



MATHEMATICAL MODELING OF THE STRESS-DEFORMED STATE OF A FUR PACKAGE WITH A CONSTANT CROSS SECTION UNDER THE ACTION OF A HEAT FIELD AND EXTERNAL FORCES

Temirova G.I.¹

¹ Bukhara Engineering Technological Institute, Uzbekistan

<https://doi.org/10.5281/zenodo.5136422>

ARTICLE INFO

Received: 15th July 2021

Accepted: 20th July 2021

Online: 25th July 2021

KEY WORDS

temperature stresses, Young's modulus, Cross-sectional area, heat transfer coefficient

ABSTRACT

The elements of a package of fur (hereinafter referred to as the material of fur), which are under the influence of thermal and external influences [1,2,3], are considered. The field of displacements, deformations and stresses of the structure of the elements of the package is built on the basis of the laws of temperature distribution [4,5,6].

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПАКЕТА МЕХА С ПОСТОЯННЫМ ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕПЛООВОГО ПОЛЯ И ВНЕШНИХ СИЛ

Темирова Г.И.¹

¹ Бухарский инженерно-технологический институт, Узбекистан

ИСТОРИЯ СТАТЬИ

Принято: 15 июля 2021 г.

Утверждено: 20 июля 2021 г.

Опубликовано: 25 июля 2021 г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

температурные напряжения, модуль Юнга, Площадь поперечного сечения, коэффициент теплообмена

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются элементы пакета меха (в дальнейшем называем как материал меха), находящийся под действием теплового и внешних воздействий [1,2,3]. Поле перемещений, деформаций и напряжений конструкции элементов пакета строится на основе законов распределения температуры [4,5,6].

Известно, что в конструкциях и материалах, где имеет место градиент температуры, имеет место температурные напряжения и они не могут свободно расширяться в некоторых направлениях. В некоторых

случаях температурные напряжения могут превышать границы прочности элементов конструкции. Поэтому, при конструировании следует учесть температурные напряжения и источники теплоты. Исследование при

таких сложных нагружениях напряженно-деформированное состояние конструкции становится достаточно сложной задачей [7,8,9].

Пусть рассматривается пакет меха пластинчатой формы, одна сторона которого достаточно длинная, а вторая сторона конечная, например $L = 80(\text{см})$. В этом случае задача приводится к плоской задаче. Площадь поперечного сечения пакета меха пластинчатой формы пусть будет $F = 20(\text{см}^2)$ и пусть она постоянна по всей длине пакета меха пластинчатой

формы. Пусть все края пакета меха пластинчатой формы крепко защемлены. Принимается, что коэффициент теплового расширения материала $\alpha = 125 \times 10^{-7} (1/^\circ\text{C})$, модуль Юнга $E = 2 \times 10^6 (\text{кг}/\text{см}^2)$.

Пусть, закон распределения температуры конструкции (пакета меха пластинчатой формы) задана в (рис.1):

$$T(x) = 10 + \frac{45x^2}{l^2}, \quad 0 \leq x \leq l. \quad (1)$$

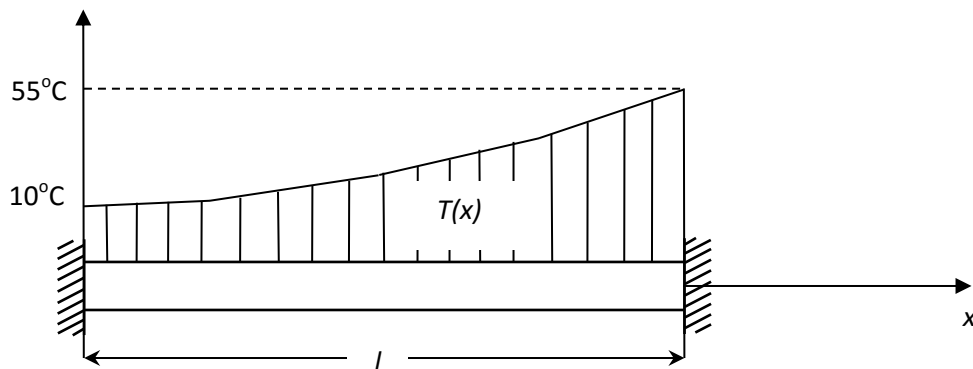


Рис.1. Расчетная схема жестко закрепленного пакета меха пластинчатой формы в поле

температуры

Рассмотрим пакет меха пластинчатой формы как один квадратичный конечный элемент, состоящий из трех частей. Тогда перемещения точек по длине пакета меха пластинчатой формы представим в виде:

$$u(x) = \varphi_i(x)u_i + \varphi_j(x)u_j + \varphi_k(x)u_k = \left(1 - \frac{2x}{l}\right)\left(1 - \frac{x}{l}\right)u_i + \frac{4x}{l}\left(1 - \frac{x}{l}\right)u_j + \frac{x}{l}\left(\frac{2x}{l} - 1\right)u_k, \quad 0 \leq x \leq l. \quad (2)$$

Если принимаем, что

$$u(x)|_{x=l} = u(x=l) = u(x=x_k) = u_k,$$

Тогда выражение полной энергии W можем писать в виде:

$$W = \int_V \frac{\sigma_x \varepsilon_x}{2} dV \mp P u_k, \quad (3)$$

где

σ_x, ε_x -напряжение и деформация, P - сжимающая сила (заданная сила).



Или, учитывая закон Гука

$$W = \int_V \frac{E \varepsilon_x \varepsilon_x}{2} dV \mp P u_k = \int_V \frac{E \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2}{2} dV \mp P u_k . \quad (4)$$

Здесь учитывая соотношения (2) и (3), выражение (4) можем писать в виде

$$W = \frac{E}{2l^4} \int_V \left[(16x^2 - 24lx + 9l^2)u_i^2 + 2(40lx - 32x^2 - 12l^2)u_i u_j + 2(16x^2 - 16lx + 3l^2)u_i u_k + 2(24lx - 4l^2 - 32x^2)u_j u_k + (16l^2 - 64lx + 64x^2)u_j^2 + (16x^2 - 8lx + l^2)u_k^2 \right] dV \mp P u_k . \quad (5)$$

Если учесть, что интеграл $\int_V f(x) dV$

можно представить в виде

$$\int_V f(x) dV = F \int_0^l f(x) dx , \quad (6)$$

тогда выражение (5) можно писать в виде

$$W = \frac{EF}{2l} \left[\frac{7}{3} u_i^2 - \frac{16}{3} u_i u_j + \frac{2}{3} u_i u_k - \frac{16}{3} u_j u_k + \frac{16}{3} u_j^2 + \frac{7}{3} u_k^2 \right] \mp P u_k . \quad (7)$$

Так как в точке $x = x_i = 0$ пакет меха пластинчатой формы жестко закреплена, то в этой точке $u_i = 0$. Учитывая это, будем минимизировать W по u_j и u_k . Тогда получим следующую систему:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial u_j} = 0; \Rightarrow \frac{EF}{2l} \left[-\frac{16}{3} u_i - \frac{16}{3} u_k + \frac{32}{3} u_j \right] &= 0; \\ \frac{\partial W}{\partial u_k} = 0; \Rightarrow \frac{EF}{2l} \left[\frac{2}{3} u_i - \frac{16}{3} u_j + \frac{14}{3} u_k \right] &= \pm P. \end{aligned} \right\}$$

Здесь учитывая, что $u_i = 0$, из вышеприведенной системы получим систему

$$\begin{cases} \frac{32}{3} u_j - \frac{16}{3} u_k = 0; \\ -\frac{16}{3} u_j + \frac{14}{3} u_k = \frac{\pm 2Pl}{EF}. \end{cases} \quad (8)$$

Из первого уравнения (8) определим зависимость между u_j и u_k

$$u_j = \frac{1}{2} u_k . \quad (9)$$

Найденное из (9) выражение u_j подставляя во второе уравнение (8), определим выражение u_k :

$$\begin{aligned} -\frac{8}{3} u_k + \frac{14}{3} u_k &= \frac{\pm 2Pl}{EF} \Rightarrow \\ 2u_k &= \frac{2Pl}{EF} \Rightarrow u_k = \frac{\pm Pl}{EF}. \end{aligned} \quad (10)$$

Подставляя это на (9), определим выражение u_j :

$$u_j = \frac{1}{2} u_k = \frac{\pm Pl}{2EF} . \quad (11)$$

Найденные из (10) и (11) выражения u_k и u_j совпадают с классическим решениями [10], полученными аналитически.

Таким образом установили, что на примере квадратичного элемента, состоящего из трех узлов, используя энергетический метод можно получить



решение, совпадающее с аналитическим решением.

Определим выражения деформаций и напряжений используя вышеприведенные соотношения. Тогда под действием температурных напряжений потенциальная энергия имеет вид [11]:

$$\Pi = \int_V \frac{\sigma_x \varepsilon_x}{2} dV - \alpha E \int_V T(x) \varepsilon_x dV \quad (12)$$

Здесь учитывая (11)

$$\Pi_1 = \int_V \frac{\sigma_x \varepsilon_x}{2} dV = \frac{EF}{2l} \left[\frac{7}{3} u_i^2 - \frac{16}{3} u_i u_j + \frac{2}{3} u_i u_k - \frac{16}{3} u_j u_k + \frac{16}{3} u_j^2 + \frac{7}{3} u_k^2 \right] \quad (13)$$

Теперь для второго члена (12)

$$\Pi_2 = \alpha E \int_V T(x) \varepsilon_x dV, \quad (14)$$

и интегрируя, находим следующее

$$\Pi_2 = \alpha E \int_V \left(10 + \frac{45x^2}{\ell^2} \right) \frac{1}{\ell^2} \left[(4x-3\ell)u_i + (4\ell-8x)u_j + (4x-\ell)u_k \right] dV = \alpha EF (-10u_i - 30u_j + 40u_k). \quad (15)$$

Подставляя (13) и (15) на (12), получим выражение потенциальной энергии конструкции пакета меха пластинчатой формы

$$\Pi = \frac{EF}{2l} \left[\frac{7}{3} u_i^2 - \frac{16}{3} u_i u_j + \frac{2}{3} u_i u_k - \frac{16}{3} u_j u_k + \frac{16}{3} u_j^2 + \frac{7}{3} u_k^2 \right] - \alpha EF (-10u_i - 30u_j + 40u_k). \quad (16)$$

Так как обе концы пакета меха пластинчатой формы жестко защемлены

$$u_i = u_k = 0$$

(17)

будем минимизировать потенциальную энергию по перемещениям точки j :

$$\frac{\partial \Pi}{\partial u_j} = 0,$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial u_j} = \frac{EF}{2l} \left[-\frac{16}{3} u_i - \frac{16}{3} u_k + \frac{32}{3} u_j \right] - \alpha EF (-30) = 0$$

Из этого уравнения, учитывая, что $u_i = u_k = 0$ согласно (17), получим уравнение:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial u_j} = \frac{16EF}{3l} u_j - 30\alpha EF = 0.$$

Отсюда

$$u_j = -\frac{90\alpha EFl}{16EF} = -\frac{45\alpha l}{8}. \quad (20)$$

(20) видно, что перемещение центральной точки пакета меха пластинчатой формы в поле устойчивого поля температуры прямо пропорционально только



коэффициенту температурного расширения материала и его длине.

Из выражения (16) определим выражение эластической деформации:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{l^2} [(4x-3l)u_i + (4l-8x)u_j + (4x-l)u_k] \quad (21)$$

Учитывая условия $u_i = u_k = 0$ и выражение u_j (11), выражение эластической деформации для пакета меха пластинчатой формы можно писать в виде:

$$\varepsilon_x = -\frac{45\alpha}{8l}(4l-8x). \quad (22)$$

Выражение эластической деформации в первом узле (i, j) можем писать в виде:

$$\varepsilon_{x(i,j)} = \varepsilon_x \Big|_{x=\frac{x_j-x_i}{2}} = \varepsilon_x \Big|_{x=\frac{l}{4}} = -\frac{45\alpha}{8l} \left(4l - 8 \frac{l}{4} \right) = -\frac{45\alpha}{8l} (4l - 2l) = -\frac{45\alpha}{4} \quad (23)$$

Аналогично, выражение эластической деформации во втором узле (i, j) :

$$\varepsilon_{x(j,k)} = \varepsilon_x \Big|_{x=x_j+\frac{x_k-x_j}{2}} = \varepsilon_x \Big|_{x=\frac{3l}{4}} = -\frac{45\alpha}{8l} \left(4l - 8 \frac{3l}{4} \right) = -\frac{45\alpha}{8l} \left(\frac{16l - 24l}{4} \right) = \frac{45\alpha}{4} \quad (24)$$

Теперь выражения эластических напряжений в первом и втором узлах пакета меха пластинчатой формы найдем используя закон Гука:

$$\sigma_{x(i,j)} = E\varepsilon_{x(i,j)} = -\frac{45E\alpha}{4};$$

$$\sigma_{x(j,k)} = E\varepsilon_{x(j,k)} = \frac{45E\alpha}{4}.$$

(25)

Определим температурные напряжения в первом и втором узлах пакета меха пластинчатой формы

$$\sigma_{T(i,j)} = \frac{\frac{l}{2} - \alpha E \int T(x) dx}{\frac{l}{2}};$$

$$\sigma_{T(j,k)} = \frac{\frac{l}{2} - \alpha E \int T(x) dx}{\frac{l}{2}}.$$

Вычислим интегралы, приведенные в (26):



$$1) \int_0^{\frac{\ell}{2}} T(x) dx = \frac{1}{\ell^2} \int_0^{\frac{\ell}{2}} (10\ell^2 + 45x^2) dx = \frac{1}{\ell^2} (10\ell^2 x + 15x^3) \Big|_0^{\frac{\ell}{2}} =$$

$$= \frac{1}{\ell^2} \left[5\ell^3 + \frac{15\ell^3}{8} \right] = \frac{40\ell^3 + 15\ell^3}{8\ell^2} = \frac{55\ell}{8}.$$

(27)

$$2) \int_{\frac{\ell}{2}}^{\ell} T(x) dx = \frac{1}{\ell^2} \int_{\frac{\ell}{2}}^{\ell} (10\ell^2 + 45x^2) dx = \frac{1}{\ell^2} \left[10\ell^2 x + 15x^3 \right]_{\frac{\ell}{2}}^{\ell} = \frac{145\ell}{8}.$$

(28)

Подставляя (27) и (28) на (26), получим:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{T(i,j)} &= -\alpha E \frac{55\ell}{8} = -\frac{55\alpha E}{8}; \\ \sigma_{T(j,k)} &= -\alpha E \frac{145\ell}{8} = -\frac{145\alpha E}{8}. \end{aligned} \right\}$$

(29)

Определим температурные напряжения в первом и втором узлах пакета меха пластинчатой формы:

$$\sigma_{(i,j)} = \sigma_{x(i,j)} + \sigma_{T(i,j)} = -\frac{45\alpha E}{4} - \frac{55\alpha E}{8} = -\frac{100\alpha E}{8} = -\frac{25\alpha E}{2}.$$

$$\sigma_{(j,k)} = \sigma_{x(j,k)} + \sigma_{T(j,k)} = -\frac{45\alpha E}{4} - \frac{145\alpha E}{8} = -\frac{190\alpha E}{8} = -\frac{47.5\alpha E}{2}.$$

(30)

Таким образом, в любом сечении пакета меха пластинчатой формы действительные температурные напряжения будут равны:

$$\sigma = -25\alpha E = -25 \cdot 125 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^6 = -625 \text{ (кг/см}^2\text{)}$$

Таким образом, сжимающее напряжение по оси будет

$$R = \sigma \cdot F = -25\alpha E F.$$

(31)

На основе проведенных вычислений определили, что сжимающая сила равна: $R = \sigma F = -625 \times 20 = -12500 \text{ (кг)}$. Полученные численные результаты совпадают с результатами, полученными в работах [10,11].

Эти сравнения показывают, что степень точности приведенного универсального вычислительного алгоритма достаточно высокий.

Пусть задан пакета меха пластинчатой формы конечной длины $L, \text{ (см)}$. Исследуем напряженно-деформированное состояние пакета меха пластинчатой формы. Пусть площадь поперечного сечения пакета меха пластинчатой формы равен $F, \text{ (см}^2\text{)}$. Пусть верхний конец пакета меха пластинчатой формы жестко закреплен, на нижний конец приложена растягивающая сила $P, \text{ (кг)}$.

Модуль Юнга пакета меха пластинчатой формы - $E, \text{ (кг/см}^2\text{)}$, коэффициент теплопроводности - $K_{xx}, \text{ (Вт/(см}^2 \cdot ^\circ\text{C))}$, коэффициент теплового расширения - $\alpha, \text{ (1/}^\circ\text{C)}$.

Дана температура на верхнем конце пакета меха пластинчатой формы $T = T(x=0) = T_1$. На участках $x_1 \leq x \leq x_2, x_3 \leq x \leq x_4, x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq x_4$

боковыми поверхностями и площадью поперечного сечения происходит теплообменный процесс с окружающей его средой. Здесь обозначим:

температуру окружающей среды через $T_{OC1}, T_{OC2}, T_{OC3}$, коэффициент теплообмена с окружающей средой, соответственно через h_1, h_2, h_3 . Предполагаем, что боковые поверхности участка $0 \leq x \leq x_1, x_2 \leq x \leq x_3, x_4 \leq x \leq L$ теплозащищены (рис.2).

Требуется определить растяжение под действием растягивающей силы пакета меха пластинчатой формы $P, T = T(x=0) = T_0$ и температуры окружающей среды $T_{OC1}, T_{OC2}, T_{OC3}$. Здесь надо учесть, что некоторые части пакета меха пластинчатой формы теплозащищены сбоку. Для этого рассматриваемый пакет меха пластинчатой формы длины L , будем дискретизировать квадратичными конечными элементами.

Дискретизируем сбоку теплоизолированную пакет меха пластинчатой формы $0 \leq x \leq x_1, x_2 \leq x \leq x_3, x_4 \leq x \leq L$ равными квадратичными элементами. Пусть, длина каждого элемента равен $\Delta l_1 = \frac{x_1 - x_0}{N_1} = \frac{x_3 - x_2}{N_2} = \frac{L - x_4}{N_3}$. Участки, на

которых происходит теплообменный процесс (с боковыми поверхностями) с внешней средой, дискретизируем квадратичными элементами длиной $\Delta l_2 = \frac{x_2 - x_1}{N_4} = \frac{x_4 - x_3}{N_5}$.

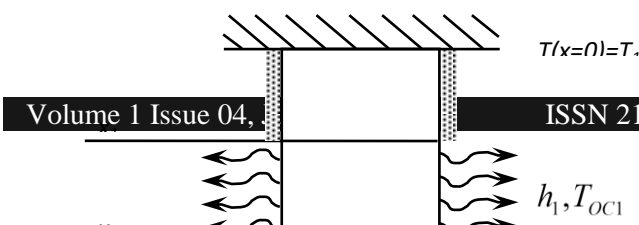
Рис. 2. Расчетная схема задачи

Тогда функционал, выражающий сохранение или изменение полной тепловой энергии для, для имеет вид [11]

$$I_i = \int_{V_i} \frac{K_{xx}}{2} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV, \quad 0 \leq x \leq x_1, x_2 \leq x \leq x_3, x_4 \leq x \leq L, \quad (32)$$

где i - номер элемента.

Пусть, происходит теплообменный процесс с поперечным сечением нижнего конца пакета меха пластинчатой формы с внешней окружающей средой. Пусть температура окружающей среды T_{OC3} , коэффициент тепло-обменного процесса с окружающей средой h_3 . Тогда для





защищенного сбоку от теплообменного процесса последнего элемента вышеприведенный функционал имеет следующий вид:

$$I_n = \int_{V_n} \frac{K_{xx}}{2} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV + \int_{S_{nnc}^n} \frac{h_3}{2} (T - T_{oc3})^2 dS,$$

где n - номер последнего элемента пакета меха пластинчатой формы, S_{nnc}^n - площадь поперечного сечения нижнего конца пакета меха пластинчатой формы.

Пусть происходит теплообменный процесс с внешней окружающей средой боковой поверхностью участка $x_1 \leq x \leq x_2$ пакета меха пластинчатой формы. Температура окружающей среды T_{oc1} , коэффициент теплообмена с окружающей внешней средой h_1 . Тогда, для для конечных элементов, относящихся к этой участке, функционал I_j имеет вид:

$$I_j = \int_{V_j} \frac{K_{xx}}{2} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV + \int_{S_{non}^j} \frac{h_1}{2} (T - T_{oc1})^2 dS, \\ x_1 \leq x \leq x_2, \quad (33)$$

где j - номер конечного элемента пакета меха пластинчатой формы на участке $x_1 \leq x \leq x_2$, S_{non}^j - площадь боковой поверхности j -го элемент пакета меха пластинчатой формы. Точно так же происходит теплообменный процесс через боковую поверхность участка

$x_3 \leq x \leq x_4$ ч внешней средой. Здесь температура внешней среды- T_{oc2} , коэффициент теплообмена с внешней средой - h_2 . Тогда для конечных элементов, относящихся к этой участке, вышеприведенный интеграл имеет вид

$$I_k = \int_{V_k} \frac{K_{xx}}{2} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV + \int_{S_{non}^k} \frac{h_2}{2} (T - T_{oc2})^2 dS, \\ x_3 \leq x \leq x_4, \quad (34)$$

Где S_{non}^k - площадь боковой поверхности элемента пакета меха пластинчатой формы.

Тогда для полного пакета меха пластинчатой формы вышеприведенный функционал имеет вид:

$$I = I_i + I_j + I_k + I_n. \quad (35)$$

Температура на верхней границе пакета меха пластинчатой формы задана $T(x=0) = T_1$, и если функционал (35) минимизировать по температурам T_2, T_3, \dots, T_{n+1} , в узловых точках $2, 3, \dots, n+1$, тогда получим следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$\frac{\partial I}{\partial T_i} = 0, i = 2, 3, \dots, n+1. \quad (36)$$

Решив систему (36), определим значения температур $(T_2, T_3, \dots, T_{n+1})$ в узловых точках.



Теперь, пусть длина пакета меха пластинчатой формы $L = 80(см)$, значение растягивающей силы $P = 1000(кГ)$, площадь поперечного сечения пакета меха пластинчатой формы $F = 20(см^2)$, модуль Юнга пакета меха пластинчатой формы $E = 2 \cdot 10^6(кГ/см^2)$, коэффициент теплопроводности $K_{xx} = 72(Вт/см^{\circ}C)$, коэффициент теплового расширения $\alpha = 125 \cdot 10^{-7}(1/^{\circ}C)$, $T_1 = 60(^{\circ}C)$ и $x_1 = 16(см)$, $x_2 = 32(см)$, $x_3 = 48(см)$, $x_4 = 64(см)$, $x_5 = L$.

Вариант I.

$h_1 = h_2 = h_3 = 10(Вт/см^2 \cdot ^{\circ}C)$, $T_{oc1} = T_{oc2} = T_{oc3} = 20(^{\circ}C)$. Число конечных элементов - 800. Число узловых точек - 1601. Длины конечных элементов одинаковы: $\Delta l = 80(см)/800 = 0,1(см)$.

В этом случае значения температур в 1601 узловых точках пакета меха пластинчатой приведены в таблице 1. На рис.2 приведено распределение поля температуры по длине.

Из рис 1 и рис. 2, а также из таблицы 1 видно, что, в этом случае

Таблица 1. Закон распределения температуры в точках пакета меха пластинчатой формы при $T_{oc1} = T_{oc2} = T_{oc3} = 20(^{\circ}C)$.

T1= 24,0000000	T35= 23,9191529	T70= 20,0457544	T105= 20,0019617	T140= 20,0000559
T5= 34,8458907	T40= 21,7101294	T75= 20,0386337	T110= 20,0008571	T145= 20,0000478
T10= 39,5865956	T45= 20,7468463	T80= 20,0315131	T115= 20,0003769	T150= 20,0000397
T15= 	T50= 	T85= 20,0243924	T120= 20,0001714	T155=

распределение температуры по длине пакета меха пластинчатой формы имеет форму плоской непрерывной кривой.

Здесь растяжение пакета меха пластинчатой формы под действием, на основе результатов работы [12], будет равно $\Delta l_T = \alpha \int_0^L T(x) dx = 0,0248791929(см)$.

Тогда пакет меха пластинчатой формы растягивается под действием растягивающей силы $P = 1000(кГ)$ на

$$\Delta l_p = \frac{PL}{EF} = 0,002(см), \quad \text{и} \quad \text{полное}$$

растяжение пакета меха пластинчатой формы будет равно

$$\Delta l = \Delta l_T + \Delta l_p = 0,0268791929(см).$$

Здесь растяжение под действием распределения температурного поля пакет меха пластинчатой формы под действием растягивающей силы P будет

$$\text{больше} \quad N = \frac{\Delta l_T}{\Delta l_p} = 12,43959645.$$

Вариант II. Пусть,

$h_1 = h_2 = h_3 = 10(Вт/см^2 \cdot ^{\circ}C)$, $T_{oc1} = T_{oc2} = T_{oc3} = 30(^{\circ}C)$. Числовые значения для этого варианта приведены в таблице 1.



39,3273004	20,3276018	T90= 20,0172718	T125= 20,0000906	20,0000316
T20= 39,0680053	T55= 20,1469982	T95= 20,0101511	T130= 20,0000721	T160= 20,0000235
T25 33,8087101	T60= 20,0734752	T100= 20,0044952	T135= 20,0000640	T160= 20,0000233
T30= 28,5494150	T65= 20,0528751			

Сравнивая результаты, полученные в вариантах I и II, приходим к следующему выводу: если температура окружающей среды повысится на 5 (от $T_{oc} = 20(^{\circ}C)$ до $T_{oc} = 30(^{\circ}C)$), растяжение пакета меха пластинчатой формы, растягивается на 12,84%.

Поле распределения температуры по длине пакет меха пластинчатой формы выражается плоской непрерывной кривой. В этом варианте растяжение под воздействием температурного поля будет равно $\Delta L_T = 0,0336593947(см)$.

Таблица 2. Распределение поля температуры в точках пакета меха пластинчатой формы (при $T_{oc1} = T_{oc2} = T_{oc3} = 30(^{\circ}C)$).

T1= 30,0000000	T35= 32,9393647	T70= 30,0343158	T105= 30,0014712	T1400 30,0000419
T5= 36,1344181	T40= 31,2825971	T75= 30,0289753	T110= 30,0006428	T145= 30,0000358
T10= 32,1899467	T45= 30,5601347	T80= 30,0236348	T115= 30,0002827	T150= 30,0000298
T15= 34,2454753	T50= 30,2457014	T85= 30,0182943	T120= 30,0001285	T155= 30,0000237
T20= 34,3010040	T55= 30,1102487	T90= 30,0129538	T125= 30,0000679	T160= 30,0000176
T25= 35,3565326	T60= 30,0551064	T95= 30,0076133	T130= 30,0000541	T161= 30,0000175
T30= 36,4120612	T65= 30,0396563	T100= 30,0033714	T135= 30,0000480	

Литературы:



1. Темирова Г.И., Ибрагимова К.И., Разумеев К.Э., Черунова И.В., Ташпулатов С.Ш. Разработка новой технологии использования отходов меховых полуфабрикатов // Журнал "Текстильная и легкая промышленность" (Швейная промышленность / Кожевенно-обувная промышленность), 2019, №1, С.34-35 (05.00.00; № 77).
2. Темирова Г.И., Ибрагимова К.И., Черунова И.В., Ташпулатов С.Ш. Разработка технологии проектирования и способов изготовления швейных изделий из меха на основе ресурсосбережения // Журнал "Текстильная и легкая промышленность" (Швейная промышленность / Кожевенно-обувная промышленность), 2019, №1, С.35-36 (05.00.00; № 77).
3. Темирова Г.И., Холиков К.М., Ташпулатов С.Ш., Кодиров Т.Ж., Черунова И.В., Хакимжонов И.Ш. Перспективные направления использования коллагенсодержащих материалов при изготовлении изделий различного ассортимента // Научно-технический журнал Наманганского инженерно-технологического института, 2020, №1, С.63-67 (05.00.00; № 33).
4. Ташпулатов С.Ш., Темирова Г.И., Черунова И.В. и др. Способ изготовления изделий из меха. Патент на изобретение RU 2 705 148 по заявке № 2019127293/12(053502) от 29.08.2019 г., ФИПС (РОСПАТЕНТ).
5. Битус Е.И., Ташпулатов С.Ш., Темирова Г.И. и др. Пальто меховое женское. Патент на промышленный образец RU 1 180 86 по заявке №2019502706/49 от 26 июня 2019 г., ФИПС (РОСПАТЕНТ).
6. Temirova G.I. The importance of preparing a natural fur coat the importance of preparing a natural fur coat//Eurasian Journal of Science and Technology, Vol. 2019, (2), p.p.9-10.
7. Temirova G.I. Resource thrifty methods of connecting natural fur to main detailnovateur publications // JournalNX-A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal. ISSNNo: 2581-4230, VOLUME 6, ISSUE 5, May-2020, p.p. 45-47.
8. Temirova G.I., Tashpulatov S.Sh. Analysis of art decoration used in sewingitems//The latest research in modern science: experience, traditions
9. and innovations: Proceedins of the VII International Scientific Conference, North Charleston, SC, USA. 20-21 June, 2018, p.p. 41-44.
10. Temirova G.I., Tashpulatov S.Sh., Cherunova I.V. Production technology from natural power On the full-termological technology//The latest research in modern science: experience, traditions and innovations: Proceedins of the VII International Scientific Conference, North Charleston, SC, USA, 20-21 June, 2018, p.p. 44-47.
11. Новые материалы / под ред. Ю. С. Карабасова. – Москва : МИСИС, 2002. – 362 с.
12. Дружинина, Т. В. Полимерные композиционные материалы: основные понятия, получение и свойства полимерных матриц: учебное пособие / Т. В. Дружинина [и др.]. – Москва : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2010. – 44 с..
13. Власенко, В. И. Возможности использования многослойных многофункциональных текстильных композитов / В. И. Власенко, С. И. Ковтун, Н. П. Березненко // Технический текстиль. – 2005. – № 12. – С. 23–25.