{i,j}$. Тогда приведенное перемещение наматываемого витка ³_j примет вид:

$$\text{³}_j = \text{³}_{j-1} - \frac{\text{¯}_j}{f_{j,j}}. \qquad (14)$$

Приведенное первоначальное перемещение

$$\Pi_j = \frac{\text{²}_{j,j}\cdot \text{°}_j}{\text{¶}} - \text{³}_{j,j}. \qquad (15)$$

Приведенные натяжение и давление, действующие на тело намотки:

при $i = 1 \ldots j-1$

$$\text{²}_i = \text{¶}\cdot\frac{\text{³}_i + \Pi_i}{\text{°}_i},$$

$$\text{¯}_{1,j} = -2\cdot f_{1,j}\cdot \text{³}_{1,j}; \qquad (16)$$

при $i = 2 \ldots j-1$

$$\text{¯}_i = f_{i,j}\cdot(\text{³}_{i-1} - \text{³}_i). \qquad (17)$$

Для оценки достоверности предложенной модели (формулы (9) – (17)) сравним ее с известными моделями Ю.М. Тарнопольского и Б.С. Ковальского (рис. 2). При равных начальных условиях подходы идентичны (погрешность не превышает 3 %).

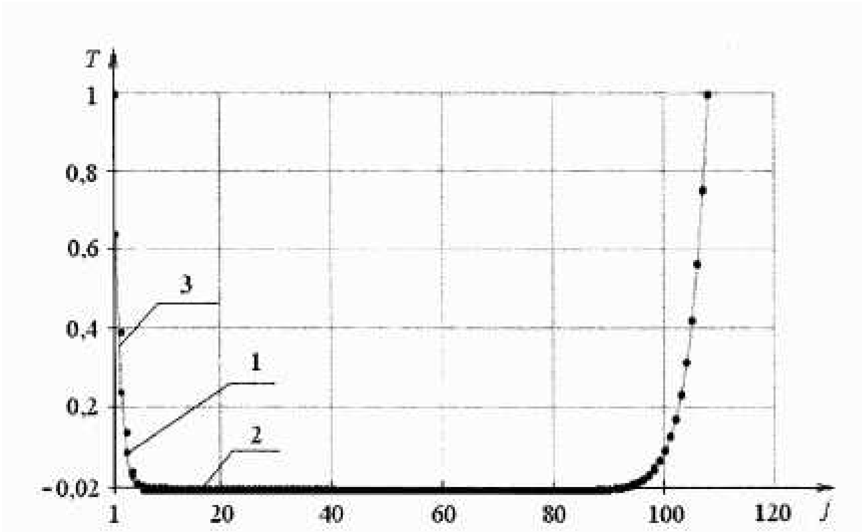

Рис. 2. Оценка достоверности. Изменение натяжения в тросе от числа витков для моделей:
1 – Ю.М. Тарнопольского, 2 – Б.С. Ковальского, 3 – рекомендуемый автором

Выводы

1. Значения нагрузок в бобине, определенные по формулам Тарнопольского, Ковальского и (9) – (17) при одинаковых условиях идентичны. Погрешность составляет 2 – 3 %.

2. В представленной модели в отличие от известных учтены влияние краевых эффектов при взаимодействии ленты с бобиной, отсутствие продольного сжатия ленты при намотке, наличие витков трения.

Список литературы: **1.** *Ковальский Б.С.* Теория многослойной навивки каната. // Докл. АН СССР, 1950. – Т. LXXIV. № 3. – С.. 429-432. **2.** *Тарнопольский Ю.М., Розе А.В.* Особенности расчета деталей из армированных пластиков. – Рига: Зинатне, 1969. – 274 с. **3.** *Панченко Е.В.* Разработка модели резинотросового каната в многослойной намотке на основе универсального пакета конечно-элементного моделирования ANSYS/ED 6.1 // Науковий вісник НГУ. – 2005. - № 11. – С. 68-73. **4.** *Панченко Е.В.* Результаты исследования конечно-элементной модели резинотросовой ленты в бобинном органе намотки // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. ИГТМ НАН Украины. – 2005. – Вып. 62. – С. 155-163.

Поступила в редколлегию 04.04.06 г.

УДК 547.495.2

В.Г. ШТАМБУРГ, канд. хим. наук, ДНУ, г. Днепропетровск,
В.Б. ДИСТАНОВ, канд. хим. наук, НТУ «ХПИ», г. Харьков,
В.В. ШТАМБУРГ, НТУ «ХПИ», г. Харьков,
Е.В. КЛОЦ, канд. хим. наук, Педагогический университет, г. Кировоград,
А.В. МАЗЕПА, канд. хим. наук, Физико-химический институт им. А. В. Богатского НАН Украины, г. Одесса,
Р.И. ЗУБАТЮК, канд. хим. наук, НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины, г. Харьков,
Э.М. РАКИПОВ, Физико-химический институт им. А. В. Богатского НАН Украины, г. Одесса,
Б.В. УСПЕНСКИЙ, НТУ «ХПИ», г. Харьков,
А.А. АНИЩЕНКО, канд. хим. наук, ДНУ, г. Днепропетровск,
Д.А. ОЛЕФИР, канд. хим. наук, ДНУ, г. Днепропетровск

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ *N*-АЛКОКСИМОЧЕВИН С ФЕНИЛГЛИОКСАЛЕМ

N-Алкоксисечовини конденсуються з фенілгліоксалем з утворенням 3-алкокси-5-фенілгідантоїнів у відсутність лужних агентів.

3- Alkoxy-5-phenylgidantoens condensation N-alkoxyurea with phenylglyoxal without alkaline reagent are obtained.

Конденсация арилглиоксалей с различными видами *N*-замещенных мочевин изучена недостаточно и нуждается в более детальном исследовании. Фенилглиоксаль реагирует с *N,N'*-диалкил- и *N'*-алкил-*N*-арилмочевинами в воде в присутствии щелочного агента, KOH, с протеканием перегруппировки, образуя 1,3-дизамещенные 5-фенилгидантоины; с *N*-метилмочевиной-1-метил-5-фенилгидантоин [1; 2] (схема 1).

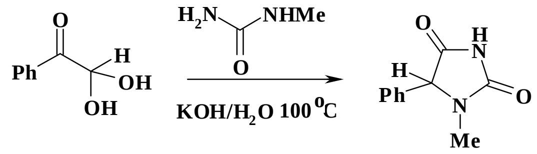

Схема 1

Примеры образования ациклических продуктов при конденсации фенилглиоксаля с мочевинами в нейтральной среде неизвестны, однако с уретиланом в эфире образуется устойчивый полуаминаль [3], полуаминальные производные образуются также при конденсации арилглиоксалей с амидами карбоновых кислот [4] (схема 2).

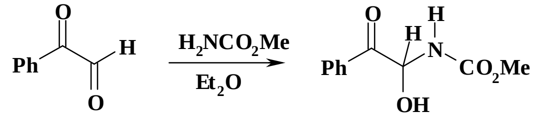

Схема 2

Ожидая, что фенилглиоксаль должен присоединять мочевины в нейтральной органической среде тем же образом, каким он присоединяет другие виды амидов, мы исследовали реакцию фенилглиоксаля с *N*-алкоксимочевинами, с целью синтеза их производных типа **А**.

Однако оказалось, что продуктами взаимодействия фенилглиоксаля с *N*-алкоксимочевинами **1**,**2** в среде нейтрального органического растворителя являются 3-алкокси-5-фенилгидантоины **3**,**4**, а не полуаминали **А** или 1-алкокси-5-фенилгидантоины **В**, как предполагалось первоначально (схема 3).

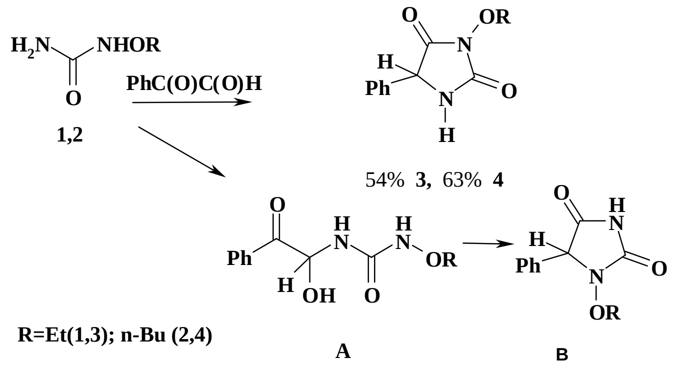

Схема 3

Конденсация, приводящая к *N*-алкоксигидантоинам **3**,**4**, гладко протекает в нейтральных органических растворителях: в случае мочевины **1** в хлороформе (35 °С), в случае мочевины **2** - в бензоле (20 °С).