

Смаилов Э.А. у Атамкулова М.Т.

КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ НАМОТКИ ШПАГАТА НА КАТУШКУ

E.A. Smailov, M.T. Atamkulova

KINEMATIC RESEACH OF INSTALLATION FOR SPOOLING THE TWINE ON A REEL

УДК. 556.5.: 633.71

В данной статье приведены результаты кинематического исследования новой установки для отделения листьев табака от шнура машинной низки и намотки на специальную катушку

This article shows the results of kinematic reseach of the new installation for the separation of tobacco leaves from the machine flex and spooling it on special reel

Для качественного отделения листьев табака от шнура машинной низки необходимо обеспечить постоянную (диапазон) скорость намотки шнура, обеспечивающую отделение от листьев 9377 пог.м. табачного шнура за 6-8 часов. Предлагаемая кинематическая схема привода установки приведена на рис.1. При разработке кинематической схемы привода установки для отделения листьев табака от шнура машинной низки исходили из следующих требований:

- к точности намотки особых требований нет;
- усилия при намотке шнура незначительны, поэтому деформации не учитываются;
- трения в кинематических парах, при отделении листьев табака не учитываются.

Модель намотки – идеальная:

- радиус намотки увеличивается по закону спирали Архимеда.

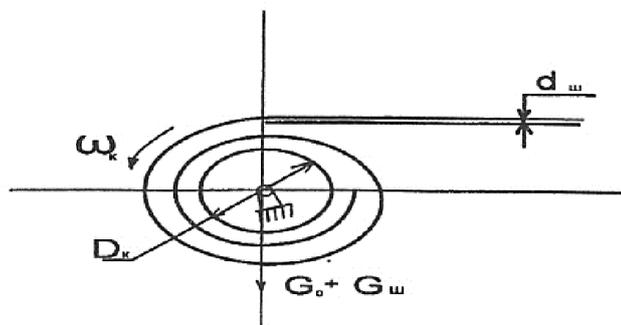


Рис. 2. Схема намотки шпагата на катушку: где,  $D_k$  – диаметр катушек;  $d_w$  – диаметр шнура;  $G_0$  – вес катушки;  $G_w$  – вес шнура;  $\omega_k$  – угловая скорость катушки.

Средний радиус первой намотки (рис. 3, а), определяется по следующей формуле:

$$R_1 = R_0 + \frac{d_w}{2} \quad (1)$$

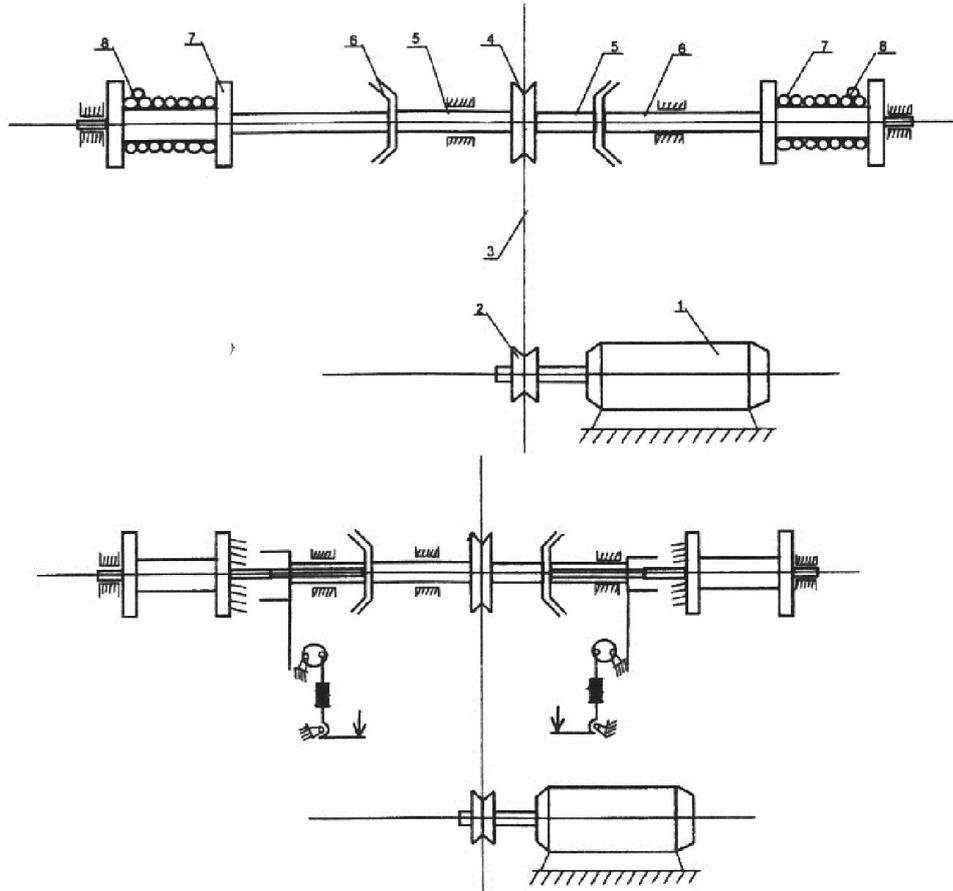
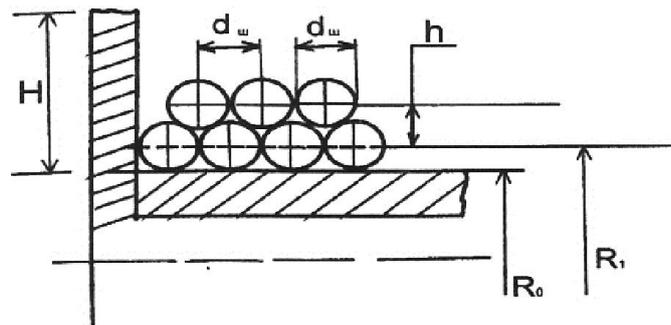


Рис. 1. Кинематическая схема привода установки: а) холостой ход. б) рабочий ход.  
 1 – электродвигатель; 2 – шкив электродвигателя;  
 3 – ременная передача; 4 – шкив электродвигателя;  
 5 – валы; 6 – муфты; 7 – катушки; 8 – шнур.

а)



б)

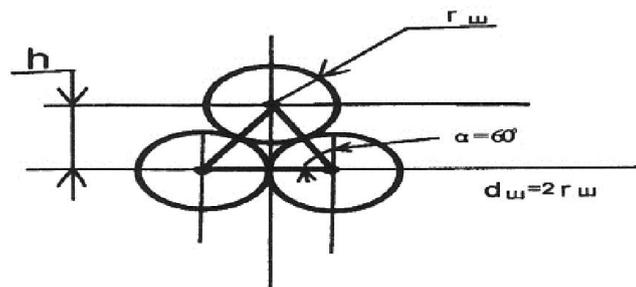


Рис. 3. Схема расположения шнура в катушке:  
 Средний радиус второй намотки:

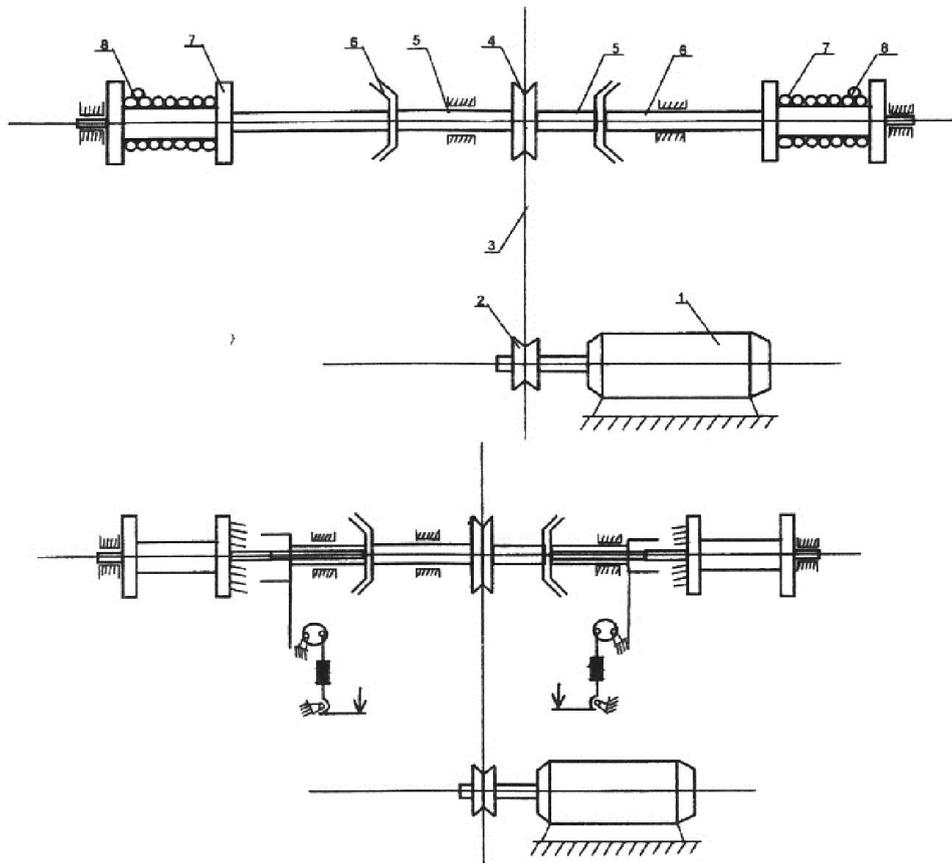
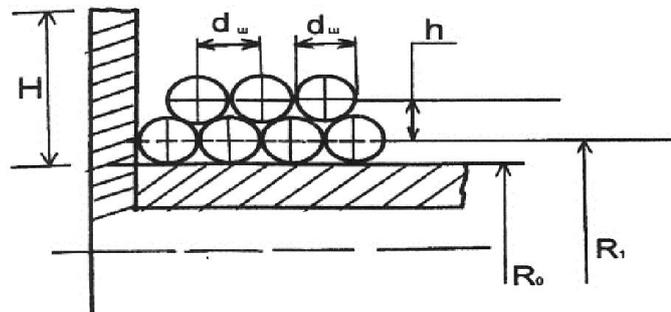


Рис. 1. Кинематическая схема привода установки: а) холостой ход. б) рабочий ход.  
 1 – электродвигатель; 2 – шкив электродвигателя;  
 3 – ременная передача; 4 - шкив электродвигателя;  
 5 – валы; 6 – муфты; 7 – катушки; 8 – шнур.

а)



б)

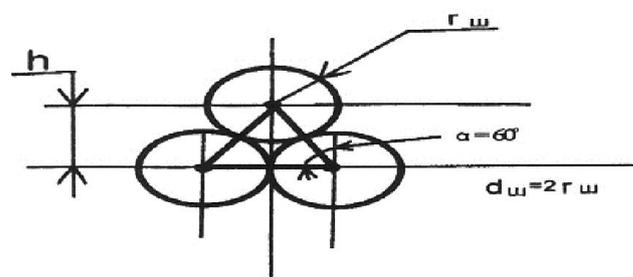


Рис. 3. Схема расположения шнура в катушке:  
 Средний радиус второй намотки:

$$\left. \begin{aligned} R_2 &= R_1 + h \\ h &= \frac{\sqrt{3}}{2} d_{ш} = \sqrt{3} r_{ш} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Средний радиус третьего слоя:  
 $R_3 = R_0 + r + 2h = R_1 + 2h \quad (3)$

Средний радиус намотки n - го слоя:  
 $R_n = R_1 + (n - 1) h$

Переменный радиус намотки:  
 $R_{11} = R_n = R_1 + (n - 1) h \quad (4)$

Принимается:  $d \approx h$

Допущения: Смещение центра тяжести катушки при намотке шнура незначительно, поэтому в расчетах смещение силы тяжести не учитываются.

#### Анализ процесса намотки шнура

Рассматривается идеальная намотка [1], при котором:

- катушка остается в процессе намотки – цилиндрической;
- радиус изменяется пропорционально углу поворота катушки –  $\phi$ ;
- масса катушки со шнуром увеличивается непрерывно, в функции от угла поворота катушки –  $\phi$ ;
- сечения шнура не деформируется при намотке и натяжении;
- шнур располагается в шахматном порядке (рис. 3)

Текущий радиус намотки определяется по закону спирали Архимеда:

$$R_7 = R_0 + C_0 \phi \quad (5)$$

где:  $R_0$  – радиус катушки;

$C_0$  – коэффициент пропорциональности;

$\phi$  – угол поворота катушки.

Коэффициент пропорциональности определяется по формуле

$$C_0 = \frac{h}{2\pi} \quad (6)$$

Из рис. 2.5,б получаем:

$$h = d_{ш} \cdot \sin 60^\circ = 0,86 d_{ш} \quad (7)$$

$$C_0 = 0,138 d_{ш} \quad (8)$$

Таким образом:

$$R_7 = R_0 + 0,138 \cdot d_{ш} \cdot \phi \quad (9)$$

#### Закон изменения массы катушки при намотке

$$m_7 = m_{07} + \frac{\pi H \gamma}{g} (R^2 - R_0^2) \quad (10)$$

$m_0$  – масса пустой катушки;  $H$  – высота фланцев катушки;  $\gamma$  – объемная вес намотанного шпагата;  $g$  - ускорение свободного падения.

Учитывая формулу (9) получим:

$$m_7 = \frac{G_0}{g} + A\phi + B\phi^2 \quad (11)$$

где:  $G_0$  – вес пустой катушки

$$\left. \begin{aligned} A &= 0,8378 \frac{H \cdot d_{ш} \cdot \gamma \cdot R_0}{g} \\ B &= 0,0628 \frac{H \cdot d_{ш}^2 \cdot \gamma}{g} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

#### Изменение момента инерции катушки при намотке шпагата

Было принято, что центр тяжести катушки в процессе намотки не смещается, поэтому:

$$I_7 = I_{07} = \frac{m_{H-ш} (R_7^2 - R_0^2)}{2}; \quad (13)$$

$I_0$  - момент инерции пустой катушки;  $m_{н.ш}$  - масса намотанного шнура.

$$m_{н.ш} = \frac{\pi H \gamma}{g} (R_7^2 - R_0^2) \quad (14)$$

Учитывая формулы (9, 11, 13) получим:

$$I_7 = I_{07} + A_1 \varphi^2 + B_1 \varphi^3 + C_1 \varphi^4 \quad (15)$$

где  $A_1 = 0,1041 \frac{H \cdot \gamma \cdot d_{ш}^2 \cdot R_0^2}{g}$ ,  $B_1 = 0,0072 \frac{H \cdot \gamma \cdot d_{ш}^3 \cdot R_0}{g}$ ,  $C_1 = 0,0005 \frac{H \cdot \gamma \cdot d_{ш}^4}{g}$

(16)

Учитывая  $\varphi = 2 \pi n_k$

(17)

$n_k$  - число оборотов катушки, получим:

$$I_7 = I_{07} + A_2 n_k^2 + B_2 n_k^3 + C_2 n_k^4$$

(18)

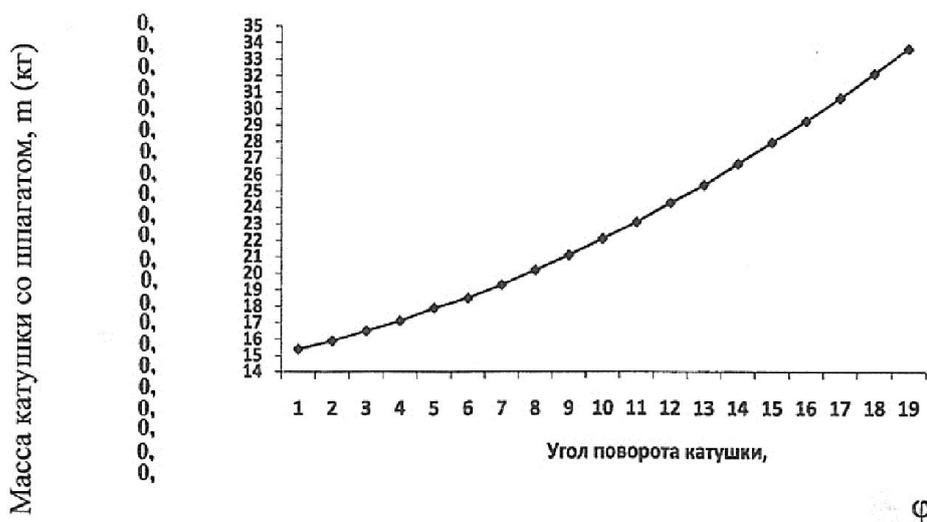
где  $A_2 = 4,105537 \frac{H \cdot \gamma \cdot d_{ш}^2 \cdot R_0^2}{g}$ ,  $B_2 = 1,783246 \frac{H \cdot \gamma \cdot d_{ш}^3 \cdot R_0}{g}$ ,  $C_2 = 0,777693 \frac{H \cdot \gamma \cdot d_{ш}^4}{g}$

(19)

Коэффициенты  $A_1$   $B_1$   $C_1$  вычисляются из (16).

Как видно из полученных зависимостей, при идеальной намотке шнура:

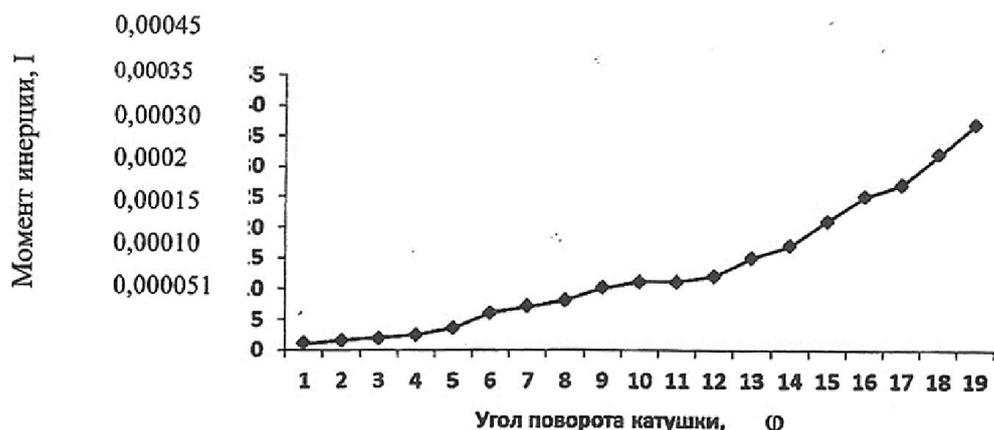
- переменная масса катушки с намотанным слоем увеличивается по закону параболы второй степени (9);



φ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m	0,154	0,159	0,165	0,171	0,179	0,185	0,193	0,202	0,211	0,221

11	12	13	14	15	16	17	18	19
0,231	0,243	0,254	0,267	0,28	0,293	0,307	0,322	0,337

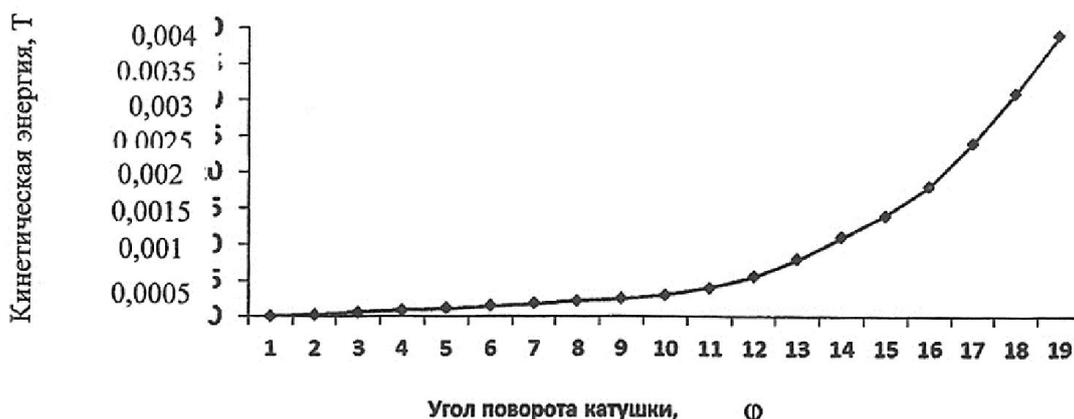
Рис. 4. Изменения массы катушки со шпагатом от угла поворота



φ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T	0,000012	0,000016	0,000021	0,000028	0,000038	0,000051	0,000068	0,000091	0,000121	0,000159

11	12	13	14	15	16	17	18	19
0,000211	0,000282	0,000381	0,000511	0,000681	0,000911	0,001211	0,001591	0,002111

Рис. 5. Изменение момента инерции катушки со шпагатом от угла поворота



φ	1	2	3	4	5	6	7	8
T	0,0000007	0,000003	0,000008	0,0000174	0,000032	0,000057	0,000091	0,00014

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0,00021	0,00029	0,00038	0,00057	0,00076	0,0011	0,0015	0,0018	0,0024	0,0031	0,0031

Рис. 6. Изменение кинетической энергии катушки со шпагатом от угла поворота

- переменный момент инерции катушки с намотанным слоем шнура увеличивается по закону параболы четвертой степени (15).

Используя числовые данные построили графики изменения массы (рис. 4) и момента инерции катушки (рис. 5) при намотке:

**Кинетическая энергия катушки**

Кинетическая энергия катушки определяем по формуле (20)

$$T_k = \frac{I_k \cdot \omega_k^2}{2} \quad (20)$$

$$I_k = I_7 = I_{70} + A_1 \varphi^2 + B_1 \varphi^3 + C_1 \varphi^4$$

$$\omega_k = \omega_4, \quad \omega_4 = \omega_1 H_{42} \quad (21)$$

$$\omega_1 = \frac{\pi H_1}{30} \quad (22)$$

Используя параметры привода установки построим график изменения кинетической энергии катушки (рис. 6).

**Заключение**

Как видно из проведенного анализа изменение кинетической энергии катушки в процессе намотки находится в допустимых пределах.

**Литература:**

1. Сухарев В.А., Матюшин М. Расчет тел намотки. – М.: Машиностроение, 1982. – 136 с.
2. Джаманкулов К.Д. Стабилизация процессов наматывания и сматывания пряжи в сновальных и шлихтовальных машинах: Дисс. докт. техн. наук. – Кострома, 1990. – 442 с.

**Рецензент: д.т.н., профессор Каримов А.К.**