

Ciencias técnicas y aplicadas

## **Inclinación de las agujas de gancho como medida de la tensión en los hilos en el proceso de ondulamiento en máquinas Cotton**

*Tilting Hook Needles as a Measure of the Tension in the Threads in the Process Cotton Machines Ruffling*

*Inclinando agulhas de gancho como uma medida da tensão nos fios nas máquinas de algodão processo agitando*

**Dr. C. Wladyslaw Korlinski<sup>I</sup>, Dr. C. Dimitri Nieto-Guerrero<sup>II</sup>,  
Dr. C. Marco A. Zaldumbide-Verdezoto<sup>II</sup>**

wkorlinski@gmail.pl, ednieto@uce.edu.ec, m\_zaldumbide@yahoo.com

<sup>I</sup>Universidad Politécnica de Łódź, Łódź, Polonia; <sup>II</sup>Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador

**Recibido:** 29 de enero de 2016

**Aceptado:** 16 de marzo de 2016

### **Resumen**

La tensión del hilo en el proceso de las prendas textiles es muy importante porque como resultado del alargamiento del hilo se producen cambios en las propiedades de los elementos fabricados. La investigación de la tensión del hilo en función de la inclinación de las agujas con gancho es un problema tecnológico. Dos métodos de medida fueron utilizados en la investigación: el primero, ya mencionado, basado en la inclinación de las agujas de gancho; el segundo, basado en una medida directa de la tensión en el hilo antes de la formación del punto de tejido, utilizando el instrumento Rotschild. En comparación con la ecuación clásica de Euler se han obtenido diferencias significativas.

**Palabras clave:** Sistema óptico-computacional; longitud teórica y real en el punto de tejido; tensión dinámica; coeficiente de alargamiento; ángulos de curvatura.

## **Abstract**

The thread tension in the process of the textiles is very important because as a result of yarn elongation changes in the properties of the fabricated elements. The investigation of the thread tension depending on the inclination of the needle hook is a technological problem. Two measuring methods were used in the research: the first, already mentioned, based on the inclination of the needle hook; the second, based on a direct measurement of the tension in the yarn before the formation of the tissue site, using the Rothschild instrument. Compared to the classical Euler equation obtained significant differences.

**Keywords:** Optical-computer system; theoretical and actual length in tissue site; dynamic tension; elongation coefficient; bending angles.

## **Resumo**

A tensão do fio no processo da indústria têxtil é muito importante porque, como resultado de mudanças de fios de alongamento nas propriedades dos elementos fabricados. A investigação da tensão do fio, dependendo da inclinação do gancho da agulha é um problema tecnológico. Dois métodos de medição foram usadas na pesquisa: o primeiro, já mencionado, com base no inclinação do gancho da agulha; o segundo, com base numa medição directa da tensão no fio antes da formação do local de tecido, usando o instrumento de Rothschild. Em comparação com a equação de Euler clássica obtido diferenças significativas.

**Palavras chave:** Sistema óptico-computador; comprimento teórico e real no local de tecido; tensão dinâmica; coeficiente de alongamento; dobrar ângulos.

## **Introducción**

El análisis de rozamiento de los hilos en el proceso de ondulamiento, al inicio fueron descritos solamente con la ecuación de Euler (Selov, Dolidovic & Kudriaveb, 1984; Offerman and Tausch-Morton, 1980). Gran significado para el desarrollo de la problemática tienen monografías que describen el coeficiente de rozamiento en los procesos y prendas textiles, que abarcan también los métodos de medida de las fuerzas y coeficientes de rozamiento. Describen además la importancia de las propiedades mecánicas de los materiales utilizados para esta problemática (Ibíd.).

Un gran avance en el análisis del proceso de ondulamiento del hilo y de las fuerzas en los hilos presenta la investigación de Z. Frontczak (Korlinski, 1989; Frontezak, 1975); donde se define la influencia de diferentes parámetros para el decrecimiento de la variación de la longitud del hilo  $\Delta l$  en la comparación con la longitud teórica que corresponde a los condiciones en la cual el hilo no tiene alargamiento alguno y sin el doblamiento de las agujas.

El valor  $\Delta l$  escrito anterior se lo puede definir como función:

$$\Delta l = \Delta l_1 (F_o, C_r, H, r, \dots) + \Delta l_2 (E, J, l_1, l_2, q, \dots) \quad (1)$$

En la ecuación (1) aparece el alargamiento absoluto del hilo  $\Delta l_1$ , como función de la tensión inicial  $F_o$  del hilo, su resistencia al estiramiento  $C_r$ , la profundidad de ondulamiento  $H$  y el ángulo de ondulamiento  $\gamma$  para los cuales en el proceso de ondulamiento corresponde al ángulo  $\beta$  del ondulador.

El segundo elemento es el decrecimiento absoluto de la longitud del hilo  $\Delta l_2$ , como resultado de la inclinación de las agujas por la influencia de la fuerza en el lazo  $F_n$ , el cual depende del módulo de Young  $E$  y momento de inercia en el corte perpendicular de la aguja  $J$ , la distancia del lugar de ondulamiento  $L_1$  y la distancia de recepción de la tela  $L_2$  del punto de montaje de la aguja. La tela es receptada con una fuerza  $q$  para cada punto de tejido. Algunos de estos parámetros se presentan en las Figuras 1 y 2.

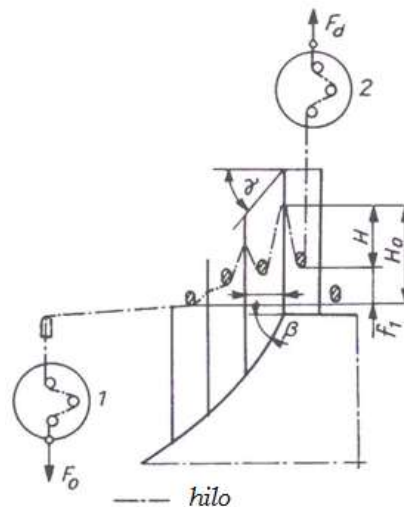


Figura 1. Parámetros en el área de ondulamiento del hilo

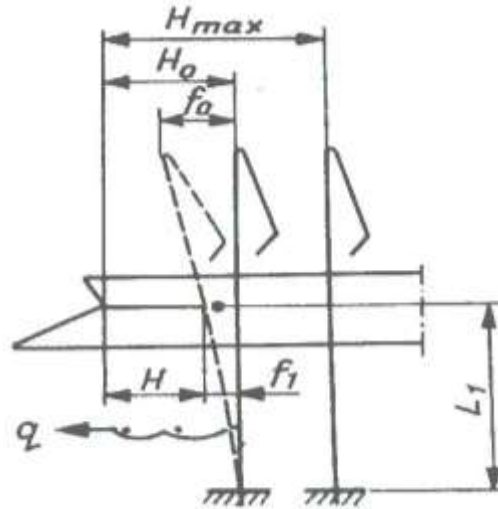


Figura 2. Inclinación de la aguja en el proceso de ondulamiento

La inclinación de las agujas tienen mucho significado, no solamente para la geometría de la tela, sino también, como identificaron Maleckiej and Wolkow, porque se vuelve necesario minimizar la inclinación de las agujas en los casos que aparecen errores en la prenda y de rompimiento de la aguja. La investigación de la tensión dinámica en los hilos tomando en consideración sus propiedades reológicas producidas en las maquinarias circulares fue realizada Kowalski.

En este artículo se presenta la relación entre la tensión inicial  $F_0$ , antes de la guía del hilo y de la tensión en el punto tejido en la aguja, la cual produce una definida inclinación de la aguja. Además, tiene la intención de definir el elemento  $\Delta l_2$  en la ecuación (1), al igual que su nivel de valores; así como su dispersión y la influencia de los diferentes parámetros.

La investigación de la tensión de los hilos por la inclinación de las agujas con gancho tiene gran significado para el diseño de prendas en las máquinas ya existentes y en la producción de nuevos tipos de máquinas Cotton. Entre los últimos diseños de estas máquinas se encuentran las de tipo NCJ y BCJ/BCF, las cuales tienen un control electrónico para cada aguja y la posibilidad de producción de prendas de punto transferible.

## Metodología

Se utilizó un sistema óptico-computacional para la medida de la inclinación de la aguja y el aparato Rotshild para medida las tensiones en los hilos.

***El aumento de la tensión en los hilos en el proceso de ondulamiento***

En el proceso de ondulamiento de los hilos de profundidad  $H$  produce un aumento de la tensión inicial  $F_o$  (Figuras 1 y 2). Al programar la profundidad de ondulamiento  $H_o$  por el apareamiento de la inclinación de la aguja de valor  $f_1$ , disminuye a los valores  $H$ .

El proceso realizado para los valores programados iniciales:

$$H_o = (1,67; 1,85; 2,07; 2,27; 2,55; 2,75; 2,97; 3,18; 3,39) \text{ mm} \tag{2}$$

$$F_o = (3,12; 24,33) \text{ cN} \tag{3}$$

El ángulo de ondulamiento del ondulador:  $\beta = 55^\circ$ , la fuerza de recepción de la tela:  $q = 0$  (cN); para una velocidad de atracción del hilo  $V_p = 0,6$  m/s, la velocidad angular del eje principal de la maquina es cero, es decir,  $n = 0$ .

Se analiza la relación  $F = \varphi (F_o, H_o)$  la cual se presentó en la Figura 3.

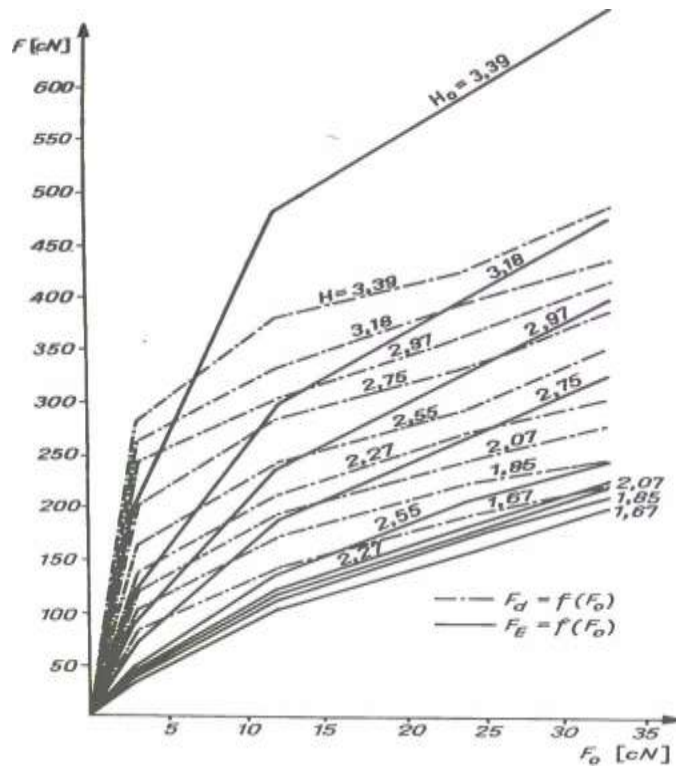


Figura 3. Influencia de la tensión de entrada del hilo  $F_o$  con la tensión del lazo ondulado

$F_d$  - Tensión dinámica del experimento;  $F_E$  - Tensión según la ecuación de Euler

La relación empírica de la investigación se aproximó con la función (4):

$$F_d = 23,3 F_o^{0,330} \cdot e^{0,580H} \quad (4)$$

Las medidas de la tensión inicial fueron tomadas con el sensor de tipo condensador 1 (Figura 1).

La tensión dinámica a la salida  $F_d$  se midió con el aparato Rotshild 2 (Figura 1).

Como se puede apreciar en la Figura 3, el aumento de la tensión  $F_o$  desde 3 hasta 33 cN; así como la profundidad de ondulamiento  $H_o$  en el intervalo desde 1,67 hasta 3,39 mm, se obtiene alrededor de 2,5 veces el aumento de la tensión dinámica  $F_d$ , con valores que van desde 80 cN hasta 500 cN. Los valores obtenidos y representados por la relación entre los parámetros tecnológicos pueden ser analizados en función de la ecuación de Euler:

$$F_d = F_o \cdot e^{\mu \sum \alpha_i} \quad (5)$$

Al comparar el primer elemento, es decir,  $23,3 F_o^{0,330}$  en la ecuación (4) y el valor  $F_o$  en la ecuación (5) se aprecia un intenso incremento de dos a tres veces la influencia de la tensión de entrada con la tensión dinámica en el experimento con la ecuación de Euler.

El análisis comparativo de los demás elementos en las fórmulas (4) y (5), es decir  $e^{0,580H}$  y  $e^{\mu \sum \alpha_i}$ , se presenta en la Figura 4, como función de la profundidad de ondulamiento  $H$ :

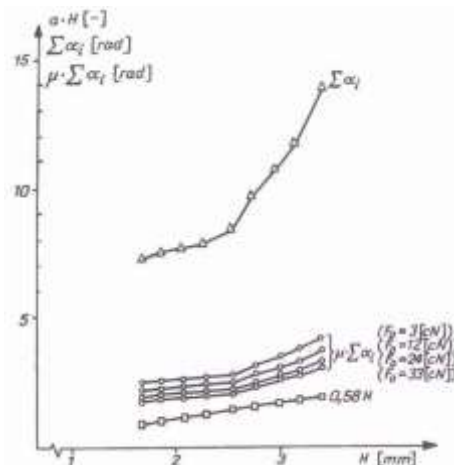


Figura 4. Influencia de la profundidad de ondulamiento  $H$  con la curvatura del hilo en la aguja y elemento ondulador

$$n = \frac{H_0}{t \cdot \tan \beta} \quad (6)$$

Donde:

$t = 1,814$  mm – unidad de la máquina que en esta investigación es de número 21 g.g.

$\beta = 55^\circ$  el ángulo del ondulator y los elementos de ondulamiento directo.

Se obtiene el valor límite  $H_0=2,6$  mm. Significa esto que para  $H < 2,26$  y  $n = 1$  el ondulamiento se realiza con un solo elemento de ondulamiento y para  $H > 2,26$  y  $n = 2$  significa que el ondulamiento se realiza con dos elementos de ondulamiento. Se identifica  $\sum \alpha_i = \varphi(H)$  en la Figura 4, indicando un intensivo incremento de  $\sum \alpha_i$  para  $H > 2,26$  mm.

Teniendo en cuenta los valores experimentales del coeficiente del rozamiento  $\mu$  para el hilo utilizado con diferentes tensiones de entrada del hilo:  $F_0 = 3-33$  cN, se obtiene la función y se lo presenta en la Figura 4.

En la Figura 4 se observa que el valor calculado de  $\mu \sum \alpha_i$  es aproximadamente dos veces mayor que el del elemento exponencial del experimento de la ecuación (4), es decir  $0,580 H$ . Por lo tanto, se produce una compensación de los elementos presentes en las ecuaciones (4) y (5), que definen la influencia de la tensión de entrada  $F_0$  y el ángulo de curvatura  $\sum \alpha_i$ .

La suma geométrica de los ángulos de curvatura  $\sum \alpha_i$  para los estados extremos de profundidad de ondulamiento  $H_{min}$  y  $H_{max}$  se presenta en la Figura 5.

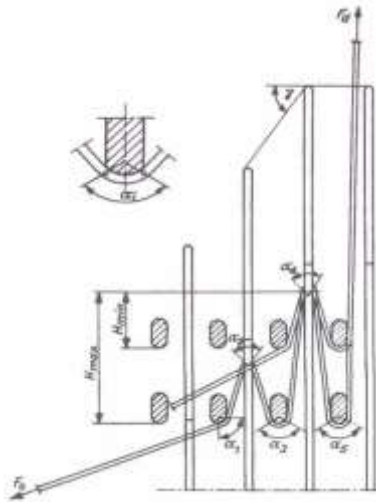


Figura 5. Geometría de los ángulos de curvatura en las agujas y elemento ondulator para los valores extremos de profundidad de ondulamiento

Como se observa en la Figura 3, los valores de la tensión dinámica  $F_d$  se incrementan más intensamente que con la fórmula de Euler. Al inicio del intervalo de la tensión de entrada  $F_o$  desde 3 hasta 33 cN, y posteriormente se concentran en la parte central del intervalo.

La diferencia  $\Delta F$  entre la tensión calculada con la ecuación de Euler  $F_E$  y la experimental  $F_d$  en las condiciones del proceso de ondulamiento (Figura 3) indica que sería muy riesgoso definir el valor de la tensión en los hilos en función de la ecuación del Euler  $F_E$ . Aunque no se pueden eliminar valores coincidentes en casos fortuitos de los valores de la tensión en los hilos.

Se debe indicar que la de la fórmula de Euler es de la ecuación de Amontons:

$$T = \mu \cdot N \quad (7)$$

Donde:

$T$  – Fuerza de rozamiento

$N$  – Fuerza normal

De las condiciones de obtención la fórmula de Euler resultan los limitantes en su aplicación, entre otros la veracidad de la fórmula (7), la resistencia al doblamiento del hilo, el diámetro y forma de las barreras delgadas, la velocidad de atracción de hilo. Además, como indica la Figura 5, es un asunto bastante teórico la suma de los ángulos de curvatura.

El coeficiente de rozamiento  $\mu$  se calculó experimentalmente para diferentes valores de la tensión de entrada  $F_o$ . La influencia de este parámetro no se ha logrado definir por completo.

### ***La influencia de la tensión de los hilos en la inclinación de la aguja***

Considerando que en la aguja solo actúa la fuerza de ondulamiento de hilo  $F$ , se obtiene en los límites de la ley de Hook el siguiente valor de la inclinación de la aguja:

$$f_1 = \frac{1}{3,EJ} L_1^3 \cdot F \quad (8)$$

Donde:

$F$  – La tensión en el hilo ondulado, cuando tiene la completa profundidad de ondulamiento  $H$  (Figura 2)

$E$  – Módulo de Young para la aguja



$J$  – Momento de inercia del área de corte perpendicular a la aguja

$L_1$  – Distancia de la fuerza  $F$  y del tejido de punto del punto de sujeción de la aguja

Por lo tanto, la inclinación  $f_0$  en la parte superior de la aguja es:

$$f_o = f_1 + (L - L_1) \left( \frac{\partial y}{\partial x} \right)_{L=L_1} \quad (9)$$

Donde:

$\frac{\partial L_1}{\partial L}$  – Es la derivada parcial en el punto que actúa la fuerza  $F$

$L$  – La longitud total de la aguja

La relación de las inclinaciones es por lo tanto:

$$\frac{f_1}{f_0} = \frac{L_1}{3L - 2L_1} \quad (10)$$

Para los valores  $L = 37$  mm y  $L_1 = 24$  mm se obtiene:

$$\frac{f_1}{f_0} = 0,38 \quad (11)$$

La inclinación  $f$  para valores experimentales estáticos se presenta en la figura 6, donde se aprecia que la influencia de la tensión del hilo en la inclinación  $f_1$  y  $f_0$  no es proporcional, lo que resulta de la ecuación (8).

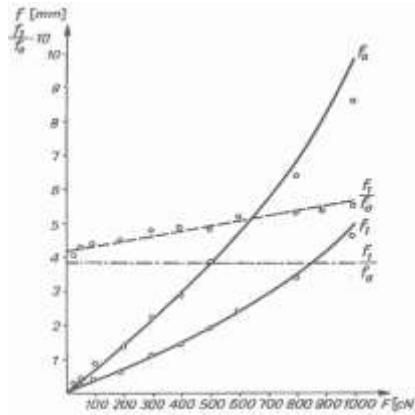


Figura 6. Influencia de la tensión estática relativa y no relativa de la inclinación de la aguja con gancho

Además, la relación  $\frac{f_1}{f_0}$  es mayor que el valor teórico 0,38 y aumenta linealmente con el aumento de la tensión  $F$  en el intervalo desde 0 hasta 1 000 cN.

Del mismo modo la tensión dinámica  $F_d$  en el hilo atraído por la aguja y el elemento ondulator (Figura 2) aumenta más rápido que proporcional (figura 7). También se aprecia que la influencia de la tensión de entrada es inversa en la inclinación  $f_I$ , con el mismo valor de la tensión dinámica  $F_d$ . Esto puede ser resultado del intenso aumento de la tensión dinámica en bajos niveles de tensión de entrada  $F_o$ . Esto se confirma en la Figura 8, donde los mismos valores de inclinación se obtienen en bajos valores de la tensión de  $F_o$ , pero en altos valores de profundidad de ondulamiento  $H$ .

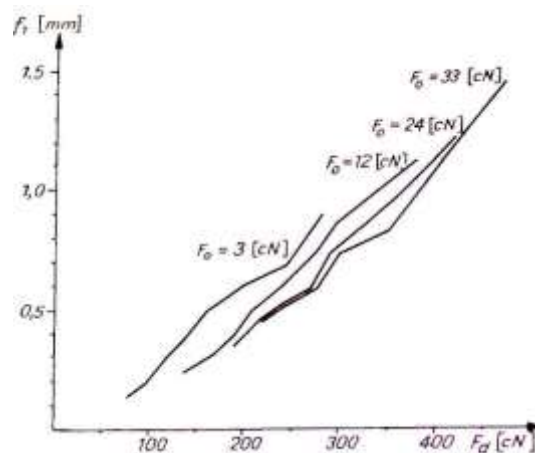


Figura 7. Influencia de la tensión dinámica  $F_d$  en la inclinación de la aguja

La figura 8, además, muestra que con el ondulamiento normal del hilo (línea continua), la inclinación de la aguja para la profundidad de ondulamiento  $H > 2,26$  mm es parecida a la inclinación con el ondulamiento (línea entrecortada) para  $H < 2,26$  mm, y se encuentra en el intervalo hasta 0,05 mm.

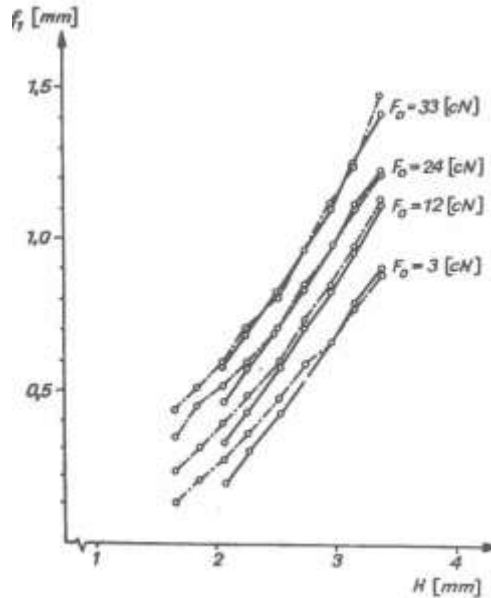


Figura 8. Influencia de la profundidad de ondulamiento en la inclinación de la aguja en condiciones normales de ondulamiento (línea continua) y de atracción del hilo (línea entre cortada)

En la figura 8 se presenta la relación empírica para los hilos atraídos en forma de lazo (Figura 2), la cual se puede describir con la función empírica tipo:

$$f = 0,040 F_0^{0,270} \cdot e^{0,797.H} \quad (12)$$

Con un coeficiente correlacional de 0,97, esta relación describe, además, la función empírica del tipo:

$$f^1 = A \cdot Fd^B \quad (13)$$

Donde la constante  $A$  es igual para la función de la tensión de entrada. De donde resulta que tanto la tensión dinámica como la estática, presentadas en la Figura 6, tienen influencia en la inclinación

de la aguja en forma mucho más compuesta que la forma proporcional, presentada en la ecuación (8). Sin embargo, para los hilos ondulados, con una velocidad angular del eje principal  $n = 52 \text{ min}^{-1}$ , para la función tipo:  $f_1 = \varphi(F_o, H)$  se obtiene en la forma:

$$f_1 = 0,0319 F_o^{0,266} \cdot e^{0,875H} \quad (13)$$

También con un alto coeficiente correlacional  $\rho = 0,97$ .

## Resultados y discusión

En la investigación se obtuvo el rango de valores de la tensión dinámica del hilo en el punto de tejido por medio de un sistema óptico-computacional. Al comparar estos valores con los de la ecuación de Euler se comprobaron analíticamente diferencias significativas.

Se obtuvo la relación empírica para la tensión del hilo en la forma  $F_d = AF_o \cdot e^{BH}$ , donde  $A$  y  $B$  son constantes, con su respectivo coeficiente correlacional, así como para determinar la inclinación de las agujas.

El análisis realizado de la profundidad de ondulamiento permitió encontrar el valor límite de esta variable, lo que permitirá diseñar máquinas con mejores condiciones técnicas tanto para la producción de futuras máquinas, como para el uso de las prendas textiles.

La investigación permitió identificar variables, cuya influencia certera en los parámetros técnicos no se conoce, las cuales podrán ser analizadas en futuras investigaciones, como son: el ángulo de curvatura del hilo en el sistema de ondulamiento, el coeficiente de rozamiento del hilo con los elementos onduladores, momento de inercia de la aguja que depende del material de fabricación.

## Conclusiones

El aumento de la tensión de los hilos del valor de entrada  $F_o$  antes de la guía del hilo hasta los valores dinámicos en el tejido de punto  $F_d$ , en el momento de atracción del hilo con una velocidad 0,6 m/s se lo puede representar con la función empírica de ondulamiento  $H$  del tipo:  $F_d = aF_o^b \cdot e^{c \cdot H}$  donde  $a, b, c$  son constantes numéricas.

La diferencia de tensión  $\Delta F$  entre la tensión calculada de la fórmula de Euler  $F_E$  y la tensión experimental  $F_d$  es significativa solamente de valores.

La inclinación  $f_1$  de la aguja con gancho es similar en condiciones normales y de atracción y depende de la profundidad de ondulamiento  $H$  y de la tensión de entrada  $F_o$ , lo cual se demuestra a través de la fórmula empírica de la forma:  $f_1 = KF_o^m \cdot e^{n \cdot H}$  donde  $K, m, n$  son constantes numéricas.

La tensión dinámica y la tensión estática tienen influencia en la inclinación de la aguja proporcional teórica (8).

### **Referencias bibliográficas**

FRONTEZAK, Z., 1975. *Influencia de la profundidad de ondulamiento de la tensión del hilo en máquinas lineales. Análisis textil.*

KORLINSKI, W., 1989. *Tecnología de tejido de punto.* Varsovia: Editorial Científico-Técnica.

OFFERMAN, P. y TAUSCH-MORTON, H., 1980. *Análisis de máquinas con tecnología de ondulamiento.* Leipzig.

SELOV, J.J.; DOLIDOVIC, A.S. and KUDRIAVEB, L.A., 1984. *Technologia.* Moscú: Trikotarro Proizvodstva.