

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

# **ВІСНИК**

**КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ**

Серія «Технічні науки»

**№ 4 (112), 2017**

Наукове фахове видання

Періодичність виходу: 6 разів на рік

Дата заснування: грудень 1999 р.

*Київ 2017*



**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**

# **BULLETIN**

**of the KYIV NATIONAL UNIVERSITY  
of TECHNOLOGIES and DESIGN**

Technical Science Series

**№4 (112), 2017**

Scientific Specialized Edition

Issued: 6 times a year

Founded: December, 1999

*Kyiv 2017*

**The owner of «BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design» is**

**KYIV NATIONAL UNIVERSITY OF TECHNOLOGIES AND DESIGN**

This Scientific Specialized Journal is the successor of the edition «Proceedings of Higher educational establishments. Technology of the light industry», which was published by Kiev Technological Institute of Light Industry from March, 1958 (USSR)

**№4 (112) 2017** The state registration of print media is KB № 19330-9130 ПП, originating date 08.08.2012

License for publishing activity is ДК № 993, originating date 24.07.2002

The journal is listed & reregistered in Higher Attestation Commission of Ukraine:  
- № 747, originating date 13.07.2015. Fields: technological, economical.

---

**ISSN 1813-6796** The journal is registered in ISSN International Centre, Paris, originating date is 22.12.2004

The journal is abstracted and indexed by Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost, WorldCat, ПИИЦ, Index Copernicus, Research Bible, SJIF, PBN, JIF, OAJI, InfoBase Index, ISI, UIF, CiteFactor, Google Scholar

---

**Owner and Publisher:** Kyiv National University of Technologies and Design  
Ukraine, 01011, Kyiv, 2, Nemyrovych-Danchenko, Str.

---

**Editor-in- Chief:** **Ivan M. Gryshchenko** - Dr., professor, Member of NAPS of Ukraine

---

**Deputy Editor:** **Viktor V. Kaplun** - Dr., professor

---

Scientific fields: Mechatronic Systems. Energy Efficiency & Resource Saving. Materials Science. Textile and Apparel Manufacturing. Metrology, testing and quality certification. Chemical, Biopharmaceutical Technologies, Design & Art Appreciation.

The journal is aimed at a wide range of researchers, professors, students, and graduate students and to bring the results of scientific research carried out under a variety of intellectual traditions and organizations of procedures to the attention of a specialized readership.

**EDITORIAL OFFICE:**

01011, Ukraine, Kyiv, 2, Nemyrovych-Danchenko, Str., office 1-252

Tel./fax: +38 (044) 256-29-86

e-mail: [vistnuk@knuvd.com.ua](mailto:vistnuk@knuvd.com.ua)

<http://vistnyk.knuvd.com.ua/>

---

**Recommendations from Science Council of Kyiv National University of Technologies and Design, Protocol № 11, originating date 29.06.2017**

---

Articles are published in the original language. The authors are responsible for the translation, authenticity of facts, quotations, proper names, geographic names, names of enterprises and other information.

The Editorial Office's and author's consent is needed prior to republishing or translating the articles.

ЗМІСТ

**МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ.  
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ**

1. **ФОМИН В.М.** Применение метода граничных элементов при исследовании квазистатических задач для железобетонных балок и рам с учетом физической и геометрической нелинейностей и пластичности бетона 11
2. **РЕЗАНОВА В.Г.** Математичне моделювання та комп'ютерна візуалізація процесу специфічного волокнуотворення 19
3. **ГАПШЕНКО В.С., ЕНЬКОВ Е.У., КОРНЫЛО И.М.** Прочность полос бетона и работа арматуры плосконапряженных железобетонных дисков с трещинами 27
4. **СЕБКО В.В., ЗДОРЕНКО В.Г.** Вимірювальний контроль температури плоских виробів на основі реалізації методу визначення компонентів різницевого сигналу багатопараметрового перетворювача 33
5. **АКУЛЕНКО Л.Д., ЛЕЩЕНКО Д.Д., КОЗАЧЕНКО Т.А., ЗИНКЕВИЧ Я.С.** Динамика волчка лагранжа под действием возмущающих моментов сил 42
6. **КОБРИНЕЦ В.М., БЕКИРОВА М.М., КАЛИНИНА Т.А.** Проблема устойчивости идеальных и реальных стержней 51
7. **КАПЛУН В.В., КРАСНИЦЬКИЙ С.М., БОБРОВНИК В.М., ЖУЛАЙ Г.С.** Математичне моделювання електроспоживання у будівлях вищих навчальних закладів. Повідомлення 1 61
8. **ПЛЕШКО С.А., КОВАЛЬОВ Ю.А.** Динаміка гальмування круглов'язальної машини з черв'ячним приводом 69

**МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО, ШВЕЙНЕ ТА ТЕКСТИЛЬНЕ  
ВИРОБНИЦТВО. МЕТРОЛОГІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ**

9. **ГОНДАРЧУК П. М., ПЕРВАЯ Н.В., ВЛАСЕНКО А.Ю.** Морфологічні та антропометричні дослідження стоп поранених з односторонньою ампутацією нижньої кінцівки 75
10. **КУРГАНСЬКА М.М., ВАСИЛЕНКО В.М., КУРГАНСЬКИЙ А.В., САКОВЕЦЬ В.В., МАЛІЙ А.О., ОПАНАСЕНКО К.В.** Прогнозування динамічних характеристик ізоляції комплектів одягу в умовах низьких температур 82
11. **ПРОДАНЧУК І.В., МОРОЗ О.С.** Аналіз дизайн-проектуювання жіночих жилетів з натурального хутра 89
12. **БАШКИНА В.Н., ГОРБАЧИК В.Е.** Исследование методик градуирования деталей обуви и оценка соответствия размеров колодки и заготовки 97
13. **КУЩЕВСЬКИЙ М.О.** Структуровані води як робоче середовище для формування головних уборів 104
14. **СЛІЗКОВ А.М., ПОПОВ В.П., ГУДЗЕНКО. О.С.** Розробка методу визначення зміни товщини утеплювальних прокладок при деформації стискання 111

- 
- 
15. **ЩУЦЬКА Г.В.** Основні аспекти розробки виробів медичного призначення із заданими вологотрансферними характеристиками 117
16. **СУПРУН Н.П.** Основні аспекти розробки сучасного шпитального одягу 124
17. **НІКУЛІНА А.В., ЄГОРОВА Т.Г.** Формування модельного ряду жіночих суконь на основі модульного проектування 130

### ХІМІЧНІ ТА БІОФАРМАЦЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

18. **НОВАК Д. С., БЕЙКО Н. М., САЙТАРЛИ С. В.** Дослідження термоеластопластів на основі сумішей поліпропілену з еластомером 136
19. **КУЧЕРЕНКО Є.В., БУДАШ Ю.О., ПЛАВАН В.П., ЛИТВИНОВА О.І.** Регулювання фізико-механічних властивостей нетканих матеріалів на основі волокнистих відходів 142
20. **РЕЗАНОВА Н.М., БУЛАХ В.Ю., САВЧЕНКО Б.М., ТАТАРЕНКО В.В.** Закономірності течії та структуроутворення в компатибілізованих сумішах полімерів 148
21. **ЩЕНКО О.В., ПЛАВАН В.П., ЛЯШОК І.О., ШМІДТ І.В., КРАВЕЦЬ О.А.** Отримання нетканих матеріалів на основі полімерних біосумісних волокон 155

### ДИЗАЙН ТА МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

22. **ПОПОВА Т.І., ЛОСЬ М.В.** Формування напрямів дизайн-проектування жіночого ділового одягу на основі принципів трансформації 162
23. **НАДОПТА Т.А.** Принципи аналітичного моделювання абрисів прототипу взуття 168
24. **ВИННИЧУК М.С., КОЛОСНІЧЕНКО М.В.** Стилiстичні особливості при проектуванні ювелірних виробів 174
25. **ІСАЄВ О.А., БОГОМАЗЮК Т.М., ПАШКЕВИЧ К.Л., ГЕРАСИМЕНКО О.Д., ТКАЧУК О.Д.** Прогнозування асортименту сучасних колекцій дитячого одягу 182

УДК 620.193.4:  
624.012.45

**ФОМИН В.М.**

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ  
ИССЛЕДОВАНИИ КВАЗИСТАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ДЛЯ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК И РАМ С УЧЕТОМ  
ФИЗИЧЕСКОЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ И  
ПЛАСТИЧНОСТИ БЕТОНА**

*Цель.* Построение алгоритма, позволяющего применять метод граничных элементов (МГЭ) для решения квазистатических задач пространственного изгиба железобетонных балок и рам.

*Методика.* Построение вектора  $dw_q(s)$  частных решений системы дифференциальных уравнений пространственного изгиба железобетонных балок и рам с учетом физической и геометрической нелинейностей, предложенных в, и матрицы  $A(s)$  фундаментальных решений задач Коши для однородной системы дифференциальных уравнений, соответствующей этой системе, необходимых для построения алгоритма метода граничных элементов.

*Результаты.* С помощью указанных матриц построен пошаговый вычислительный алгоритм, основанный на методе граничных элементов, позволяющий исследовать пространственный изгиб железобетонных балок и рам, и приведен конкретный пример подобного исследования.

*Научная новизна.* Впервые построен алгоритм, основанный на методе граничных элементов, позволяющий решать нелинейные задачи изгиба для стержневых систем.

*Практическая значимость.* Возможность построения эффективных методов расчета каркасных железобетонных сооружений на квазистатические и динамические воздействия.

*Ключевые слова:* метод граничных элементов, железобетонные балки и рамы, физическая и геометрическая нелинейности, пластичность бетона, пространственный изгиб.

**Введение.** Как уже отмечалось в [1], прямой динамический расчет пространственных рамных железобетонных конструкций с учетом нелинейной работы и пластических свойств материалов на динамические воздействия является сложной задачей. В настоящее время он в основном производится с помощью метода конечных элементов. Порядок системы разрешающих уравнений метода конечных элементов очень высок, особенно в случаях учета нелинейных и пластических свойств материалов.

**Постановка задачи.** Вследствие вышесказанного возникает необходимость в использовании альтернативных методов, например метода граничных элементов, для применения которого необходимо наличие дифференциальных уравнений изгиба и методика построения матрицы фундаментальных решений задачи Коши для этих уравнений и матрицы столбца частных решений, зависящих от заданной нагрузки. Построение алгоритма, позволяющего применять метод граничных элементов для решения статических и динамических задач пространственного изгиба железобетонных балок и рам, является целью настоящей работы.

**Результаты исследования.** Система дифференциальных уравнений пространственного изгиба железобетонной балки в приращениях угловых перемещений с учетом физической и геометрической нелинейностей и пластичности бетона имеет следующий вид [1]:

$$\sum_{r=1}^3 [X_{i,r}(s)d\xi_r'' + Y_{i,r}(s)d\xi_r' + Z_{i,r}(s)d\xi_r] + \sum_{k=1}^3 \tilde{U}_{1,k}(s)dF_k = 0 \quad (i = 1,2,3) \quad (1)$$

с граничными условиями на левом конце

$$\sum_{r=1}^3 V_{i,r}d\xi_r(0) + \sum_{r=1}^3 V_{i,r+3}d\xi_r'(0) + \sum_{k=1}^3 W_{i,k}dF_k + dM_{o,i} = 0 \quad (i = 1,2,3) \quad (2)$$

где  $s$  – дуговая координата поперечного сечения балки,  $d\xi$  – вектор с элементами

$$d\xi_1 = d\phi, d\xi_2 = d\psi, d\xi_3 = d\theta \quad (2a)$$

( $d\phi, d\psi, d\theta$  - приращения углов Крылова, определяющие изменение ориентации системы координат  $y_1, y_2, y_3$  ( $y_2, y_3$  – главные центральные оси инерции сечения) относительно неподвижной системы координат  $x_1, x_2, x_3$ , вызванные приращениями силы  $F$  и момента  $M_0$ , приложенных к левому концу балки (рис. 1 [1])). Недостающие три граничных условия определяются условиями закрепления балки.

В [2] приведены выражения для направляющих косинусов  $\alpha_{i,j}$  ( $i, j = 1, 2, 3$ ) ортов осей  $y_1, y_2, y_3$  в системе координат  $x_1, x_2, x_3$  через углы Крылова  $\phi, \psi$  и  $\theta$ :

$$\begin{aligned} \alpha_{1,1} &= \cos \phi \cos \psi, \alpha_{1,2} = \sin \phi \cos \psi, \alpha_{1,3} = -\sin \psi, \\ \alpha_{2,1} &= \cos \phi \sin \psi \sin \theta - \sin \phi \cos \theta, \alpha_{2,2} = \sin \phi \sin \psi \sin \theta + \cos \phi \cos \theta, \alpha_{2,3} = \cos \psi \sin \theta, \\ \alpha_{3,1} &= \cos \phi \sin \psi \cos \theta + \sin \phi \sin \theta, \alpha_{3,2} = \sin \phi \sin \psi \cos \theta - \cos \phi \sin \theta, \alpha_{3,3} = \cos \psi \cos \theta. \end{aligned} \quad (3)$$

Поскольку для железобетонных балок углы  $\phi, \psi, \theta$ , а также  $\phi', \psi'$  и  $\theta'$  малы, то можно принять, что  $\cos \phi = \cos \psi = 1, \sin \phi = \phi, \sin \psi = \psi$ . Кроме того, можно пренебречь произведениями малых величин. Тогда формулы (3) примут следующий вид:

$$\begin{aligned} \alpha_{1,1} &= 1, \alpha_{1,2} = \phi, \alpha_{1,3} = -\psi, \\ \alpha_{2,1} &= -\phi, \alpha_{2,2} = 1, \alpha_{2,3} = \theta, \\ \alpha_{3,1} &= \psi, \alpha_{3,2} = -\theta, \alpha_{3,3} = 1. \end{aligned} \quad (3a)$$

Из равенства  $dx'_{C,i} = d\alpha_{1,i}$  ( $i = 1, 2, 3$ )

( $x_{C,i}$  ( $i = 1, 2, 3$ ) - координаты центра тяжести сечения) и (3a) следует, что

$$dx'_{C,2} = d\phi, dx'_{C,3} = -d\psi.$$

Тогда уравнения (1) и граничные условия (2) могут быть представлены так:

$$\begin{aligned} X_{i,1}(s)dx'''_{C,2} - X_{i,2}(s)dx'''_{C,3} + X_{i,3}(s)d\theta'' + Y_{i,1}(s)dx''_{C,2} - Y_{i,2}(s)dx''_{C,3} + \\ + Y_{i,3}(s)d\theta' + Z_{i,1}(s)dx'_{C,2} - Z_{i,2}(s)dx'_{C,3} + Z_{i,3}(s)d\theta + \sum_{k=1}^3 \tilde{U}_{i,k}(s)dF_k = 0 \quad (i = 1, 2, 3), \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} V_{i,1}dx'_{C,2}(0) - V_{i,2}dx'_{C,3}(0) + V_{i,3}d\theta(0) + V_{i,4}dx''_{C,2}(0) - V_{i,5}dx''_{C,3}(0) + \\ + V_{i,6}d\theta'(0) + \sum_{k=1}^3 W_{i,k}dF_k + dM_i(0) = 0 \quad (i = 1, 2, 3). \end{aligned} \quad (5)$$

Из соотношения

$$dQ_m(0) = -\sum_{k=1}^3 \beta_{k,m}(0)dF_k \quad (m = 1, 2, 3)$$

( $dQ_m(0)$  – проекции приращения главного вектора внутренних усилий в поперечном сечении на оси  $y_m$  ( $m = 1, 2, 3$ ),  $\beta_{k,m}$  ( $k, m = 1, 2, 3$ ) - направляющие косинусы ортов осей  $x_1, x_2, x_3$  в системе координат  $y_1, y_2, y_3$ ,  $\beta_{k,m} = \alpha_{m,k}$ ) вытекает, что

$$dF_m = -\sum_{k=1}^3 \alpha_{m,k}(0)dQ_k(0) \quad (m = 1,2,3) \quad (6)$$

Тогда уравнения (4) примут следующий вид:

$$X_{i,1}(s)dx_{C,2}''' - X_{i,2}(s)dx_{C,3}''' + X_{i,3}(s)d\theta'' + Y_{i,1}(s)dx_{C,2}'' - Y_{i,2}(s)dx_{C,3}'' + \quad (7)$$

$$+ Y_{i,3}(s)d\theta' + Z_{i,1}(s)dx_{C,2}' - Z_{i,2}(s)dx_{C,3}' + Z_{i,3}(s)d\theta = \sum_{m=1}^3 \tilde{U}_{i,m} dQ_m(0) \quad (i = 1,2,3),$$

где  $\tilde{U}_{i,m} = \sum_{k=1}^3 \tilde{U}_{i,k} \alpha_{k,m}(0)$ , а граничные условия (5) – такой:

$$V_{i,1}dx_{C,2}'(0) - V_{i,2}dx_{C,3}'(0) + V_{i,3}d\theta(0) + V_{i,4}dx_{C,2}''(0) - V_{i,5}dx_{C,3}''(0) + \quad (8)$$

$$+ V_{i,6}d\theta'(0) = \sum_{m=1}^3 \tilde{W}_{i,m} dQ_m(0) - dM_i(0) \quad (i = 1,2,3),$$

где  $\tilde{W}_{i,m} = \sum_{k=1}^3 W_{i,k} \alpha_{k,m}(0)$ .

Введем обозначения

$$y_1 = dx_{C,2}(0), y_2 = dx_{C,3}(0), y_3 = dx_{C,2}'(0), y_4 = dx_{C,3}'(0), \quad (9)$$

$$y_5 = d\theta(0), y_6 = dx_{C,2}''(0), y_7 = dx_{C,3}''(0), y_8 = d\theta'(0).$$

Пусть  $z_{n,k}(s)$  ( $n = 1,2,3; k = 1,2,\dots,8$ ) - фундаментальная система решений задачи Коши для однородной системы дифференциальных уравнений, соответствующей системе (7), т.е.  $z_{1,k}(s) = dx_{C,2}(s)$ ,  $z_{2,k}(s) = dx_{C,3}(s)$ ,  $z_{3,k}(s) = d\theta(s)$  ( $k = 1,2,\dots,8$ ) при выполнении следующих условий:

$$y_j = \delta_{j,k} \quad (j = 1,2,\dots,8).$$

( $\delta_{j,k}$  - символ Кронекера). Обозначим через  $z_{q,j,m}(s)$  ( $j, m = 1,2,3$ ) - множество частных решений  $dx_{q,C,2}(s), dx_{q,C,3}(s), \theta_q(s)$  системы (7) при нулевых начальных условиях и при столбце правых частей, состоящем из элементов  $\tilde{U}_{i,m}$  ( $m = 1,2,3$ ).

Для приближенного построения этих решений разобьем балку на ряд сегментов, в пределах каждого из которых коэффициенты  $X_{i,j}(s), Y_{i,j}(s), Z_{i,j}(s)$  будем считать постоянными и равными  $X_{i,j}(s_m), Y_{i,j}(s_m), Z_{i,j}(s_m)$  ( $s_m$  - дуговая координата начала сегмента,  $m$  - его номер) соответственно. Применяя теорию линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами, находим решения  $dx_{C,2}(s), dx_{C,3}(s), d\theta(s)$  на первом сегменте при соответствующих начальных условиях. Затем находим решения этой системы на втором сегменте, используя в качестве начальных условий значения функций  $dx_{C,2}(s), dx_{C,3}(s), d\theta(s)$  и их производных в конце первого сегмента и т.д.

Разрешая систему алгебраических уравнений (8) относительно  $d\theta'(0), dx_{C,2}''(0)$  и  $dx_{C,3}''(0)$ , получаем

$$\begin{aligned} dx''_{C,2}(0) &= \tilde{V}_{1,1} dx'_{C,2}(0) + \tilde{V}_{1,2} dx'_{C,3}(0) + \tilde{V}_{1,3} d\theta(0) + \sum_{m=1}^3 \tilde{V}_{1,m+3} dM_m(0) + \sum_{m=1}^3 \tilde{V}_{1,m+6} dQ_m(0), \\ dx''_{C,3}(0) &= \tilde{V}_{2,1} dx'_{C,2}(0) + \tilde{V}_{2,2} dx'_{C,3}(0) + \tilde{V}_{2,3} d\theta(0) + \sum_{m=1}^3 \tilde{V}_{2,m+3} dM_m(0) + \sum_{m=1}^3 \tilde{V}_{2,m+6} dQ_m(0), \\ d\theta'(0) &= \tilde{V}_{3,1} dx'_{C,2}(0) + \tilde{V}_{3,2} dx'_{C,3}(0) + \tilde{V}_{3,3} d\theta(0) + \sum_{m=1}^3 \tilde{V}_{3,m+3} dM_m(0) + \sum_{m=1}^3 \tilde{V}_{3,m+6} dQ_m(0), \end{aligned} \quad (10)$$

Решения однородной системы, соответствующей системе (7), а также их производные могут быть выражены через фундаментальные решения задачи Коши следующим образом:

$$\begin{aligned} dx_{C,2}(s) &= \sum_{j=1}^8 y_j z_{1,j}(s), dx'_{C,2}(s) = \sum_{j=1}^8 y_j z'_{1,j}(s), dx''_{C,2}(s) = \sum_{j=1}^8 y_j z''_{1,j}(s), \\ dx_{C,3}(s) &= \sum_{j=1}^8 y_j z_{2,j}(s), dx'_{C,3}(s) = \sum_{j=1}^8 y_j z'_{2,j}(s), dx''_{C,3}(s) = \sum_{j=1}^8 y_j z''_{2,j}(s), \\ d\theta(s) &= \sum_{j=1}^8 y_j z_{3,j}(s), d\theta'(s) = \sum_{j=1}^8 y_j z'_{3,j}(s), \end{aligned} \quad (11)$$

Для нахождения  $dM_i(s)$  и  $dQ_i(s)$  ( $i = 1,2,3$ ) используем формулу (21) [1]:

$$\begin{aligned} dM_i &= \sum_{r=1}^3 (M_i)_r^{(3)} d\xi_r + \sum_{r=1}^3 (M_i)_{r+3}^{(3)} d\xi'_r + \sum_{k=1}^3 (M_i)_k^{(4)} dF_k \quad (i = 1,2,3), \\ dQ_i &= \sum_{r=1}^3 (Q_i)_r^{(3)} d\xi_r + \sum_{r=1}^3 (Q_i)_{r+3}^{(3)} d\xi'_r + \sum_{k=1}^3 (Q_i)_k^{(4)} dF_k \quad (i = 1,2,3). \end{aligned}$$

Из (6) получаем

$$\begin{aligned} dM_i(s) &= \sum_{r=1}^3 (M_i)_r^{(3)}(s) d\xi_r(s) + \sum_{r=1}^3 (M_i)_{r+3}^{(3)}(s) d\xi'_r(s) - \sum_{m=1}^3 (M_i^*)_m^{(4)}(s) dQ(0)_m \quad (i = 1,2,3), \\ dQ_i(s) &= \sum_{r=1}^3 (Q_i)_r^{(3)}(s) d\xi_r(s) + \sum_{r=1}^3 (Q_i)_{r+3}^{(3)}(s) d\xi'_r(s) - \sum_{m=1}^3 (Q_i^*)_m^{(4)}(s) dQ(0)_m \quad (i = 1,2,3), \end{aligned} \quad (12)$$

где

$$(M_i^*)_m^{(4)}(s) = \sum_{k=1}^3 \alpha_{m,k}(0) (M_i)_k^{(4)}(s), \quad (Q_i^*)_m^{(4)}(s) = \sum_{k=1}^3 \alpha_{m,k}(0) (Q_i)_k^{(4)}(s) \quad (13)$$

Используя (2а) и (3а), формулы (12) можно записать так:

$$\begin{aligned} dM_i(s) &= (\tilde{M}_i)_1(s) dx'_2(s) - (\tilde{M}_i)_2(s) dx'_3(s) + (\tilde{M}_i)_3(s) d\theta(s) + \\ &+ (\tilde{M}_i)_4(s) dx''_2(s) - (\tilde{M}_i)_5(s) dx''_3(s) + (\tilde{M}_i)_6(s) d\theta'(s) - \sum_{m=1}^3 (\tilde{M}_i)_m(s) dQ_m(0) \quad (i = 1,2,3), \\ dQ_i(s) &= (\tilde{Q}_i)_1(s) dx'_2(s) - (\tilde{Q}_i)_2(s) dx'_3(s) + (\tilde{Q}_i)_3(s) d\theta(s) + \\ &+ (\tilde{Q}_i)_4(s) dx''_2(s) - (\tilde{Q}_i)_5(s) dx''_3(s) + (\tilde{Q}_i)_6(s) d\theta'(s) - \sum_{m=1}^3 (\tilde{Q}_i)_m(s) dQ_m(0) \quad (i = 1,2,3). \end{aligned} \quad (14)$$

Здесь

$$(\tilde{M}_i)_r(s) = (M_i)_r^{(3)}(s), (\tilde{Q}_i)_r(s) = (Q_i)_r^{(3)}(s) \quad (i = 1, 2, 3; r = 1, 2, \dots, 6);$$

$$(\tilde{M}_i)_m(s) = (M_i)_m^{(4)}(s), (\tilde{Q}_i)_m(s) = (Q_i)_m^{(4)}(s) \quad (i, m = 1, 2, 3).$$

Для каждого из стержней рамы можно записать следующее равенство:

$$dw(s) = dw_{одн}(s) + dw_q(s) \quad (15)$$

В этом равенстве  $dw_{одн}(s)$  - вектор с элементами

$$dw_{одн,1}(s) = dx_{C,2}(s), dw_{одн,2}(s) = dx_{C,3}(s), dw_{одн,3}(s) = dx'_{C,2}(s), dw_{одн,4}(s) = dx'_{C,3}(s),$$

$$dw_{одн,5}(s) = d\theta(s), dw_{одн,6}(s) = dx''_{C,2}(s), dw_{одн,7}(s) = dx''_{C,3}(s), dw_{одн,8}(s) = d\theta'(s), \quad (16)$$

Полученными из решения однородной системы (7), а  $dw_q(s)$  - вектор с теми же элементами, полученными из частного решения  $dx_{q,C,2}(s), dx_{q,C,3}(s), d\theta_q(s)$  системы (7) при нулевых начальных условиях. Очевидно,

$$dw_{q,j}(s) = \sum_{m=1}^3 z_{q,j,m}(s) dQ_m(0) \quad (j = 1, 2, 3) \quad (17)$$

Здесь  $z_{q,j,m}(s)$  - частное решение системы (7) при нулевых начальных условиях и с правой частью, равной  $\tilde{U}_{i,m}$  ( $i = 1, 2, 3$ ).

Представим  $dw_{одн}(s)$  в следующем виде:

$$dw_{одн}(s) = A(s)dw(0) \quad (18)$$

т.е.

$$dw_{одн,i} = \sum_{j=1}^8 A_{ij}(s) dw_j(0).$$

Из формул (11) получаем

$$A_{1,j} = z_{1,j}(s), A_{2,j} = z_{2,j}(s), A_{3,j} = z'_{1,j}(s), A_{4,j} = z'_{2,j}(s),$$

$$A_{5,j} = z_{3,j}(s), A_{6,j} = z''_{1,j}(s), A_{7,j} = z''_{2,j}(s), A_{8,j} = z'_{3,j}(s) \quad (19)$$

( $j = 1, 2, \dots, 8$ ).

Таким образом,  $dw(s)$  представляется в следующем виде:

$$dw(s) = A(s)dw(0) + dw_q(s) \quad (20)$$

Построив матрицу  $A(s)$  и вектор  $dw_q(s)$  для каждого элемента рамы и используя далее общую схему метода граничных элементов, можно получить приращения линейных и угловых перемещений произвольного сечения любого элемента рамы при квазистатических нагружениях.

### Пример.

К двухступенчатой железобетонной колонне с двумя материальными точками  $M_1$  и  $M_2$  массой  $m_1 = m_2 = 60 T$  в момент времени  $t = 0$  прикладываются две гармонических силы - в

точке  $M_1$ :  $F_3^{(1)}(t) = 10 \sin \frac{2\pi}{T_3} \text{ кН}$  ( $T_3 = 10 \text{ с}$ ) в направлении оси  $x_3$  и в точке  $M_2$ :

$F_2^{(2)}(t) = 7,5 \sin \frac{2\pi}{T_3} \text{ кН}$  ( $T_3 = 5 \text{ с}$ ) в направлении оси  $x_2$ .

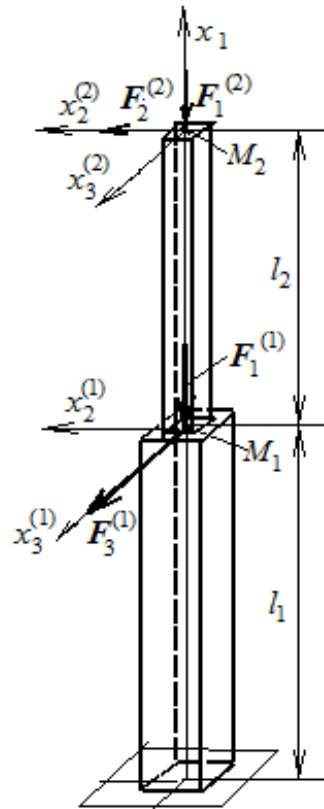


Рис. 1. Схема железобетонной колонны с приложенной нагрузкой.

Длины участков колонны  $l_1 = l_2 = 5 \text{ м}$ . Поперечные сечения участков представляют собой квадраты со сторонами  $0,5 \text{ м}$  и  $0,4 \text{ м}$ . Армирование — двенадцать стержней диаметром  $10 \text{ мм}$ , расположенных симметрично как относительно оси  $x_2$ , так и относительно оси  $x_3$ , материал — сталь марки А-III. Характеристики бетона:  $E_0 = 2,8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ ,  $R_c = 19 \text{ МПа}$ ,  $R_p = 1,9 \text{ МПа}$ . Частоты сил  $F_2^{(2)}(t)$  и  $F_3^{(1)}(t)$  значительно ниже частот собственных колебаний колонны ( $0,38 \text{ с}^{-1}$  и  $2,17 \text{ с}^{-1}$ ), поэтому движение грузов  $M_1$  и  $M_2$  можно считать квазистатическим.

Используя алгоритм, изложенный выше, строим графики изменения координат  $x_3^{(1)}$  и  $x_2^{(2)}$  точек  $M_1$  и  $M_2$ . Эти графики приведены на рис. 2 а) (сплошная линия — точки  $M_2$ , штриховая точки  $M_1$ ). Заметно накопление остаточных деформаций, особенно в точке  $M_2$ .

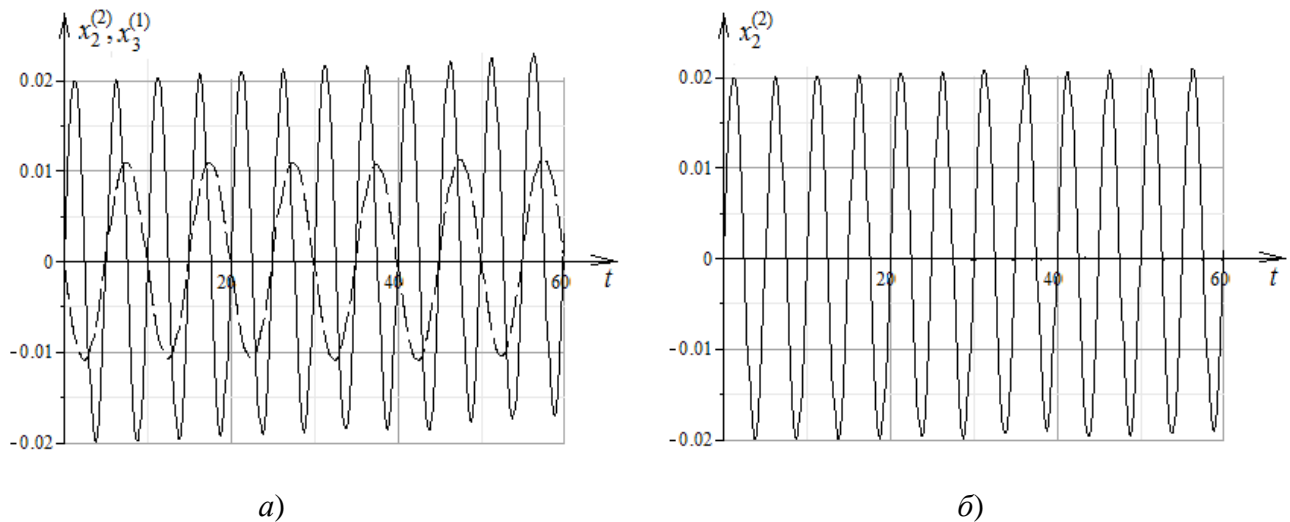


Рис. 2. Графики движения точек  $M_1$  и  $M_2$

Следует заметить, что присутствие силы  $F_3^{(1)}(t)$ , действующей в точке  $M_1$  в направлении, перпендикулярном силе  $F_2^{(2)}(t)$ , существенно влияет на накопление остаточных деформаций от действия силы  $F_2^{(2)}(t)$ , приложенной в точке  $M_2$ . Для сравнения на рис. 2 б) приведен график изменения координаты  $x_2^{(2)}$  точки  $M_2$  при отсутствии силы  $F_3^{(1)}(t)$ .

**Выводы.** Построен алгоритм, позволяющий использовать метод граничных элементов при расчетах железобетонных каркасных сооружений на квазистатические воздействия.

### Література

1. Фомин В.М. Построение дифференциальных уравнений пространственного изгиба железобетонных балок и рам с учетом физической и геометрической нелинейностей и пластичности бетона //Вісник Київського національного університету технологій та дизайну .– 2017.– №1 (106).– С. 41–50.
2. Бранец В.Н. Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела / В.Н. Бранец, И.П. Шмыглевский. – М.: Наука, 1973. – 320 с.

### References

- 1.Fomin V. M. (2017) *Postroyeniye differentsialnyye uravneniy prostranstvennogo izgiba zhelezobetonnykh balok i ram s uchetom fizicheskoy i geometricheskoy nelineynostey i plastichnosti betona* [Construction of differential equations of the special bending of reinforced concrete beams and frames, taking into account physical and geometrical nonlinearities and plasticity of concrete] Bulletin of Kyiv National University of Technology and Design. no1 (106). 41–50 pp [in Russian].
2. Branets V.N., Shmyglevskiy I.P. (1973) *Primeneniye kvaternionov v zadachakh orientatsii tverdogo tela*. М.: Nauka, 320 pp.

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ КВАЗИСТАТИЧНИХ ЗАДАЧ ДЛЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК І РАМ З УРАХУВАННЯМ ФІЗИЧНОЇ І ГЕОМЕТРИЧНОЇ НЕЛІНІЙНОСТЕЙ І ПЛАСТИЧНОСТІ БЕТОНУ

ФОМІН В.М.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

**Мета.** Побудова алгоритму, що дозволяє застосовувати метод граничних елементів для розв'язання квазистатических завдань просторового вигину залізобетонних балок і рам.

**Методика.** Побудова вектора приватних рішень системи диференціальних рівнянь просторового вигину залізобетонних балок і рам з урахуванням фізичної і геометричної нелінійностей, запропонованих в, і матриці фундаментальних рішень задач Коші для однорідної системи диферен-

ціальних рівнянь, яке відповідає цій системі, необхідних для побудови алгоритму методу граничних елементів.

**Результати.** За допомогою зазначених матриць побудовано покроковий обчислювальний алгоритм, заснований на методі граничних елементів, що дозволяє досліджувати просторовий вигін залізобетонних балок і рам, і наведено конкретний приклад подібного дослідження.

**Наукова новизна.** Вперше побудовано алгоритм, заснований на методі граничних елементів, що дозволяє вирішувати нелінійні задачі згину для стрижневих систем.

**Практична значимість.** Можливість побудови ефективних методів розрахунку каркасних залізобетонних споруд на квазістатичні і динамічні дії.

**Ключові слова:** метод граничних елементів, залізобетонні балки і рами, фізична і геометрична нелінійності, пластичність бетону, просторовий згин.

## APPLICATION OF BOUNDARY ELEMENT METHOD TO THE INVESTIGATION OF QUASISTATIC PROBLEMS FOR REINFORCED CONCRETE BEAMS AND FRAMES TAKING INTO ACCOUNT PHYSICAL AND GEOMETRIC NONLINEARITY AND PLASTICITY OF CONCRETE

FOMIN V.M.

*Odessa state academy of civil engineering and architecture*

**Purpose.** Construction of an algorithm that allows the use of the boundary element method for solving quasistatic problems of spatial bending of reinforced concrete beams and frames.

**Methodology.** Construction of the vector of partial solutions of a system of differential equations for the spatial bending of reinforced concrete beams and frames, taking into account the physical and geometric nonlinearities proposed in and the matrix of fundamental solutions of the Cauchy problem for a homogeneous system of differential equations corresponding to this system, necessary for the construction of the algorithm of the boundary element method.

**Findings.** With the help of these matrices, a step-by-step computational algorithm based on the boundary element method, has been constructed, which makes it possible to investigate the spatial bending of reinforced concrete beams and frames, and gives a concrete example of such a study.

**Scientific novelty.** An algorithm based on the boundary element method, which allows solving non-linear bending problems for rod systems, is constructed for the first time.

**Practical significance.** The possibility of constructing effective methods for calculating reinforced concrete frame structures for quasistatic and dynamic effects.

**Keywords:** boundary element method, RC beams and frames, physical and geometric nonlinearities, concrete plasticity, spatial bending.

УДК 677.072.6

РЕЗАНОВА В.Г.

Київський національний університет технологій та дизайну

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СПЕЦИФІЧНОГО ВОЛОКНОУТВОРЕННЯ

**Мета.** Розробка програмного забезпечення для розрахунку ступеня деформації краплі полімеру дисперсної фази в дисперсійному середовищі та візуалізації процесу специфічного волокноутворення.

**Методика.** Дослідження процесу деформації краплі в полімерній дисперсії здійснювали з позицій структурно-континуального підходу, який враховує основні положення класичної механіки рідини та зміни структури дисперсної фази при течії. Програмне забезпечення розробляли в середовищі Delphi мовою Object Pascal.

**Результати.** Показано, що з використанням математичної моделі деформації краплі полімеру дисперсної фази при течії сумішей полімерів виконані розрахунки та програмним чином здійснено візуалізацію процесу переходу краплі у мікрволокно.

**Наукова новизна.** Вперше розроблено програмне забезпечення для візуалізації та анімації процесу специфічного волокноутворення.

**Практична значимість.** Використання створеної програми дозволить прискорити дослідження, зменшити матеріальні і енергетичні затрати на їх проведення за рахунок моделювання процесів на ПЕОМ, а також наглядно демонструвати візуалізацію явища специфічного волокноутворення під час навчального процесу студентам.

**Ключові слова:** суміші полімерів, крапля, деформація, візуалізація, програмне забезпечення.

**Вступ.** Використання сумішей полімерів – простий, доступний та ефективний метод їх модифікації, оскільки дає можливість не просто поєднувати властивості обох компонентів в одному виробі, але й забезпечує реалізацію унікальних ефектів. Прикладом цього є явище специфічного волокноутворення, суть якого полягає в тому, що за відповідних умов полімер дисперсної фази утворює в дисперсійному середовищі струмені (мікрволокна) від мікро- до нанорозмірів [1-4]. Це відкриває шлях для одержання тонковолокнистих полімерних матеріалів з новими характеристиками та самоармованих композиційних виробів. На сьогодні при створенні полімерних композицій керуються, головним чином, практичними міркуваннями, тобто емпіричний пошук випереджає розвиток теорії. Однак лише науково обґрунтований підхід до вибору хімічної природи полімерів, їх співвідношення та встановлення закономірностей зміни макрореологічних властивостей суміші від її мікроструктури дозволить одержувати матеріали з наперед заданими показниками. Проводячи експерименти, дослідники кожного разу вимушені розглядати безліч різноманітних варіантів, покладаючись на власний досвід та інтуїцію. При цьому традиційні методи часто є довготривалими і потребують значних матеріальних затрат. Прискоренню і вдосконаленню досліджень, пов'язаних з багатофакторними експериментами, та знаходженню оптимальних рішень сприяє використання методів математичного та комп'ютерного моделювання складних явищ і процесів, що мають місце в полімерних системах.

**Постановка завдання.** Суміші полімерів – це особливий клас колоїдних дисперсій типу «полімер в полімері». Важливою їх відмінністю є утворення між обома компонентами міжфазного перехідного шару, властивості якого різко відрізняються від аналогічних

характеристик розплаву полімеру в об'ємі. Дослідження дисперсних систем методом математичного моделювання показали, що для опису макро- і мікрореологічної поведінки розплавів сумішей полімерів можуть бути використані ті ж самі підходи класичної механіки та структурні моделі, які застосовуються при моделюванні систем типу суспензій, емульсій та колоїдних розчинів. Найбільш придатним для розробки математичних моделей дисперсій є запропонований авторами [5-7] структурно-континуальний підхід, який поєднує феноменологічний та структурний методи і дає можливість враховувати всі основні положення континуальної механіки (суцільність середовища, нерозривність функцій, що характеризують його рух і стан) та особливості поведінки дисперсної фази. В раніше виконаних нами роботах з позицій структурно-континуального підходу була створена математична модель деформації крапель компоненту дисперсної фази при течії розплаву суміші полімерів [8]. Модель представляє собою систему диференціальних рівнянь, яка дозволяє визначати орієнтацію крапель в потоці та величину деформації в залежності від реологічних властивостей компонентів суміші, об'ємної концентрації дисперсної фази та величини міжфазного натягу. Для подальшого вивчення впливу різних факторів на характер течії полімерної дисперсії, наглядної демонстрації вказаного явища під час навчального процесу студентам та зменшення кількості дослідів і економії ресурсів виникла необхідність розробки комп'ютерної візуалізації досліджуваного процесу.

Мета роботи – розробка програмного забезпечення для розрахунку ступеня деформації краплі полімеру дисперсної фази в дисперсійному середовищі та візуалізації процесу специфічного волокнутворення.

**Результати досліджень.** Теоретичні дослідження в механіці дисперсних систем свідчать, що за їх течії в дисперсійному середовищі виникають напруги, які передаються краплям дисперсної фази та забезпечують деформацію і орієнтацію останніх в потоці. За малих градієнтів швидкості крапля набуває форму еліпсоїда обертання, а за великих – перетворюється в рідкий циліндр. Для переробки полімерів і їх сумішей використовується екструзійне обладнання, в якому завжди є зона, де розплав тече із широкого резервуару у вузький. За такої геометрії течії поздовжнє і зсувове деформування накладаються одне на друге, лінії потоку сходяться, утворюючи конус. При цьому вектори локальних швидкостей мають дві складові: в напрямку течії – швидкість розтягу та в поперечному напрямку – швидкість зсуву. На осі потоку діють лише розтягувальні напруги, які зароджуються далеко від входу в отвір, зростають за величиною, досягаючи максимуму на вході у формувальну насадку [9]. Під дією цих напруг за течії розплавів сумішей формується мікроструктура їх екструдатів.

В створеній нами моделі для аналізу поля швидкостей у вхідній зоні використовували циліндричну систему координат, оскільки лінії току на вході в канал мають радіальну складову швидкості, а форму краплі приймали за еліпсоїд, який змінює в процесі взаємодії з дисперсійним середовищем свої розміри, але при цьому зберігає об'єм. Деформацію краплі в залежності від орієнтації в потоці враховано за допомогою тензора швидкості деформації одноосного розтягу. Математична модель складається із системи диференціальних рівнянь, які в безрозмірних змінних можна записати так:

$$\begin{cases} \dot{\varphi} = 0 \\ \dot{\theta} = -\frac{3}{4}u\lambda_3 \sin(2\theta) \\ \frac{\dot{q}}{q} = \frac{3}{2}\left(\lambda_1 + \frac{u}{2}(\lambda_2 r_0^2 q^{4/3} + \lambda_3)(2 - 3\sin^2 \theta)\right) \end{cases} \quad (1)$$

де:  $\varphi, \theta$  – кути, що визначають орієнтацію краплі в потоці;  
 $u$  – інтенсивність течії одноосного розтягнення;  
 $q$  – величина деформації (безрозмірний розтяг).

У наведених рівняннях крапка означає повну похідну по часу.

Систему диференціальних рівнянь (1) розв'язували чисельно методом Рунге-Кутта за допомогою спеціально написаної програми в середовищі Delphi мовою Object Pascal [10, 11]. В результаті отримували значення параметрів, які є функцією тривалості течії розплаву суміші полімерів у вхідній зоні формувального каналу.

Комп'ютерна модель дає змогу моделювати течію розплаву суміші полімерів та деформацію краплі компонента дисперсної фази, змінюючи основні фізико-хімічні параметри процесу, зокрема – в'язкості вхідних полімерів та величину поверхневого натягу на межі поділу фаз, а також гідродинамічні параметри течії, а саме – кут відхилення осі симетрії краплі від осі течії.

Основною задачею етапу комп'ютерного моделювання і візуалізації була модифікація та розширення існуючого програмного забезпечення (ПЗ). Створене ПЗ умовно можна розділити на дві частини: розрахункову (математичну) та графічну (частину візуалізації). Розроблене авторами раніше програмне забезпечення [8] здійснювало розв'язання системи диференціальних рівнянь (1) у вигляді функцій, залежних від часу (програмним чином ці функції табулювались). На етапі візуалізації потрібно за отриманими результатами будувати модель краплі компонента дисперсної фази. Відповідно до створеної моделі, крапля – це еліпсоїд, а проекція його на площину – еліпс. Для побудови еліпса було розроблено спеціальний алгоритм, оскільки стандартні графічні процедури мов програмування не дають змоги будувати «похилий» еліпс. Для відображення процесу деформації краплі у часі було реалізовано передачу даних з розрахункової частини ПЗ до графічної. Передача даних відбувається у дискретні моменти часу. Ефект анімації досягається за рахунок перемальовування вікна виводу у ці моменти. Головну форму програми з панеллю графічної демонстрації представлено на рис. 1. Краплю наведено в початковий момент часу (крапля недеформована), кут між напрямком течії та віссю обертання еліпсоїда  $\theta = 0,4$ .

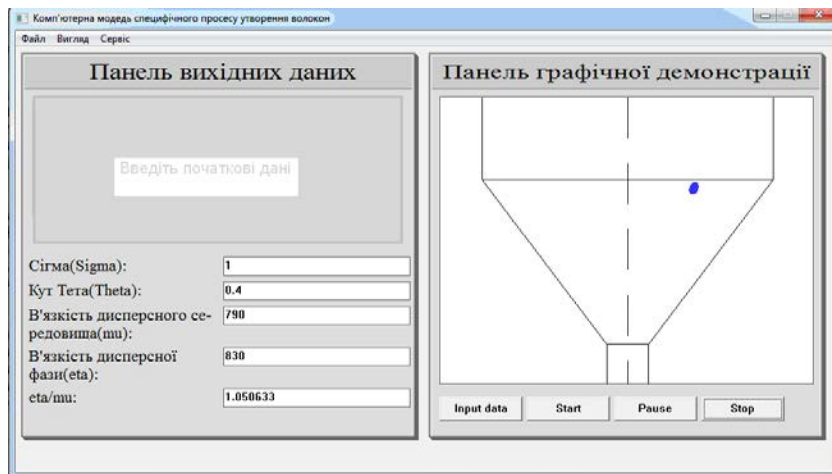


Рис. 1. Комп'ютерна модель деформації краплі полімеру дисперсної фази в матриці

Відомо, що на здатність краплі до деформації та перехід у струмінь (мікрОВОлокно) впливає багато чинників, основними з яких є співвідношення в'язкостей і еластичностей розплавів змішуваних компонентів та ступінь їх взаємодії у міжфазному шарі. З точки зору гідродинаміки, процес диспергування полімерних крапель в полімер-полімерних системах відбувається найбільш ефективно, коли величини в'язкостей і еластичностей дисперсної фази і дисперсійного середовища є близькими [3,12], тобто величина деформації краплі ( $q$ ) є функцією співвідношення в'язкостей волокноутворюючого ( $\eta$ ) і матричного компонентів ( $\mu$ ) ( $K = \eta/\mu$ ). Дослідження, виконані на багатьох сумішах полімерів, свідчать, що відхилення величини  $K$  від одиниці призводить до погіршення процесу специфічного волокноутворення: зростає середній діаметр мікрОВОлокон, утворюються інші типи структур (частинки, плівки) [1-3]. Модельовання впливу співвідношення в'язкостей компонентів на величину  $q$  проводили за інших однакових умов: вміст волокноутворюючого полімеру 30.0 мас. %,  $\theta = 0.4$ , величина міжфазного натягу  $\gamma_{\alpha\beta} = 0.5$ . Наведене на рис. 2 зображення процесу розтягу краплі в потоці чітко демонструє вказану залежність – зі збільшенням співвідношення в'язкостей компонентів здатність до деформації крапель дисперсної фази зменшується.



а)

б)



Рис.2. Комп'ютерна модель впливу співвідношення в'язкостей полімеру дисперсної фази і матриці на деформацію краплі:  $K = 1.0$  (а);  $K = 2.5$  (б);  $K = 6.7$  (в);  $K = 10.0$  (г)

Відомо, що дисперсійне середовище при течії діє на дисперговану в ньому краплю з силою, яка зможе деформувати її, якщо є достатня взаємодія між двома полімерами суміші в перехідному шарі. Із фундаментальних співвідношень щодо термодинамічної рівноваги в дисперсних системах витікає, що найбільш дієвим фактором, який дозволяє регулювати параметри фазової структури, є величина міжфазного натягу. З точки зору термодинаміки, поверхневий натяг — це робота утворення одиниці площі нової поверхні шляхом розтягнення старої. Питома робота диспергування пропорційна величині міжфазного натягу, тобто зниження його підвищує ступінь деформації, що дає можливість отримувати більш тонкі мікрОВОлокна. Це наглядно підтверджується анімацією, представленою на рис. 3.

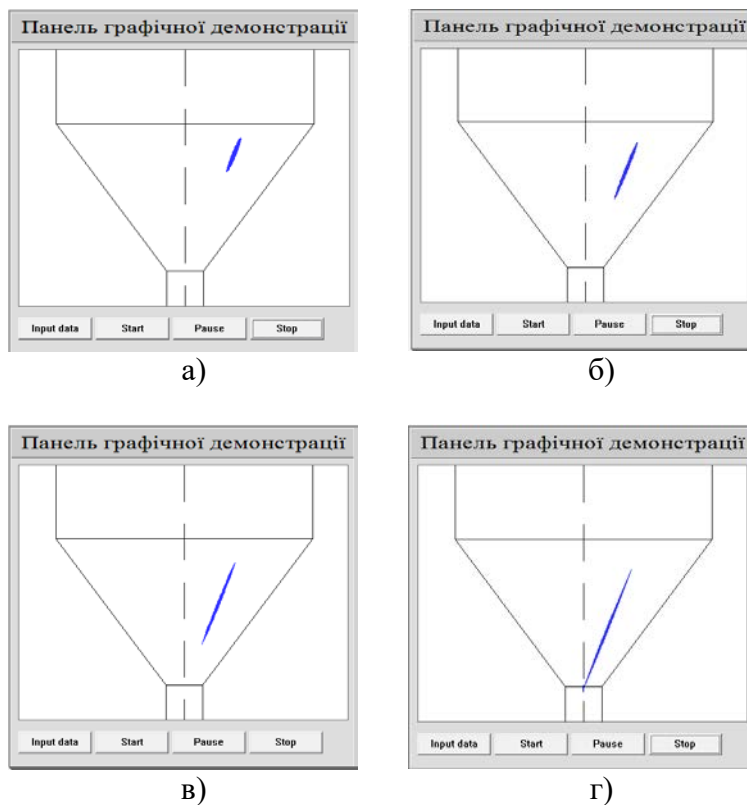


Рис.3. Комп'ютерна модель залежності деформації краплі від величини поверхневого натягу за інших однакових умов:  $\gamma_{\alpha\beta} = 3.0$  (а);  $\gamma_{\alpha\beta} = 2.0$  (б);  $\gamma_{\alpha\beta} = 1.0$  (в);  $\gamma_{\alpha\beta} = 0.1$  (г)

Дослідження, виконані методом математичного моделювання, показали, що волокноутворення одного полімеру в матриці іншого найбільш ефективно реалізується за таких умов:  $K = 1.0$ , величина  $\gamma_{\alpha\beta}$  є мінімальною, а крапля розміщується найближче до центральної осі потоку. Одночасне використання оптимальних значень всіх перерахованих параметрів зумовлює максимальну деформацію краплі.

Таким чином, розроблена комп'ютерна анімаційна модель адекватно відображає реальні процеси деформації крапель одного полімеру в масі іншого за течії розплавів сумішей у вхідній зоні формувального отвору. Модифікація та розширення існуючого програмного забезпечення дозволяє наглядно демонструвати процес перетворення еліпсоїда в циліндр, тобто процес волокноутворення.

**Висновки.** Розроблене програмне забезпечення є внеском у теоретичні дослідження процесів структуроутворення у розплавах сумішей полімерів, зокрема – специфічного волокноутворення, оскільки дає можливість їх візуалізації за одночасної зміни кількох параметрів. Практична значимість розробленого ПЗ полягає у тому, що, змінюючи і комбінуючи вхідні дані, можна змоделювати процес волокноутворення для довільних пар полімерів без проведення довготривалих дослідів, а також передбачити поведінку суміші при додаванні у неї третьої речовини, що є надзвичайно важливим для створення нових полімерних композиційних матеріалів з наперед заданими покращеними характеристиками.

#### Література

1. Rezanova N.M., Plavan V.P., Rezanova V.G., Bohatyrov V.M. Regularities of producing of nano-filled polypropylene microfibers // *Vlakna a Textil.* –2016. – No 4. – P. 3-8.
2. Tsebrenko M.V., Rezanova V.G., Tsebrenko I.A. Polypropylene microfibers with filler in nano state // *Chem. & Chem. Technol.* – 2010. – V.4, No 3. – P. 253-260.
3. Глубіш П.А., Ірклей В.М., Клейнер Ю.Я., Резанова Н.М., Цебренько М.В., Кернер С.М., Омельченко В.Д., Турчаненко Ю.Т. Високотехнологічні, конкурентоспроможні і екологічно орієнтовані волокнисті матеріали та вироби з них.– К.: Арістей, 2007.–263 с.
4. Vu Anh Doan, Masayuki Yamaguchi. Interphase transfer of nanofillers and functional liquid between immiscible polymer pairs // *Recent Res. Devel. Mat. Sci.* – 2013. – No10. – P. 59-88.
5. Придатченко Ю.В., Пасечник З.В. Определение реологических характеристик разбавленных суспензий деформируемых частиц // *Прикладная механика.* – 1985. – Т.21, № 6. – С.107-111.
6. Куак Ван Донг, Шмаков Ю.И. Реологические уравнения состояния слабоконцентрированных суспензий деформируемых эллипсоидальных частиц // *Журнал прикладной механики и технической*

#### References

1. Rezanova, N.M., Plavan, V.P., Rezanova, V.G., Bohatyrov, V.M. (2016) [Regularities of producing of nano-filled polypropylene microfibers]. *Vlakna a Textil.* No 4. P. 3-8.
2. Tsebrenko, M.V., Rezanova, V.G., Tsebrenko, I.A. (2010) [Polypropylene microfibers with filler in nano stat] *Chem. & Chem. Technol.* V.4, No 3. P. 253-260.
3. Hlubish, P.A., Irkley, V.M., Kleyner, Yu.Ya., Rezanova, N.M., Tsebrenko, M.V., Kerner, S.M., Omelchenko, V.D., Turchanenko, Yu.T. (2007) *Vysokotekhnologichni, konkurentnospromozhni i ekolohichno orientovani voloknysti materialy ta vyroby z nyh.* [High-tech, competitive and environmentally oriented fibrous materials and products made of them] K.: Aristey, 263 p. [in Ukrainian]
4. Vu Anh Doan, Masayuki Yamaguchi. (2013) Interphase transfer of nanofillers and functional liquid between immiscible polymer pairs. *Recent Res. Devel. Mat. Sci.* No10. p. 59-88.
5. Pridatchenko, Yu.V., Pasechnik, Z.V. (1985) *Opredelenie reologicheskikh harakteristik razbavlennykh suspenziy deformiruemyykh chastits.* [Determination of the rheological characteristics of dilute suspensions of deformable particles] *Prikladnaya mekhanika.* T.21, no 6. p.107-111. [in Russian]
6. Kuak Van Dong, Shmakov Yu.I. (1980) *Reologicheskie uravneniya sostoyania slabokontsentrirrovannykh suspenziy deformiruemyykh ellipsoidalnykh chastits* [Rheological equations of state for weakly concentrated suspensions of

физики. – 1980. – № 3 – С.84-90.

7. Затонацька Т.Г., Придатченко Ю.В., Таран Є.Ю. Реологічна поведінка розбавлених суспензій деформівних частинок // Доповіді НАН України. – 1998. – № 10. – С. 88-93.

8. Rezanova V.G., Prydatchenko Yu. V., Tsebrenko M.V. Mathematical model of strain of a dispersed-phase polymer in flow of molten polymer blends // Journal of Physics and Thermophysics. – 2006. – V. 78, No 5. – P. 975-982.

9. Хан Ч.Д. Реология в процессах переработки. Пер. с англ./под ред Виноградова Г.В., Фридмана М.Л. – М.: Химия. – 1979. – 366 с.

10. Фленов М. Библия программиста (Delphi), 3-е издание С-Пб.: БХВ-Петербург, 2011. – 688 с.

11. 4. Культин Н. Delphi в примерах (3-е издание). С-Пб.: БХВ-Петербург, 2012. – 288с.

12. Полимерные смеси. Т. 1: Систематика / под ред. Д.Р. Пола, К.Б. Баклелла. Пер. с англ. В.Н. Кулезнева. СПб: Научные основы и технологии. – 2009. – 618 с.

deformable ellipsoid particles] Zhurnal prikladnoy mekhaniki i tekhnicheskoy fiziki. No. 3 p.84-90. [in Russian]

7. Zatonatska T.G., Pridatchenko Yu.V., Taran E.Yu. (1998) *Reolohichna povedinka rozbavlenykh suspenziy deformivnykh chastynok* [Rheological behavior of dilute suspenziy of deformable particles] *Dopovidi NAN Ukrainy*. No. 10. p. 88-93. [in Ukrainian]

8. Rezanova, V.G., Prydatchenko, Yu. V., Tsebrenko, M.V. (2006) [Mathematical model of strain of a dispersed-phase polymer in flow of molten polymer blends] *Journal of Physics and Thermophysics*. V. 78, No 5. P. 975-982.

9. Han Ch.D. (1979) *Reologiya v processakh pererabotki* [Rheology in the processing processes]. Per. s. Angl./pod red. Vinogradova G.V., Fridmana M.L. M.: Himiya. 366 p. [in Russian]

10. Flenov M. (2011) *Biblia programmista (Delphi)*, (3-e izdanie) [Bible of programmer (3rd edition)]. S-Pb.: BHV-Peterburg, 688 p. [In Russian]

11. Kultin N. (2012) *Delphi v primerah I zadachah* (3-e izdanie). [Delphi in examples and problems (3rd edition)]. S-Pb.: BHV-Peterburg, 288 p. [In Russian]

12. *Polimernye smesi. T. 1: Sistematika* [Polymeric mixtures. T. 1: Systematics] pod red. D.R. Pola, K.B. Baklella. Per. s. angl. V.N. Kulezneva. SPb: Nauchnye osnovy I tecnologii. 2009. 618 p. [In Russian]

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СПЕЦИФИЧЕСКОГО ВОЛОКНООБРАЗОВАНИЯ РЕЗАНОВА В.Г.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка программного обеспечения для расчета степени деформации капли полимера дисперсной фазы в дисперсионной среде и визуализации процесса специфического волокнообразования.

**Методика.** Исследование процесса деформации капли в полимерной дисперсии осуществляли с позиций структурно-континуального подхода, который учитывает основные положения классической механики жидкости и изменение структуры дисперсной фазы при течении. Программное обеспечение разрабатывали в среде Delphi на языке Object Pascal.

**Результаты.** Показано, что с использованием математической модели деформации капли полимера дисперсной фазы при течении смесей полимеров выполнены расчеты и программным образом осуществлена визуализация процесса перехода капли в микроволокно.

**Научная новизна.** Впервые разработано программное обеспечение для визуализации и анимации процесса специфического волокнообразования.

**Практическая значимость.** Использование созданной программы позволит ускорить исследования, уменьшит материальные и энергетические затраты на их проведение за счет моделирования процессов на ПЕОМ, а также наглядно продемонстрировать визуализацию явления специфического волокнообразования во время учебного процесса студентам.

**Ключевые слова:** смеси полимеров, капля, деформация, визуализация, программное обеспечение.

## MATHEMATICAL MODELING AND COMPUTER VISUALIZATION OF THE PROCESS OF SPECIFIC FIBER-FORMATION

REZANOVA V.G.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Development of software for calculating the degree of deformation of a droplet of a polymer of dispersed phase in a dispersion medium and visualization of the process of specific fiber-formation.

**Method.** The process of deformation of a droplet in a polymer dispersion was studied from the viewpoint of the structural-continuum approach, which takes into account the basic concepts of classical fluid mechanics and the change in the structure of the dispersed phase during flow. The software was developed in the Delphi environment in the language of Object Pascal.

**Results.** It is shown that with the use of the mathematical model of deformation of a polymer drop of a dispersed phase during the flow of polymer mixtures, calculations were performed and the visualization of the process of drop transformation into microfiber was carried out in a program way.

**Scientific novelty.** The software for visualization and animation of the process of specific fiber formation was developed for the first time.

**Practical significance.** Using the created program will speed up the research, reduce the material and energy costs for their implementation by modeling the processes on the PC, and also visually demonstrate the visualization of the phenomenon of specific fiber formation during the educational process to students.

**Keywords:** polymer mixtures, drop, deformation, visualization, software.

УДК 624.012.4.046

ГАПШЕНКО В.С., ЕНЬКОВ Е.У., КОРНЫЛО И.М.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

## ПРОЧНОСТЬ ПОЛОС БЕТОНА И РАБОТА АРМАТУРЫ ПЛОСКОНАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ДИСКОВ С ТРЕЩИНАМИ

**Цель.** Определение влияния напряженного состояния и ориентации арматуры относительно трещин на прочность железобетонных дисков. Уточнение зависимостей, определяющих коэффициенты В.И. Мурашева.

**Методика.** Аналитический обзор массива экспериментальных исследований ОГАСА и других авторов, в том числе и зарубежных, позволяющий сравнивать полученные данные испытаний образцов при сложном напряженном состоянии.

**Результаты.** В работе исследовано влияние сжимающих напряжений на деформативность железобетонных дисков и среднее деформации арматуры.

**Научная новизна.** Установлен факт существенного влияния сжимающих напряжений на деформативность железобетонных дисков. Введение в формулу, определяющую коэффициенты В.И. Мурашева  $\psi_{SI}$  функции  $\varphi_{ps}$  учитывающей влияние поперечного обжатия, позволило более точно определить среднее деформации арматуры.

**Практическая значимость.** Выявлено, что сжимающее напряжение заметно увеличивают деформативность дисков перпендикулярно трещинам. Этот факт необходимо учитывать для обеспечения надежности при проектировании конструкций. Прочность полос бетона между трещинами снижается с увеличением растягивающих напряжений, причем действующие нормы занижают прочность в разделе расчета на действие поперечной силы – возможна экономия бетона.

**Ключевые слова.** Железобетонные диски, плоское напряженное состояние, полосы бетона, углы наклона арматуры, напряжения, деформации, прочность.

**Введение.** В плосконапряженных сжато-растянутых железобетонных элементах с наклонными трещинами можно выделить два типа разрушения:

- а) в результате разрыва арматуры в трещинах;
- б) от разрушения полос между трещинами.

Оба случая имеют место при исчерпании несущей способности балок-стенок, опорных и угловых зон широких рам типа порталных, и, даже в опорных зонах обычных балок [1].

Известно, что характер диаграммы растяжения железобетонного стержня существенно отличается от зависимости  $E_s - \sigma_s$  свободной арматуры. Влияние растянутого бетона между трещинами на средние деформации арматуры по предложению В.И. Мурашева учитывается при помощи коэффициента  $\psi_s < 1$  путём повышения среднего модуля деформации:

$$E_s^* = E_s / \psi_s,$$

**Постановка задачи.** Настоящая статья является продолжением работы [9]. Учитывая результаты исследований [1-8], где разработаны теоретические и экспериментальные аспекты изысканий, предлагается усовершенствование методики расчета железобетонных дисков с трещинами, позволяющей определять напряженно-деформированное состояние при действии кратковременной и длительной нагрузки высокого уровня.

**Результаты исследований.** В работе [8] относительную прочность полос бетона между трещинами в зависимости от суммы средних деформаций железобетонного элемента в двух взаимоперпендикулярных направлениях на основе опытных данных [3] рекомендуется определять по формуле:

$$\frac{R_n}{R_B} = \frac{14,5}{\varepsilon_{sn} 10^3 + 10} - 0,45 \quad (1)$$

По этой формуле при больших значениях деформациях арматуры  $\varepsilon_{sn}$  прочность полос бетона получается отрицательной.

В результате обработки экспериментальных данных [3] по методу наименьших квадратов предлагается относительную прочность полос бетона аппроксимировать зависимостью:

$$y = \frac{a}{bx + c},$$

что исключает отмеченное противоречие.

В окончательном виде после «сглаживания» функцией  $f = k/x$  предложена зависимость:

$$\frac{R_n}{R_B} = \frac{4,88}{\varepsilon_{sn} 10^3 + 4,88} - 0,45 \quad (2)$$

среднеквадратическое отклонение составило  $\sigma^2 = 1,58$  при коэффициенте вариации  $v = 0,034$ .

В результате испытания дисков [4] полученные экспериментальные данные, позволяющие определить относительную прочность полос бетона между трещинами по формуле:

$$\frac{R_n}{R_B} = \frac{8,293}{\varepsilon_{sn} 10^3 + 8,293} = \frac{1}{0,12\varepsilon_{sn} 10^3 + 1} \quad (3)$$

среднеквадратическое отклонение составило  $\sigma^2 = 1,25$  при коэффициенте вариации  $v = 0,02$ .

После обработки совокупности данных [3, 4] получено:

$$\frac{R_n}{R_B} = \frac{5,42}{\varepsilon_{sn} 10^3 + 5,42} = \frac{1}{0,18\varepsilon_{sn} 10^3 + 0,9} \quad (4)$$

среднеквадратическое отклонение  $\sigma^2 = 1,35$ ; коэффициент вариации  $v = 0,193$ .

Такой значительный разброс опытных данных можно отнести на счет использования различных методик испытания, размеров образцов и физико-механических характеристик бетона и арматуры.

Если перейти от деформации  $\varepsilon_{sn}$  к напряжениям, то формула (4) принимает вид:

$$\frac{R_n}{R_B} = \frac{5,42}{10^{-3} \left( \frac{\lambda_x}{\mu_{sx}} + \frac{\lambda_y}{\mu_{sy}} \right) (\sigma_n - 0,7 f_{cж} \sigma_{bcf}) + 1} \leq 1$$

$\sigma_{bcf}$  напряжение в бетоне в момент образования трещин;

$$f_{cж} = 1 + 1,2 \eta_c (1 - \eta_c), \eta_c = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{bcf}}, \sigma_{bcf} = R_{bt,ser}$$

$$\lambda_x = \frac{n}{n\mu_{sx} + \mu_{sy} ctg^2 \alpha}; \quad \lambda_y = \frac{\mu_{sy} n}{n\mu_{sy} + \mu_{sx} tg^2 \alpha}$$

$\mu_x; \mu_y$  коэффициенты армирования

Из разных опытов  $16 \leq n \leq 25$

При  $\alpha=45^\circ \lambda_x \approx \lambda_y \approx 1$

При  $\alpha=90^\circ \lambda_x \approx 1 ; \lambda_y \approx 0$

Анализ результатов экспериментальных данных показал, что прочность полос бетона существенно зависит от средних деформаций железобетонного элемента в направлениях перпендикулярных трещинам; если в арматуре обоих направлений нет текучести, то для дисков  $\alpha = 90^\circ$  в среднем  $R_n = 0,82R_s$ ; при

$\alpha = 45^\circ R_n = 0,615R_s$  (для опытов [3, 4]  $R_n = 0,67R_s$ )

При текучести арматуры только одного направления  $R_n = 0,40R_s$

При текучести арматуры обоих направлений к моменту разрушения  $R_n = 0,29R_s$

В опытах, проведенных в ОГАСА, текучести арматуры не было из-за предварительного упрочнения стали вытяжкой.

В условиях плоского напряженного состояния железобетона при ортогональном армировании в направлениях  $i = x, y$  работа арматуры в наклонных трещинах на сдвиг может быть учтена посредством введения корректирующих коэффициентов  $\lambda_i$  (5,7,10,12). Эти исследования проводились на растянутых образцах – дисках и показали, что величину коэффициентов  $\psi_{SI}$  можно определить по формуле:

$$\psi_{SI} = 1 - 0,75 \frac{R_{bt} \lambda_{crc}}{\sigma_{n\lambda_i}} = 1 - 0,75 \frac{\lambda_{crc}}{\lambda_i} \cdot \frac{1}{\eta_n^\sigma} \quad (5)$$

где:  $\lambda_{crc}$  - величина коэффициента  $\lambda_i$  в момент трещинообразования,

$$\lambda_{crc} = \max(\lambda_{i,crc}) > 0,6$$

$\eta_n^\sigma = \sigma_n / R_{bt}$  - уровень растягивающих напряжений.

В случае более сложного плоского напряженного состояния «растяжение - сжатие», рекомендации по определению  $\psi_{SI}$  не согласуются у разных авторов (6,9).

Предлагаемая методика обработки экспериментальных данных (6,9), а также полученных при испытании железобетонных дисков (11) 30\*30\*7 см, позволила уточнить формулу (5) для вычисления  $\psi_{SI}$  в условиях растяжения в направлении оси  $n$  и сжатия в направлении оси  $l$ .

Для образцов с углом наклона трещин к арматурным стержням  $\alpha = 90^\circ (x = n)$ , средние относительные деформации железобетона в направлении усилия растяжения  $n$ :

$$E_n = C_n \sigma_1 + C_{nl} \sigma_l \quad (6)$$

$$\text{где: } C_n = \frac{\psi_{sx} \lambda_x}{\mu_{sx} E_{sx}} ; C_{nl} = -\mu_b C_l ; C_{nl} = -\mu_b C_l , C_l = \frac{1}{E_b \nu_b} ,$$

при чём  $\mu_b$  - коэффициент Пуассона  $\nu_b$  - коэффициент, учитывающий пластические деформации бетона при загрузении;  $\sigma_n$  и  $\sigma_l$  - растягивающие и сжимающие напряжение.

Выражение для  $\psi_{sx}$ , можно записать, используя (6), в виде:

$$\psi_{SI} = 1 - 0,75 \phi_{ps} \frac{R_{bt} \lambda_{crc}}{\sigma_{sx} \mu_{sx}} \quad (7)$$

Обозначив,

$$A_0 = 0,75 \frac{R_{bt} \lambda_{crc}}{\sigma_{sx} \mu_{sx}} \quad (8)$$

получим выражение для определения коэффициента  $\phi_{ps}$ , учитывающего поперечное обжатие:

$$\phi_{ps} = (1 - \psi_{sx})/A_0 \quad (9)$$

Если подсчитывать  $A_0$  и  $\psi_{sx}$ , используя формулы (5,6) для образцов из опытов без поперечного обжатия ( $\sigma_1 = 0$ ), то значения  $\phi_{ps}$  в растянуто-сжатых образцах можно определить по (9), подставляя величины  $\psi_{sx}$  из (6) при  $\sigma_1$  не равно 0.

$$\phi_{ps} = \left[ 1 - \frac{(\varepsilon_n - \mu_b |\sigma_1| / E_b \nu_b) \mu_{sx} E_{sx}}{k \lambda_x \sigma_n} \right] / A_0 \quad (10)$$

где:  $k=1,0$  при  $\alpha=90^\circ$  и  $k=2,0$  при  $\alpha=45^\circ$ .

Анализ показывает, что функция  $\phi_{ps}$  не зависит от угла  $\alpha$  и её можно с достаточной степенью точности описать полиномом второй степени (коэффициент вариации  $v = 0,23$ ):

$$\phi_{ps} = 1 + 1,2\eta_f^2 (1 - 2\eta_f^2) \quad (11)$$

где  $\eta_f^2$  – уровень поперечного обжатия:

$$\eta_f^2 = |\sigma_1|/R_b$$

Функция  $\phi_{ps}$  может быть также выражена через уровень относительных деформаций

$$\eta_f^2 = \varepsilon_1/\varepsilon_u, \text{ где } \varepsilon_u = 200 \cdot 10^{-3} \text{ предельная деформация сжатого бетона.}$$

В результате обработки экспериментальных данных предложена зависимость:

$$\phi_{ps} = 1 + 1,4\eta_f^2 (1 - 3\eta_f^2) \quad (12)$$

Т.к. имеющиеся экспериментальные данные ограничены диапазоном  $0,06 \leq \eta_f^2 \leq 0,75$ , то рекомендуется принимать  $0,5 \leq \phi_{ps}$ .

Изменение  $\psi_{si}$  во времени может быть учтено введением в формулу (7) коэффициента длительности нагрузки  $\varphi_{is,i}$ :

$$\psi_{si} = 1 - 0,75 \varphi_{is,i} \varphi_{ps} \lambda_{i,crc} / (\eta_n^2 \lambda_i), \quad (13)$$

где:

$$\phi_{s,i} = 1 - \frac{3\phi_{si}}{3 + 2\phi_{si}(2 + \Omega(t_0))} \quad (14)$$

$$\phi_{si} = \frac{2\mu_{si}\alpha_E}{1 + 2\mu_{si}\alpha_E} \phi(t, t_0) \quad (15)$$

при чём,  $\phi(t, t_0)$  - характеристика ползучести;

$\Omega(t_0)$  - функция, учитывающая влияние старения бетона.

Значение функции  $\varphi_{is}$  представляют собой коэффициенты затухания напряжений в растянутой зоне бетона в сечении между трещинами, а приведенные формулы являются по сути дела, упрощенным вариантом зависимостей, предложенных И.Е. Прокоповичем.

Таким образом, выявлено влияние ориентации арматурных стержней, поперечного обжатия и длительности действия постоянной нагрузки на величину коэффициентов  $\psi_{si}$  ( $i=x,y$ ).

Сопоставление вычисленных по предлагаемой методике средних деформаций арматуры и деформаций в трещине с экспериментальными данными разных авторов показало вполне удовлетворительное соответствие.

**Выводы.** Сжимающие напряжения существенно влияют на деформативность железобетонных дисков с трещинами в направлении растяжения. При невысоких уровнях несколько улучшают работу элемента (уменьшают деформации), при уровнях  $\eta_t^c > 0,5$  – существенно увеличивают эти деформации.

Введение в формулу, определяющую коэффициенты *В.И. Мурашева*  $\psi_{SI}$  функции  $\varphi_{ps}$ , учитывающей влияние поперечного обжатия, позволило более точно определить средние деформации арматуры. Об свидетельствует соответствие деформаций полученных теоретически экспериментальным данных различных авторов и других исследований.

### Література

1. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами / Н.И. Карпенко. – М. Стройиздат, 1976. – 204 с.
2. Григорьянц Л.М. Экспериментальное исследование напряженного состояния арматуры и бетона при наличии наклонных трещин / Л.М. Григорьянц. – В кн.: Строительные конструкции, здания и сооружения, ЦНИИЭПсельстрой, вып.17. – М., 1977. – с. 38-67.
3. Гусейнов Н.А. Исследование деформаций и прочности железобетонных элементов с трещинами при напряженном состоянии «растяжение-сжатие» / Н.А. Гусейнов. – В кн.: Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных конструкций / НИИЖБ. – М.: 1979. – с. 44-57.
4. Еньков Е.У. Физические зависимости плосконапряженного состояния железобетона с трещинами в условиях ползучести и экспериментальное обоснование соответствующих параметров / Е.У. Еньков. – В сб.: Строительные конструкции. – К., Будівельник, 1979, вып. 32. – с.54-57.
5. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона / Н.И. Карпенко. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
6. Яременко А.Ф. Длительное деформирование железобетонных дисков с трещинами / А.Ф. Яременко, А.Я. Мельник. – В сб.: Строительные конструкции. – К., Будівельник, 1979, вып. 35. – с.40-44.
7. Мельник А.Я. Распределение напряжений в арматуре железобетонных дисков с трещинами / А.Я. Мельник. – Изв. Вузов. Сер. Стр-во и архит. 1980, №10. – с. 16-19.
8. Яременко А.Ф. Кратковременная и длительная прочность растянуто-сжатых дисков с трещинами / А.Ф. Яременко, В.С. Гапшенко. – Бетон и железобетон, 1986, №12. – с. 23-24.
9. Яременко А.Ф. Параметры физических зависимостей железобетона с трещинами / А.Ф. Яременко, В.С. Гапшенко, Е.У. Еньков. – У зб. Вісник ОДАБА. – Одеса, Місто майстрів, 2000, вип. 1. – с. 6-8.

### References

1. Karpenko, N.I. (1976) *Teoriya deformirovaniya zhelezobetona s treschinami*. M. Stroyizdat, 204 p.
2. Grigoryants, L.M. (1977) *Eksperimentalnoe issledovanie napryazhennogo sostoyaniya armatury i betona pri nalichii naklonnykh treschin*. Stroitelnyie konstruksii, zdaniya i sooruzheniya, TsNIIEPselstroy, vyip.17. p. 38-67.
3. Guseynov, N.A. (1979) *Issledovanie deformatsiy i prochnosti zhelezobetonnykh elementov s treschinami pri napryazhennom sostoyanii «rastyazhenie-szhatie»*. Prochnost, zhestkost i treschinostoykost zhelezobetonnykh konstruksiy.1979. p. 44-57.
4. Enkov, E.U. (1979) *Fizicheskie zavisimosti ploskonapryazhennogo sostoyaniya zhelezobetona s treschinami v usloviyah polzuchesti i eksperimentalnoe obosnovanie sootvetstvuyuschih parametrov*. Stroitelnyie konstruksii. K., BudIvelnik, p.54-57.
5. Karpenko, N.I. (1996) *Obschie modeli mehaniki zhelezobetona*. – M.: Stroyizdat. 416 p.
6. Yaremenko A.F., Melnik A.Ya., Dlitelnoe deformirovanie zhelezobetonnykh diskov s treschinami – V sb.: Stroitelnyie konstruksii – K., BudIvelnik, 1979, vyip. 35. – p.40-44.
7. Melnik, A.Ya. (1980) *Raspredelenie napryazheniy v armature zhelezobetonnykh diskov s treschinami*. Ser. Str-vo i arhit. 1980, v. 10. p. 16-19.
8. Yaremenko, A.F., Gapshenko, V.S. (1986) *Kratkovremennaya i dlitel'naya prochnost rastyanuto-szhatykh diskov s treschinami – Beton i zhelezobeton*, Vol. 12. p. 23-24.
9. Yaremenko, A.F., Gapshenko, V.S., Enkov, E.U. (2000) *Parametryi fizicheskikh zavisimostey zhelezobetona s treschinami*. Odesa, Misto maystriv», p. 6-8.

## МІЦНІСТЬ СМУГ БЕТОНУ І РОБОТА АРМАТУРИ ПЛОСКОНАПРЯЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ДИСКІВ З ТРІЩИНАМИ

ГАПШЕНКО В.С., ЄНЬКОВ Є.У., КОРНИЛО І.М.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

**Мета.** Визначення впливу напруженого стану і орієнтації арматури щодо тріщин на міцність залізобетонних дисків. Уточнення залежностей, що визначають коефіцієнти В. І. Мурашева.

**Методика.** Аналітичний огляд масиву експериментальних досліджень ОДАБА та інших авторів, у тому числі і зарубіжних, дозволяє порівнювати отримані дані випробувань зразків при складному напруженому стані.

**Результати.** У роботі досліджено вплив стискаючих напруг на деформативність залізобетонних дисків і середнє деформації арматури.

**Наукова новизна.** Встановлено факт істотного впливу стискаючих напруг на деформативність залізобетонних дисків. Введення у формулу, визначальну коефіцієнти В.І. Мурашева  $\psi_{SI}$  функції  $\varphi_{ps}$ , що враховує вплив поперечного обтиснення, дозволило більш точно визначити середнє деформації арматури.

**Практична значимість.** Виявлено, що стискаюче напруження помітно збільшують деформативність дисків перпендикулярно тріщин. Цей факт необхідно враховувати для забезпечення

надійності при проектуванні конструкцій. Міцність смуг бетону між тріщинами знижується із збільшенням розтягуючих напружень, причому діючі норми занижують міцність в розділі розрахунку на дію поперечної сили – можлива економія бетону.

**Ключові слова.** Залізобетонні диски, плоский напружений стан, смуги бетону, кути нахилу арматури, напруження, деформації, міцність.

## THE STRENGTH OF BANDS OF CONCRETE AND REBAR REINFORCED CONCRETE PROKONOPACHENY DISCS WITH CRACKS

GAPSHENKO V.S., YENKOV E.U., KORNILYO I.M.

Odessa state Academy of construction and architecture

**Purpose.** Determination of the influence of stress state and orientation of the rebar relative to the cracking strength of reinforced concrete discs. Specification of the dependencies that define the coefficients VI Murasheva.

**Methodology.** Analytical review of experimental research of OGAS and other authors, including foreign ones, allowing to compare the obtained data of testing of samples under complex stressed state.

**Results.** The work investigated the influence of compressive stresses on the deformability of reinforced concrete discs and average strain of reinforcement.

**Scientific novelty.** The fact of significant influence of compressive stresses on the deformability of reinforced concrete discs. Introduction to the formula for determining the coefficients Murasheva V.I.  $\psi_{SI}$  function  $\varphi_{ps}$ , considering the influence of transverse compression, allowed us to more accurately determine the average strain of rebar.

**Practical significance.** It is revealed that the compressive stress significantly increases the deformability of the discs perpendicular to the cracks. This fact must be taken into account to ensure reliability for the design of structures. The strength of the strips of concrete between cracks decreases with increasing tensile stress, and the current norms understate the strength of the section based on the action of lateral forces – the possible economy of concrete.

**Key words.** Concrete drives, plane stress, the bands of concrete, the inclination angles of the reinforcement, stresses, deformation, strength.

УДК 620.179

СЕБКО В.В.\* , ЗДОРЕНКО В.Г.\*\*

\*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

\*\*Київський національний університет технологій та дизайну

## ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРИ ПЛОСКИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КОМПОНЕНТІВ РІЗНИЦЕВОГО СИГНАЛУ БАГАТОПАРАМЕТРОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

**Мета.** Метою статті є дослідження теоретичних положень роботи теплового трансформаторного електромагнітного перетворювача (ТЕМП) при реалізації електромагнітного методу вимірювального контролю прирощень температурних і електричних параметрів немагнітних виробів плоскої форми.

**Методика.** Використана методика дослідження двохлапараметрового електромагнітного методу вимірювального контролю параметрів немагнітних плоских виробів при застосуванні теплового ТЕМП.

**Результати.** Запропоновано двохлапараметровий електромагнітний метод сумісного вимірювального контролю електричних і температурних параметрів немагнітних плоских виробів. На основі запропонованих універсальних функцій перетворення теплового ТЕМП, отримано основні співвідношення, які описують двохлапараметровий метод вимірювального контролю прирощень питомого електричного опору та температури алюмінієвого плоского зразка.

**Наукова новизна.** Розвинуті теоретичні положення роботи теплового ТЕМП з плоским виробом, що піддається нагріванню, отримані залежності компонентів сигналів теплового ТЕМП від прирощень електричних та температурних параметрів плоского виробу.

**Практична значимість.** Розроблено алгоритм реалізації теплового двохлапараметрового електромагнітного методу вимірювального контролю питомого електричного опору  $\rho$  та температури  $t$  виробів плоскої форми на основі вимірювань та аналізу прирощень сигналів теплового двохлапараметрового електромагнітного перетворювача.

**Ключові слова:** температура, питомий електричний опір, метод вимірювального контролю, різницевий сигнал, тепловий двохлапараметровий перетворювач, компоненти сигналів перетворювача.

**Вступ.** На теперішній час особливе значення мають методи та пристрої неруйнівного контролю (НК) деталей, елементів та вузлів технологічного обладнання. До переваг методів НК слід віднести: можливість багатократного вимірювального контролю фізико-механічних параметрів виробів, порівняну простоту реалізації методів, можливість автоматизації процесу контролю (що у свою чергу, дозволяє їх застосовувати під час активного безперервного контролю), контроль деталей та складальних одиниць обладнання в процесі експлуатації та під час ремонту без порушення режиму функціонування технологічного обладнання, контроль рухомих елементів конструкцій та виробів, що нагріваються до високих температур [1-11].

При цьому з точки зору підвищення якості та безпеки при виробництві промислового обладнання, важливе значення мають ті методи та пристрої НК, які дозволяють визначати параметри стандартних деталей обладнання не тільки відповідального машинобудування а й з'єднувального обладнання та обладнання інструментарію (з'єднувальних пластин, опорних пластин для монтажу, пластин металорізального інструменту, з'єднувальних елементів, притискних і проміжних вальців, барабанів, розподільних кулачків, дозаторів цементу, шнеків, дозувальних закривів та ін.). Важливе значення має також поопераційний контроль якості пластин трансформаторів, електричних двигунів та генераторів, контакторів та інших деталей та вузлів устаткування. При цьому для відпрацювання технології раціонального

відпалювання є необхідним вимірювати температуру плоских виробів безконтактними методами. Тому важливий теоретичний і практичний інтерес представляє розвиток та удосконалення безконтактних електромагнітних методів вимірювання температури та пов'язаних з нею фізико-механічних параметрів виробів та конструкцій обладнання машинобудування [7]. До переваг електромагнітних методів визначення температури слід віднести: безконтактність, можливість автоматизації процесу багатопараметрових вимірювань, а також можливість вимірювання температури, середньої за перетином, та миттєвих значень температури досліджуваного зразка [1, 2, 6].

У статтях [4-9] розглянуто теоретичні основи роботи електромагнітних давачів (ЕД) з немагнітними та феромагнітними плоскими виробами під час реалізації екстремальних методів визначення магнітної проникності  $\mu_r$  та питомої електричної провідності  $\sigma$  феромагнітних пластин, а також методи визначення площі поперечного перерізу  $S$ , питомого електричного опору  $\rho$  і температури  $t$  немагнітних плоских виробів, отримано універсальні функції перетворення, на основі яких розроблено нові електромагнітні методи контролю, наведено аналіз похибок вимірювань параметрів досліджуваних плоских виробів. Низька точність вимірювань при реалізації розглянутих в цих роботах методів та доволі низька чутливість перетворювача до параметрів плоских виробів, пояснюється тим, що у якості сигналу ЕД автори робіт [4-9] обирали інформативні характеристики ЕРС  $E_{\Sigma}$  та фазовий кут зсуву  $\varphi_0$ , або ЕРС ЕД  $E_{\text{вн}}$  та її фазовий кут зсуву  $\varphi_{\text{вн}}$  (по відношенню до  $\varphi_0$ ), які мають функціональні залежності з параметрами плоских виробів, однак результати такого контролю характеризуються складними алгоритмами вимірювальних та розрахункових процедур. Зокрема, на сьогодні практично не досліджені особливості роботи теплових багатопараметрових електромагнітних пристроїв для вимірювального контролю параметрів виробів плоскої форми, які використовують у якості інформативного параметра різниці компонентів сигналів теплового трансформаторного електромагнітного перетворювача (ТЕМП), не отримано співвідношення, які описують реалізацію таких методів.

Таким чином, виникає важлива наукова і практична проблема, сутність якої полягає у підвищенні точності вимірювань температури немагнітних плоских виробів за рахунок реалізації багатопараметрових електромагнітних методів, розроблених на основі простих алгоритмів вимірювальних та розрахункових процедур, які містять операції з прирощеннями компонентів сигналів теплових ТЕМП.

**Постановка завдання.** Метою статті є дослідження теоретичних положень роботи теплового ТЕМП при реалізації електромагнітного методу вимірювального контролю прирощень температурних і електричних параметрів немагнітних виробів плоскої форми. Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. На основі запропонованих універсальних функцій перетворення теплового ТЕМП отримати основні співвідношення, які описують двохпараметровий метод вимірювального контролю питомого електричного опору  $\rho$  і температури  $t$  алюмінієвого плоского зразка.
2. На основі отриманих співвідношень та розглянутої схеми включення теплового ТЕМП з пластиною, яка підлягає нагріву у процесі контролю, навести результати визначення питомого електричного опору та температури об'єкта контролю.

**Результати дослідження.** Скориставшись результатами робіт [1-9], спочатку визначимо нормовані параметри для отримання універсальних функцій перетворення, які

пов'язують характеристики теплового ТЕМП з прирощеннями електричних і температурних параметрів досліджуваного плоского зразка. Параметр  $\Pi$  з урахуванням результатів робіт [4-9] являє собою питому нормовану ЕРС, яка пов'язана з магнітним потоком у виробі. Параметр  $\beta_2$  представляє собою фазовий кут зсуву між ЕРС  $E_0$ , яка обумовлена проходженням магнітного потоку в перетворювачі при відсутності виробу і параметром  $\Pi$  [4-9]. Параметр  $\Pi_x$  представляє собою ЕРС  $E_2$ , яка обумовлена проходженням магнітного потоку через квадратну площину одиничного перерізу зі стороною, яка дорівнює глибині проникнення магнітного поля  $\delta$ . При цьому для пластини, яка піддається нагріву в процесі контролю, параметр  $\Pi_{xt}$  визначають за наступним виразом:

$$\Pi_{xt} = \Pi_t x_t^2, \quad (1)$$

де індекс "t" свідчить про те, що дана величина залежить від температури [10].

Вираз для визначення узагальненого параметру  $x_t$ , який пов'язує характеристики теплового ТЕМП з прирощеннями електричних та температурних параметрів плоских виробів, має наступний вигляд [4, 5]:

$$x_t = d \sqrt{\frac{\mu_0 \pi f_t}{\rho_t}} \quad (2)$$

де  $d$  – товщина пластини, що піддається нагріву;  $\rho_t$  – питомий електричний опір з урахуванням температури пластини;  $\mu_0$  – магнітна стала [10];  $f_t$  – частота магнітного поля теплового ТЕМП.

При цьому вимірювальний електромагнітний контроль електричних та температурних параметрів немагнітних плоских зразків має також важливе самостійне значення, оскільки дозволяє одержати найбільш повну інформацію щодо досліджуваних плоских виробів одним і тим же електромагнітним перетворювачем в одній і тій же зоні контролю [7, 8].

На рис.1 наведено схему включення теплового ТЕМП з плоским виробом, що піддається нагріву в процесі контролю тепловим перетворювачем Н, який розташований безпосередньо у ТЕМП. При цьому на базі ТЕМП здійснюється реалізація електромагнітного двохпараметрового методу, який передбачає використання повздовжнього магнітного поля, що зондує досліджуваний плоский виріб. Розглянута схемна реалізація дозволяє визначати компоненти сигналів теплового ТЕМП, які пов'язані з прирощеннями електричних та температурних параметрів немагнітних пластин, що контролюються. Схема включає до себе: ДЗ – джерело змінного струму, А – амперметр, ТЕМП, який містить робочий та компенсаційний перетворювачі РП, та КП відповідно, а також опорні котушки взаємодуктивності КВР та КВК. Схема також включає до себе: вольтметр В; вимірювач кута фазового зсуву ВФ, плоский виріб, що піддається нагріву та холодний плоский виріб,  $\Pi$  та  $\Pi_1$  відповідно, мікроамперметр мкА, обмежувач струму R, змінний опір  $R_1$ , напівпровідникові діодні містки ВМ1 та ВМ2. Таким чином, вимірювачем напруги В реєструють ЕРС  $E_0$ . Далі за допомогою вимірювача фазового кута зсуву ВФ, визначають різницевий сигнал  $\delta\beta_{2\Pi t} = \beta_{2\Pi} - \beta_{2\Pi 1}$  (різницевий сигнал, або прирощення фазового кута  $\delta\beta_2$  ТЕМП з пластиною, що піддається нагріву). Після цього вимірюють різницеву ЕРС,

тобто  $\delta E_{2\Pi t} \approx E_{2\Pi} - E_{2\Pi 1}$  (різницевий сигнал, або прирощення ЕРС пластини, що піддається нагріву).

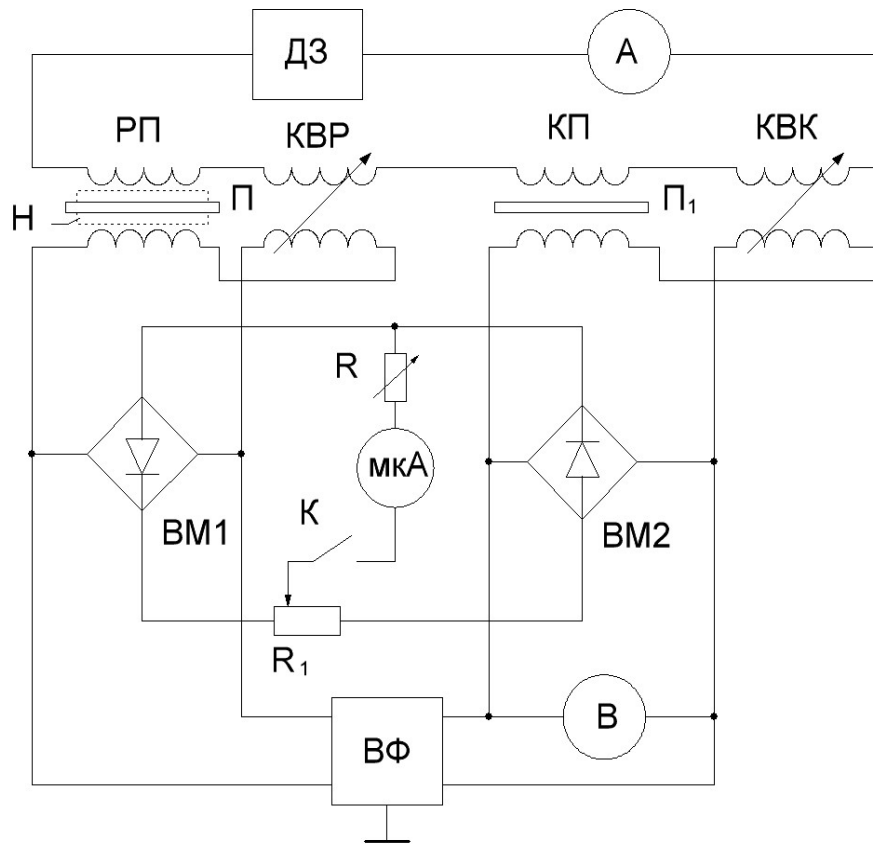


Рис. 1. Схема теплового двохпараметрового ТЕМП з алюмінієвою пластинною, що контролюється

Скориставшись результатами робіт [4-9], запишемо вираз для похідної прирощення компонентів фазового сигналу теплового ТЕМП з плоским виробом:

$$\frac{\delta x_{\Pi t}}{x_{\Pi 1}} = \frac{dx_{\Pi t}}{d\beta_{2\Pi t}} \cdot \frac{\beta_{2\Pi 1}}{x_{\Pi 1}} \cdot \frac{\delta\beta_{2\Pi t}}{\beta_{2\Pi 1}} \quad (3)$$

де  $\beta_{2\Pi 1}$  - фазовий кут зсуву  $\beta_{2\Pi}$ , при  $t_1=20^\circ\text{C}$ ;  $x_{\Pi 1}$  - узагальнений магнітний параметр  $x$  при  $t_1=20^\circ\text{C}$ .

Залежності компонентів сигналів теплового двохпараметрового ТЕМП з плоским немагнітним виробом, що контролюється, наведено на рис. 2, 3.

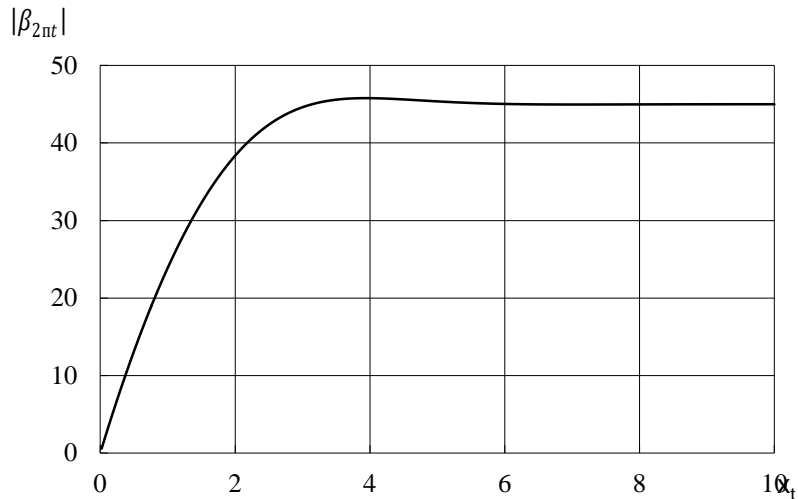


Рис.2. Залежність фазового кута зсуву  $\beta_{2\Pi t}$  від узагальненого магнітного параметра  $x_t$ , при реалізації електромагнітного методу контролю на основі теплового двохпараметрового ТЕМП,  $\beta_{2\Pi t} = f(x_t)$

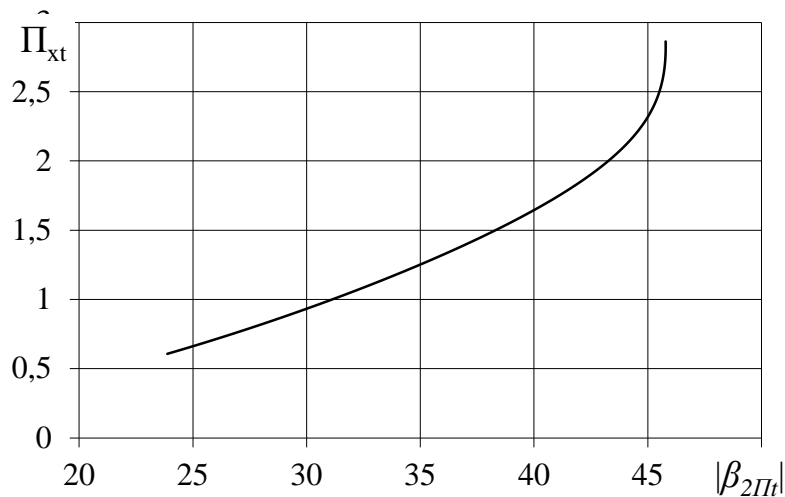


Рис. 3. Залежність параметра  $\Pi_{xt}$  від величини фазового сигналу двохпараметрового теплового ТЕМП,  $\Pi_{xt} = f(\beta_{2\Pi t})$

Отже, після нескладних перетворень, маємо наступний вираз

$$\frac{\delta x_{\Pi t}}{x_{\Pi 1}} = \frac{dx_{\Pi t}}{d\beta_{2\Pi t}} \cdot \frac{\beta_{2\Pi 1}}{x_{\Pi 1}} \cdot \frac{\beta_{2\Pi t} - \beta_{2\Pi 1}}{\beta_{2\Pi 1}} \quad (4)$$

Вираз для прирощення  $\delta\Pi_{xt}/\Pi_1$ , має наступний вигляд

$$\frac{\delta\Pi_{xt}}{\Pi_1} = \frac{d\Pi_{xt}}{d\beta_{2\Pi t}} \cdot \frac{\beta_{2\Pi 1}}{\Pi_1} \cdot \frac{\delta\beta_{2\Pi t}}{\beta_{2\Pi 1}}, \quad (5)$$

або

$$\frac{\delta\Pi_{xt}}{\Pi_1} = \frac{d\Pi_{xt}}{d\beta_{2\Pi t}} \cdot \frac{\beta_{2\Pi 1}}{\Pi_1} \cdot \frac{\beta_{2\Pi t} - \beta_{2\Pi 1}}{\beta_{2\Pi 1}} \quad (6)$$

Відносне прирощення питомої електричної провідності  $\delta\sigma_t/\sigma_{\Pi 1}$ , визначають за наступним виразом:

$$\frac{\delta\sigma_t}{\sigma_{П1}} = \left( \frac{2dx_{Пт}}{d\beta_{2Пт}} \cdot \frac{1}{x_{П1}} + \frac{d\Pi_{xt}}{d\beta_{2Пт}} \cdot \frac{1}{\Pi_1} \right) \delta\beta_{2П1} - \frac{\delta E_{2Пт}}{E_{2П1}} \quad (7)$$

Для спрощення виразу (5), доцільно ввести коефіцієнт  $G_{1t}$

$$G_{1t} = \frac{2dx_{Пт}}{d\beta_{2Пт}} \cdot \frac{1}{x_{П1}} + \frac{d\Pi_{xt}}{d\beta_{2Пт}} \cdot \frac{1}{\Pi_1} \quad (8)$$

З урахуванням наведеного вище, вирази для визначення прирощень  $\delta\sigma_t/\sigma_{П1}$  та  $\delta\rho_t/\rho_{П1}$ , мають наступний вигляд:

$$\frac{\delta\sigma_t}{\sigma_{П1}} = G_{1t} \delta\beta_{2П1} - \frac{\delta E_{2Пт}}{E_{2П1}} \quad (9)$$

та

$$\frac{\delta\rho_t}{\rho_{П1}} = \frac{1}{G_{1t} \delta\beta_{2П1} - \frac{\delta E_{2Пт}}{E_{2П1}}} \quad (10)$$

Температуру алюмінієвого плоского зразка, що контролюється, знаходимо скориставшись залежністю,  $\rho_t=f(t)$  [10]. Формула для визначення прирощення температури  $\delta t/t_1$  зразка плоскої форми, має наступний вигляд:

$$\frac{\delta t}{t_1} = -2 \frac{dx_{Пт}}{d\beta_{2Пт}} \frac{1}{x_{П1}} \frac{1 + \alpha t_1}{\alpha t_1} (\beta_{2Пт} - \beta_{2П1}) \quad (11)$$

де  $dx_{Пт}/d\beta_{2Пт}$  – похідна функції перетворення у робочій точці;  $\alpha$  – температурний коефіцієнт опору (ТКО) матеріалу алюмінієвого зразка плоскої форми [10].

В табл. 1 наведено отримані результати досліджень температурних та електричних параметрів плоского зразка, що контролюється. Матеріал зразка - алюміній; питомий електричний опір при початковій температурі  $\rho_l = 2,831 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, температурний коефіцієнт опору  $\alpha = 4,23 \cdot 10^{-3}$  1/К (дані визначено контрольними методами); досліджуваний діапазон температур 20...120 °С; товщина пластини  $d=0,5$  мм; ширина пластини  $h=7$  мм; товщина каркасу  $d_k=5$  мм; ширина каркасу  $h_k=7$  мм; довжина пластини  $l=170$  мм; напруженість магнітного поля  $H_0=300$  А/м; кількість витків намагнічувальної обмотки  $W_H = 450$ ; кількість витків вимірювальної обмотки  $W_B = 1500$ ; частота магнітного поля теплового електромагнітного перетворювача  $f=200$  кГц.

Таблиця 1.

**Результати вимірювального контролю температурних і електричних параметрів досліджуваної пластини**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_t \cdot 10^{-8},$ Ом·м	$t', ^\circ\text{C}$	$\Delta\rho_t \cdot 10^{-8},$ Ом·м	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\delta\rho_t/\rho_{П1}$	$\delta t/t_1$
20	2,832	20,09	0,001	0,09	0,00035	0,0045
30	2,94	29,97	0,109	9,88	0,03850	0,49179
40	3,051	40,02	0,22	19,93	0,07771	0,992036
50	3,161	49,98	0,33	29,89	0,116567	1,4878049
60	3,271	59,96	0,44	39,87	0,1554221	1,98457

Продовження таблиці 1.

70	3,382	70,01	0,551	49,92	0,194631	2,48482
80	3,492	79,87	0,661	59,89	0,233486	2,981085
90	3,603	90,12	0,772	70,03	0,272695	3,48581
100	3,713	100,09	0,882	80	0,3116	3,982081
110	3,823	110,06	0,992	89,97	0,350406	4,478347
120	3,934	120,12	1,103	100,03	0,389615	4,9791

Таким чином, досліджуваний електромагнітний метод засновано на вимірюванні та аналізі компонентів сигналів первинного перетворювача (теплового ТЕМП), які пов'язані з прирощеннями електричних і температурних параметрів немагнітних пластин, що контролюються.

**Висновки.** Результати, які наведено у даній статті, дозволяють визначити коло завдань для вирішення важливої наукової і практичної проблеми, сутність якої полягає у підвищенні точності вимірювань температури немагнітних плоских виробів за рахунок реалізації багатопараметрових електромагнітних методів, розроблених на основі простих алгоритмів вимірювальних та розрахункових процедур, які містять операції з прирощеннями компонентів сигналів теплових електромагнітних перетворювачів. В рамках дослідження цієї проблеми запропоновано двохпараметровий електромагнітний метод сумісного вимірювального контролю електричних і температурних параметрів немагнітних плоских виробів. На основі запропонованих універсальних функцій перетворення теплового ТЕМП, отримано основні співвідношення, які описують двохпараметровий метод вимірювального контролю прирощень питомого електричного опору  $\rho$  та температури  $t$  алюмінієвого плоского зразка. Наведено результати визначення параметрів  $\rho$  і  $t$  досліджуваного зразка. Перспективи подальших досліджень полягають в встановленні оптимальних режимів роботи теплових ТЕМП з плоскими виробами, що контролюються, при розрахунках та проектуванні автоматизованих пристроїв контролю та керування процесами теплової обробки та обробки тиском виробів машинобудування.

### Література

1. Багмет О.Л., Машнева І.В., Себко В.В., Москаленко І.І. Расчет характеристик электромагнитного преобразователя температуры // Измерительная техника. – Харьков. - 1997. – № 1. – С. 57-60.
2. Себко В.В., Здоренко В. Г. Вимірювальний контроль чотирьох параметрів циліндричного виробу, який зондується магнітним полем кратних частот // Вісник КНУТД. – 2009. – Вип. №2 (46). – С. 43 – 50.
3. Себко В.В. Информационные технологии применяемые при совместном автоматизированном вихретоковом контроле параметров цилиндрических изделий // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2010. – Вип. №3 (44), – С. 14-19.
4. Себко В.П., Кириченко Р.І. К теории работы трансформаторного электромагнитного преобразователя с плоским проводящим изделием // Технічна електродинаміка. – Київ: Ін-т електродинаміки

### References

1. Bagmet O.L., Mashneva I.V., Sebko V.V., Moskalenko I.I. (1997) *Raschet kharakteristik elektromagnitnogo preobrazovatelya temperatury* // *Izmeritel'naya tekhnika*. Khar'kov. no.1. P. 57-60.
2. Sebko V.V., Zdorenko V. H. (2009) *Vymiriuvalnyy kontrol chotyrokhn parametriv tsylindrychnoho vyrobu, yakyy zondietsia mahnitnym polem kratnykh chastot*. BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design. no.2 (46). P. 43 – 50.
3. Sebko V.V. (2010) *Informatsionnye tekhnologii primenyaemye pri sovmestnom avtomatizirovannom vikhretokovom kontrole parametrov tsilindricheskikh izdeliy*. Radioelektronni i kompiuterni systemy. Kharkiv: Natsionalnyi aerokosmichnyi universytet im. M.Ie. Zhukovskoho «Kharkivskiy aviatsiyniy instytut. no.3 (44), P. 14-19.
4. Sebko V.P., Kirichenko R.I. (2000) *K teorii raboty transformatornogo elektromagnitnogo preobrazovatelya s ploskim provodyashchim izdeliem*. Tekhnichna

НАНУ. - 2000. – Тем.випуск, Ч. 1. – С. 93-98.

5. Себко В.П., Кириченко Р.И. Погрешности одновременного определения магнитной проницаемости и электропроводности плоского изделия // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ". - 2002. - № 9. – С. 129-132.

6. Себко В.В. Вихретоковый многопараметровый метод контроля плоских изделий авиационного оборудования // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2010. – Вип. №5 (72), – С. 83-89.

7. Себко В.В. Оценка достоверности контроля, при реализации многопараметрового вихретокового метода контроля параметров плоских изделий // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ", 2010. – Вип. №42, С. 93 – 100.

8. Себко В.В. Трансформаторный вихретоковый датчик с пластиной, зондируемой полем кратных частот // Український метрологічний журнал. – Харків. – 2007. – Вип. 2. – С. 26 – 29.

9. Себко В.П., Себко В.В., Питак И.В., Здоренко В.Г., Зашчепкина Н.М. Точность идентификации ферромагнитных плоских изделий за счет создания информационной избыточности // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків: НТУ "ХПІ", 2011. – №47. – С.133 – 140.

10. Спектор С.А. Электрические измерения физических величин. - Л.: Энергоатомиздат, 1987 - 320 с.

11. Себко В.В., Здоренко В. Г. Дослідження двохпараметрового методу контролю електричних та температурних параметрів виробів, що нагріваються у процесі контролю. – Вісник КНУТД. Технічні науки. – 2017. – Вип. №2. – С. 59 – 67.

elektrodynamika. – Kyiv: In-t elektrodynamiky NANU, 1.P. 93-98.

5. Sebko V.P., Kirichenko R.I. (2002) *Pogreshnosti odnovernennogo opredeleniya magnitnoy proniatsaemosti i elektroprovodnosti ploskogo izdeliya*. Bulletin of the National Technical University Harkov Polytechnic Institute. Kharkiv. no 9. P. 129-132.

6. Sebko V.V. (2010) *Vikhretkovyy mnogoparametrovyy metod kontrolya ploskikh izdeliy aviatsionnogo oborudovaniya*. Aviatyino-kosmichnatekhnika i tekhnolohiia. Bulletin of the National Technical University Harkov Polytechnic Institute. Kharkiv no.5 (72), P. 83-89.

7. Sebko V.V. (2010) *Otsenka dostovernosti kontrolya, pri realizatsii mnogoparametrovogo vikhretkovogo metoda kontrolya parametrov ploskikh izdeliy*. Bulletin of the National Technical University Harkov Polytechnic Institute. Kharkiv. no. 42, P. 93 – 100.

8. Sebko V.V. (2007) *Transformatornyy vikhretkovyy datchik s plastinoy, zondiruemoj polem kratnikh chastot*. Ukrainian Metrology Journal. Kharkiv. no.2. P. 26 – 29.

9. Sebko V.P., Sebko V.V., Pitak I.V., Zdorenko V.G., Zashchepkina N.M. (2011) *Tochnost' indentifikatsii ferromagnitnykh ploskikh izdeliy za schet sozdaniya informatsionnoy izbytochnosti*. Bulletin of the National Technical University Harkov Polytechnic Institute. Kharkiv. no.47. P.133 – 140.

10. Spektor S.A. (1897) *Elektricheskie izmereniya fizicheskikh velichin*. [Electrical measurements of physical quantities], 320 p.

11. Sebko V.V., Zdorenko V. H. (2017) *Doslidzhennia dvokhparametrovoho metodu kontroliu elektrychnykh ta temperaturnykh parametrov vyrobiv, shcho nahrivaiutsia u protsesi kontroliu*. [The study of twoparametrage control method of electric and thermal parameters of the products, the heating process] BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design. no. 2. P. 59 – 67.

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛОСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ РАЗНОСТНОГО СИГНАЛА МНОГОПАРАМЕТРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СЕБКО В.В. \*, ЗДОРЕНКО В.Г. \*\*

\*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт

\*\*Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Целью статьи является исследование теоретических положений работы теплового трансформаторного электромагнитного преобразователя (ТЭМП) при реализации электромагнитного метода измерительного контроля приращений температурных и электрических параметров немагнитных изделий плоской формы.

**Методика.** Использована методика исследования двухпараметрический электромагнитного метода измерительного контроля параметров немагнитных плоских изделий при использовании теплового ТЭМП.

**Результаты.** Предложен двухпараметрический электромагнитный метод совместного измерительного контроля электрических и температурных параметров немагнитных плоских изделий. На основе предложенных универсальных функций преобразования теплового ТЭМП получены основные соотношения, которые описывают двухпараметрический метод измерительного

контроля приращений удельного электрического сопротивления и температуры алюминиевого плоского образца.

**Научная новизна.** Развита теоретические положения работы теплового ТЭМП с плоским изделием, который нагревается, получены зависимости компонентов сигналов теплового ТЭМП от приращений электрических и температурных параметров плоского изделия.

**Практическая значимость.** Разработан алгоритм реализации теплового двухпараметрического электромагнитного метода измерительного контроля удельного электрического сопротивления  $\rho$  и температуры  $t$  изделий плоской формы на основе измерений и анализа приращений сигналов теплового двухпараметрического электромагнитного преобразователя.

**Ключевые слова:** температура, удельное электрическое сопротивление, метод измерительного контроля, разностный сигнал, тепловой двухпараметрический преобразователь, компоненты сигналов преобразователя.

## MEASUREMENT CONTROL OF TEMPERATURE OF FLAT PRODUCTS BASED ON THE IMPLEMENTATION OF THE METHOD OF DETERMINING THE COMPONENTS OF THE DIFFERENTIAL SIGNAL MULTIPARAMETER CONVERTER SEBKO V.V.<sup>\*</sup>, ZDORENKO V.G.<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>National Technical University «Kharkov Polytechnic institute»

<sup>\*\*</sup>Kiev National University of Technology and Design

**Purpose.** The purpose of this article is to study theoretical positions of the heat transformer electromagnetic transducer (HTET) in the implementation of the method of electromagnetic measurement control of the increments of thermal and electrical parameters of the non-magnetic product, flat forms.

**Methodology.** The technique used for two-parameter study of the electromagnetic method of measuring control parameters of the non-magnetic flat products when you use heat HTET.

**Findings.** The proposed two-parametric method for joint measurement of electromagnetic control of electric and thermal parameters of the non-magnetic flat products. Based on the proposed generic functions for converting thermal HTET obtained the basic relations that describe the two-parameter method measurement control of the increments of electrical resistivity and temperature of aluminum flat sample.

**Originality.** Developed theoretical principles of operation of the heat HTET with a flat product, which is obtained based on components signals of the heat HTET from the increments of electric and thermal parameters of flat products.

**Practical value.** The algorithm was developed to implement the two-parameter thermal electromagnetic method of measuring and monitoring electrical resistivity  $\rho$  and temperature  $t$  of the flat products forms-based measurement and analysis of increments of the signals of the two-parameter thermal electromagnetic transducer.

**Keywords:** temperature, electrical resistivity, method of measuring and monitoring the differential signal, two-parameter thermal converter, the components of the signals of the converter.

УДК 531.381

АКУЛЕНКО Л.Д.<sup>1</sup>, ЛЕЩЕНКО Д.Д.<sup>2</sup>, КОЗАЧЕНКО Т.А.<sup>2</sup>,  
ЗИНКЕВИЧ Я.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем механики РАН

<sup>2</sup>Одесская государственная академия строительства и архитектуры

## ДИНАМИКА ВОЛЧКА ЛАГРАНЖА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОЗМУЩАЮЩИХ МОМЕНТОВ СИЛ

**Мета.** Встановити вплив моментів сил різної фізичної природи на збурені рухи твердого тіла відносно нерухомої точки, які близькі до випадку Лагранжа. Ставиться задача дослідження асимптотичної поведінки розв'язків системи рівнянь руху твердого тіла.

**Методика.** Для аналізу нелінійної системи рівнянь руху застосовується метод усереднення. Система рівнянь руху твердого тіла приводиться до вигляду, який допускає усереднення по фазі кута нутації.

**Результати.** Розглянуті механічні моделі збурень, які відповідають руху тіла під дією сталого моменту, прикладеного вздовж осі симетрії, а також досліджений спільний вплив середовища з лінійною дисипацією і малого сталого моменту на рух твердого тіла, близький до випадку Лагранжа. Одержана усереднена система рівнянь першого наближення для повільних змінних. Усереднені системи проінтегровані чисельно для різних початкових умов і параметрів задачі.

**Наукова новизна.** Дан якісний і кількісний аналіз руху твердого тіла під дією ряду збурень, які зустрічаються в динаміці супутників і гіроскопів.

**Практична значимість.** Розвинені методи дослідження і одержані нові результати при дослідженні еволюції руху важкого симетричного твердого тіла під дією збурень різної природи.

**Ключові слова:** збурений рух, випадок Лагранжа, метод усереднення, момент.

**Введение.** Проблема эволюции движений твердого тела относительно неподвижной точки привлекает внимание исследователей в связи с задачами входа летательных аппаратов в атмосферу, космонавтики, динамики вращающегося снаряда, гироскопии. В теоретическом аспекте эти задачи вызывают интерес у специалистов в области теоретической механики. Они могут быть достаточно строго сформулированы в рамках динамических моделей твердого тела в случае Лагранжа, который является опорным.

Возмущенные движения твердого тела, близкие к случаю Лагранжа, исследованы в ряде работ, например в [1–3] изучались движения относительно центра масс летательных аппаратов, входящих в атмосферу с большой скоростью. Рассматривалось движение вращающегося твердого тела в атмосфере.

В [4–6] приведены условия возможности усреднения уравнений движения по фазе угла нутаации, получена усредненная система уравнений. Исследовано движение тела в среде с линейной диссипацией. Рассмотрены возмущенные быстрые вращения твердого тела, близкие к регулярной прецессии.

В [7,8] изучались движения волчка Лагранжа, близкие к регулярным прецессиям, под действием малого возмущающего момента. Рассматривалось движение симметричного тяжелого твердого тела вокруг неподвижной точки под действием сил трения, обусловленных диссипативной средой [9].

Обзор результатов в задачах эволюции вращений твердого тела, близких к случаю Лагранжа, представлен в [5,10].

**Постановка задачи.** Рассматривается возмущенное движение твердого тела вокруг неподвижной точки  $O$ , близкое к случаю Лагранжа, под действием возмущений произвольной природы. Уравнения движения имеют вид:

$$\begin{aligned} A\dot{p} + (C - A)qr &= \mu \sin \theta \cos \varphi + \varepsilon M_1, & A\dot{q} + (A - C)pr &= -\mu \sin \theta \sin \varphi + \varepsilon M_2, \\ C\dot{r} &= \varepsilon M_3, & M_i &= M_i(p, q, r, \psi, \theta, \varphi), \quad i = 1, 2, 3, \\ \dot{\psi} &= (p \sin \varphi + q \cos \varphi) \operatorname{cosec} \theta, & \dot{\theta} &= p \cos \varphi - q \sin \varphi, \\ \dot{\varphi} &= r - (p \sin \varphi + q \cos \varphi) \operatorname{ctg} \theta. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $p, q, r$  – проекции вектора угловой скорости тела на главные оси инерции тела; величины  $\varepsilon M_i (i = 1, 2, 3)$  – проекции вектора возмущающего момента на те же оси,  $\varepsilon$  – малый параметр, характеризующий величину возмущений;  $\psi, \theta, \varphi$  – углы Эйлера [11,5],  $A$  – экваториальный,  $C$  – осевой момент инерции тела относительно точки  $O$ . Предполагается, что на тело действует восстанавливающий момент, максимальная величина которого равна  $\mu$  и который создается постоянной по величине и направлению силой, приложенной в некоторой фиксированной точке оси динамической симметрии. В случае тяжелого волчка имеем  $\mu = mgl$ ,  $m$  – масса тела,  $g$  – ускорение силы тяжести,  $l$  – расстояние от неподвижной точки  $O$  до центра тяжести тела.

Ставится задача исследования асимптотического поведения решений системы (1) при малом  $\varepsilon$ , которое будет проводиться методом усреднения [12] на интервале времени порядка  $\varepsilon^{-1}$ .

**Результаты исследований.** Первыми интегралами уравнений для системы (1), в случае невозмущенного движения ( $\varepsilon = 0$ ) являются

$$\begin{aligned} G_z &= A \sin \theta (p \sin \varphi + q \cos \varphi) + Cr \cos \theta = c_1, \\ H &= \frac{1}{2} [A(p^2 + q^2) + Cr^2] + \mu \cos \theta = c_2, \quad r = c_3. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь  $G_z$  – проекция вектора кинетического момента на вертикаль  $Oz$ ,  $H$  – полная энергия тела,  $r$  – проекция вектора угловой скорости на ось динамической симметрии,  $c_i (i = 1, 2, 3)$  – произвольные постоянные ( $c_2 \geq -\mu$ ).

Известно выражение для угла нутации  $\theta$  в невозмущённом движении [11,5]:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= u_1 + (u_2 - u_1) \operatorname{sn}^2(\alpha t + \beta), \quad -1 \leq u_1 \leq u_2 \leq 1 \leq u_3 < +\infty, \\ \alpha &= [\mu(u_3 - u_1) / (2A)]^{1/2}, \quad \operatorname{sn}(\alpha t + \beta) = \sin am(\alpha t + \beta, k), \\ k^2 &= (u_2 - u_1)(u_3 - u_1)^{-1}, \quad 0 \leq k^2 < 1. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь  $u$  – периодическая функция  $\alpha t + \beta$  с периодом  $K(k)/\alpha$ ;  $\operatorname{sn}, am$  – эллиптический синус и амплитуда соответственно [13],  $\beta$  – произвольная фазовая постоянная,  $k$  – модуль эллиптических функций, через  $u_1, u_2, u_3$  обозначены вещественные корни кубического многочлена

$$Q(u) = A^{-2} [(2H - Cr^2 - 2\mu u)(1 - u^2)A - (G_z - Cru)^2]. \quad (4)$$

Соотношения между корнями  $Q(u)$  и первыми интегралами (2) записываются следующим образом:

$$u_1 + u_2 + u_3 = \frac{H}{\mu} - \frac{Cr^2}{2\mu} + \frac{C^2r^2}{2A\mu}, \quad u_1u_2 + u_1u_3 + u_2u_3 = \frac{G_z Cr}{A\mu} - 1, \quad (5)$$

$$u_1u_2u_3 = -\frac{H}{\mu} + \frac{Cr^2}{2\mu} + \frac{G_z^2}{2A\mu}.$$

Для решения поставленной задачи применяется методика, разработанная в [4,5]. Данная методика используется для усреднения системы (1) при возмущениях, допускающих усреднение по фазе угла нутации  $\theta$ , вдоль траекторий изменения  $\theta(t)$ .

С помощью ряда преобразований приведём первые три уравнения (1) к виду:

$$\begin{aligned} \dot{G}_z &= \varepsilon F_1(G_z, H, r, \theta), & F_1 &= (M_1 \sin \varphi + M_2 \cos \varphi) \sin \theta + M_3 \cos \theta, \\ \dot{H} &= \varepsilon F_2(G_z, H, r, \theta), & F_2 &= M_1 p + M_2 q + M_3 r, \\ \dot{r} &= \varepsilon F_3(G_z, H, r, \theta), & F_3 &= C^{-1} M_3. \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь и в трёх последних уравнениях (1) подразумевается, что переменные  $p, q, r$  при помощи (2) выражены как функции  $G_z, H, r, \psi, \theta, \varphi$  и подставлены в (1), (6). Начальные значения медленных переменных  $G_z, H, r$  могут быть вычислены при помощи (2).

Правые части (6) содержат три быстрые переменные  $\psi, \theta, \varphi$ , что представляет трудность для применения метода усреднения. Для исключения этой трудности потребуем, чтобы правые части уравнений (6) могли быть представлены как функции от медленных переменных и от угла нутации, периодические по фазе переменной  $\theta$  с периодом  $2\pi$ , и имели следующие структурные свойства возмущающего момента сил

$$M_1 \sin \varphi + M_2 \cos \varphi = M_1^*(G_z, H, r, \theta), \quad M_1 p + M_2 q = M_2^*(G_z, H, r, \theta), \quad (7)$$

$$M_3 = M_3^*(G_z, H, r, \theta),$$

$$M_1 = pf, \quad M_2 = qf, \quad M_3 = M_3^*, \quad f = f(G_z, H, r, \theta). \quad (8)$$

Тогда, правые части уравнений (6)  $F_1, F_2, F_3$  будут  $2\pi$ -периодическими функциями фазы угла  $\theta$ .

Исследование возмущенного движения предполагается проводить для медленных переменных  $u_i, i=1,2,3$ . Медленные переменные  $G_z, H, r$  удастся выразить через  $u_i$  из (5) следующим образом [4,5]

$$G_z = \chi \delta (u_1 + u_2 + u_3 + u_1 u_2 u_3 + R)^{1/2}, \quad r = C^{-1} \chi (u_1 + u_2 + u_3 + u_1 u_2 u_3 - R)^{1/2},$$

$$H = \frac{1}{2} \mu \left[ (u_1 + u_2 + u_3)(1 + AC^{-1}) + (R - u_1 u_2 u_3)(1 - AC^{-1}) \right], \quad \delta = \text{sign}(1 + u_1 u_2 + u_1 u_3 + u_2 u_3) \quad (9)$$

$$R = \left[ (1 - u_1^2)(1 - u_2^2)(u_3^2 - 1) \right]^{1/2} \text{sign}(G_z^2 - C^2 r^2), \quad \chi = (A\mu)^{1/2} \text{sign} r.$$

Знаки  $\chi$  и  $R$  в начальный момент определяются по начальным условиям для  $G_z$  и  $r$ . Если в процессе движения одна или обе величины  $G_z^2 - C^2 r^2$  и  $r$  проходят через нуль, то возможна смена знаков  $\chi$  и  $R$ , для определения которых можно воспользоваться исходной системой (6).

После ряда преобразований и усреднения по фазе угла нутации получим усредненную систему уравнений для медленных переменных  $u_i, i=1,2,3$  в первом приближении:

$$\frac{du_i}{d\tau} = U_i(u_1, u_2, u_3), \quad u_i(0) = u_i^0, \quad i=1,2,3, \quad \tau = \varepsilon t, \quad (10)$$

$$U_i(u_1, u_2, u_3) = \frac{\alpha}{2K(k)} \int_0^{2K/\alpha} V_i(u_1, u_2, u_3, \theta(t)) dt,$$

$$\text{где } V_i = V_{i1}F_1^* + V_{i2}F_2^* + V_{i3}F_3^*, \quad V_{ij} = V_{ij}(u_1, u_2, u_3), \quad i, j = 1, 2, 3, \quad (11)$$

$$V_{11} = \frac{G_z - Cr u_1}{A \Delta}, \quad V_{12} = \frac{u_1^2 - 1}{\Delta}, \quad (12)$$

$$V_{13} = \frac{C}{\Delta} \left[ (CA^{-1} - 1) r u_1^2 - G_z A^{-1} u_1 + r \right], \quad \Delta = \mu(u_1 - u_2)(u_1 - u_3).$$

Здесь функции  $V_{2j}, V_{3j}, j=1,2,3$  получаются из соответствующих выражений (12) для того же значения  $j$  путём циклической перестановки индексов у величины  $u_i$ . Функции  $F_i^*$  получаются подстановкой в  $F_i$  из (6) выражений (9). В правые части формул (11) подставим быструю переменную  $\theta$  из выражения (3) для невозмущенного движения. Тогда  $V_i$  (11) будут периодическими функциями  $t$  с периодом  $2K(k)/\alpha$ , где  $k, \alpha$  определены соотношениями (3). Начальные значения для переменных  $u_i$  вычисляются по начальным данным  $G_{z0}, H_0, r_0$  при помощи соотношений (5).

После исследования и решения системы (10) для  $u_i$  исходные переменные  $G_z, H, r$  восстанавливаются по формулам (9). Медленные переменные  $u_i$  и  $G_z, H, r$  определяются с погрешностью порядка  $\varepsilon$ .

В качестве примера предложенной методики исследуем движение гироскопа Лагранжа, под действием постоянного момента, приложенного вдоль оси симметрии. Возмущающие моменты  $M_i (i=1,2,3)$  в этом случае имеют вид [14]

$$M_1 = M_2 = 0, \quad M_3 = -\eta = \text{const} \quad (13)$$

и удовлетворяют условиям (7), (8) возможности усреднения по фазе угла нутации. Система (6) для моментов вида (13) записывается следующим образом

$$\dot{G}_z = -\varepsilon \eta \cos \theta, \quad \dot{H} = -\varepsilon \eta r, \quad \dot{r} = -\varepsilon C^{-1} \eta. \quad (14)$$

Проинтегрировав последние два уравнения (14), получим ( $r_0$  – произвольное начальное значение осевой скорости вращения)

$$r = -\varepsilon C^{-1} \eta t + r_0, \quad H = -\varepsilon r_0 \eta t + H_0. \quad (15)$$

После ряда преобразований усредненная система (10) с учетом возмущающих моментов (13) примет вид

$$\frac{du_1}{d\tau} = \frac{-\eta}{A \Delta} (G_z - C r u_1)(v - u_1) \quad (123), \quad (16)$$

$$v = u_3 - (u_3 - u_1) E(k) / K(k).$$

Символ (123) означает, что два невыписанных соотношения получаются из выпященного циклической перестановкой индексов 1, 2, 3. Здесь  $K(k)$  и  $E(k)$  – полные эллиптические интегралы первого и второго рода [13], вместо  $G_z, H, r$  и  $k$  подставляются их выражения (9) и из последней формулы (3).

Также исследуем совместное влияние среды с линейной диссипацией и малого постоянного момента, приложенного вдоль оси симметрии, на движение твердого тела, близкое к случаю Лагранжа. Возмущающие моменты  $\varepsilon M_i, i=1,2,3$  имеют вид [14,15]:

$$M_1 = -ap, \quad M_2 = -aq, \quad M_3 = -br - \eta, \quad a, b > 0. \quad (17)$$

Здесь  $a, b$  – некоторые постоянные коэффициенты пропорциональности, зависящие от свойств среды и формы тела,  $\eta = \text{const}$ .

Моменты (17) удовлетворяют условиям (7), (8), что дает возможность усреднения по фазе угла нутации  $\theta$ . При данных возмущениях система (6) записывается следующим образом:

$$\begin{aligned} \dot{G}_z &= -\varepsilon [a(p \sin \varphi + q \cos \varphi) \sin \theta + (br + \eta) \cos \theta], \\ \dot{H} &= -\varepsilon [a(p^2 + q^2) + (br + \eta)r], \\ \dot{r} &= -\varepsilon C^{-1}(br + \eta). \end{aligned} \quad (18)$$

Проинтегрировав третье уравнение (18), получим ( $\tau = \varepsilon t$  – медленное время):

$$r = (r_0 + \eta b^{-1}) \exp(-bC^{-1}\tau) - \eta b^{-1}. \quad (19)$$

После ряда преобразований усредненная система (10) при учете возмущающих моментов (17) примет вид

$$\begin{aligned} \frac{du_1}{d\tau} &= \frac{-1}{A\Delta} \left\{ a \left[ A^{-1} (G_z - Cr u_1) (G_z - Cr v) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + (u_1^2 - 1)(2H - Cr^2 - 2\mu v) \right] + (br + \eta)(G_z - Cr u_1)(v - u_1) \right\} \quad (20) \end{aligned} \quad (123)$$

Усреднённые системы (16) и (20) проинтегрированы численно при разных начальных условиях и параметрах задачи. Рассмотрим три случая, соответствующие следующим начальным данным:

$$\text{а) } u_1^0 = -0,932; u_2^0 = -0,866; u_3^0 = 2,932; \theta^0 = 150^\circ; \quad (21)$$

$$\text{б) } u_1^0 = 0; u_2^0 = 0,5; u_3^0 = 2; \theta^0 = 60^\circ; \quad (22)$$

$$\text{в) } u_1^0 = 0,913; u_2^0 = 0,996; u_3^0 = 1,087; \theta^0 = 5^\circ. \quad (23)$$

Предполагается, что в начальный момент волчок Лагранжа получил угловую скорость вращения относительно оси динамической симметрии, равную  $r_0 = \sqrt{3}$ , кроме того  $A = 1,5$ ;  $C = 1$ ;  $\mu = 0,5$ . В начальный момент угол отклонения оси динамической симметрии от вертикали  $\theta^0$ .

На рис. 1 приведен результат численного интегрирования системы (16) при начальных условиях (21). Численный расчет был проведен при значениях  $a = 0,125$ ;  $b = 0,1$ ;  $\eta = 0,1$ . Проекция вектора кинетического момента  $G_z$  монотонно возрастает и стремится к нулю. Угловая скорость вращения  $r$  и полная энергия тела  $H$  медленно убывают. Графики функций  $u_1$  и  $u_2$  близки друг к другу.

Результат численного интегрирования системы (20) приведен на рис. 2 и 3, при значениях  $a = 0,0125$ ;  $b = 0,01$ ;  $\eta = 0,01$ . На рис. 2 построены графики функций  $G_z$ ,  $H$ ,  $r$ ,  $u_i$ ,  $i = 1, 2, 3$  при начальных условиях (22). Полная энергия тела, проекция вектора кинетического момента на вертикаль, угловая скорость вращения относительно оси динамической симметрии монотонно убывают. Величина  $u_2$  стремится к -1 медленнее, чем  $u_1$ .

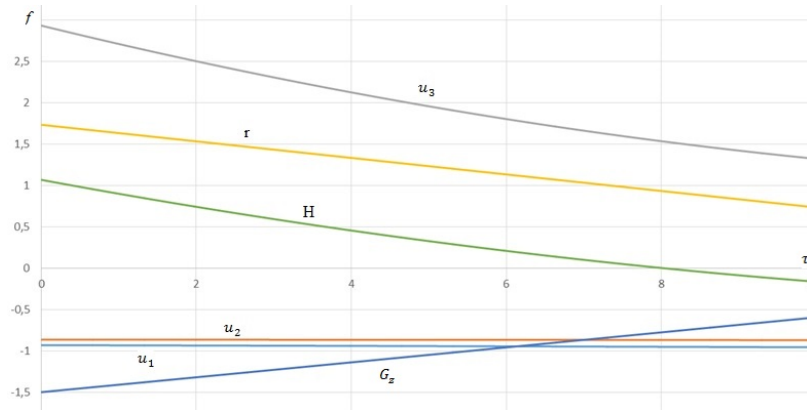


Рис. 1. Графики функций  $G_z$ ,  $H$ ,  $r$ ,  $u_i$ ,  $i = 1, 2, 3$ , при начальных условиях (21), в случае (13)

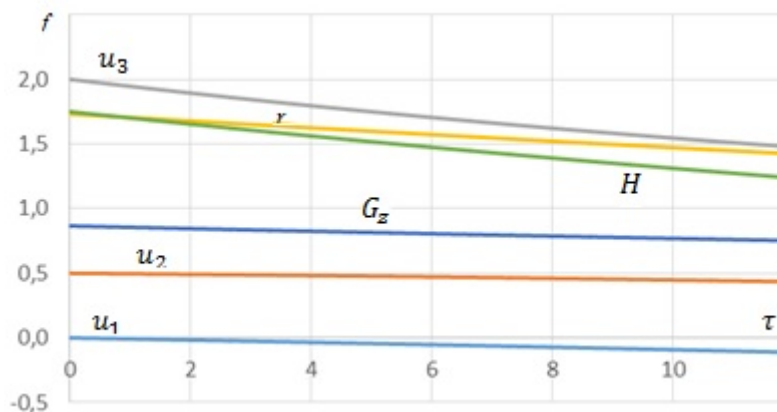


Рис. 2. Графики функций  $G_z$ ,  $H$ ,  $r$ ,  $u_i$ ,  $i = 1, 2, 3$ , при начальных условиях (22), в случае (17)

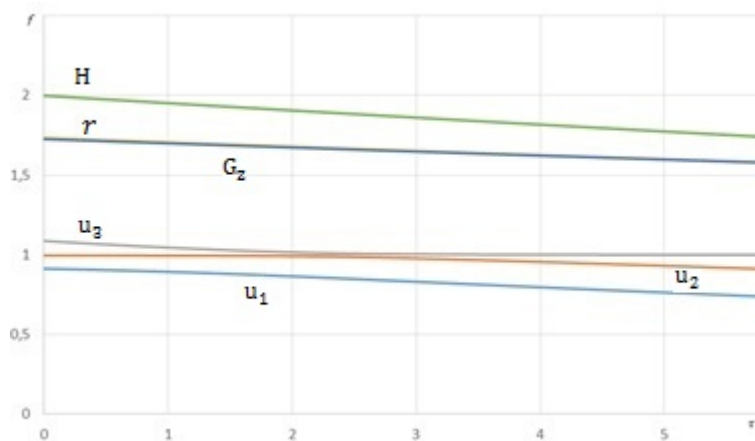


Рис. 3. Графики функций  $G_z$ ,  $H$ ,  $r$ ,  $u_i$ ,  $i = 1, 2, 3$ , при начальных условиях (23), в случае (17)

В случае начальных значений (23) результат численного интегрирования системы (20) изображен на рис. 3. Проекция вектора кинетического момента  $G_z$  и угловая скорость вращения  $r$  близки и медленно убывают. Полная энергия тела  $H$  медленно убывает. Величина  $u_3$  достаточно быстро стремится к единице.

**Выводы.** При сравнении полученных результатов с результатами [4,5], где  $M_i$  не зависят от постоянного момента, можно отметить их ясное механическое содержание: проекция вектора кинетического момента на вертикаль и угловая скорость вращения относительно оси динамической симметрии медленнее стремятся к нулю, чем в [4,5]. Под

действием диссипативного момента и малого постоянного момента, приложенного вдоль оси симметрии, тело стремится к устойчивому нижнему положению равновесия.

Корректность счета подтверждается тем, что полученные по численным данным и формулам (9) значения  $r$  практически совпадают с точным решением (15) и (19) соответственно.

### Література

1. Кузмак Г.Е. Динамика неуправляемого движения летательных аппаратов при входе в атмосферу / Г. Е. Кузмак. – М.: Наука, 1970. – 348с.
2. Ярошевский В.А. Движение неуправляемого тела в атмосфере / В.А. Ярошевский. – М.: Машиностроение, 1978. – 167с.
3. Асланов В.С. Пространственное движение тела при спуске в атмосфере / В.С. Асланов. – М.: Физматлит, 2004. – 160с.
4. Акуленко Л.Д. Возмущенные движения твердого тела, близкие к случаю Лагранжа / Л.Д. Акуленко, Д.Д. Лещенко, Ф.Л. Черноусько // Прикладная математика и механика. – 1979. – Т.43. – Вып.5. – С. 771–778.
5. Черноусько Ф.Л. Эволюция движений твердого тела относительно центра масс / Ф.Л. Черноусько, Л.Д. Акуленко, Д.Д. Лещенко. – М.-Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., 2015. – 308с.
6. Акуленко Л.Д. Возмущенные движения твердого тела, близкие к регулярной прецессии / Л.Д. Акуленко, Д.Д. Лещенко, Ф.Л. Черноусько // Известия АН СССР. Механика твердого тела. – 1986. – №5. – С.3–10.
7. Сазонов В.В. Возмущенные движения твердого тела, близкие к регулярным прецессиям Лагранжа / В.В. Сазонов, В.В. Сидоренко // Прикладная математика и механика. – 1990. – Т.54. – Вып. 6. – С. 951–957.
8. Sidorenko V.V. Capture and escape from resonance in the dynamics of the rigid body in viscous medium / V.V. Sidorenko // J. Nonlinear Sci. – 1994. – vol.4. – P.35–57.
9. Simpson H.C. A two time scale analysis of gyroscopic motion with friction / H.C. Simpson, M.D. Gunzburger // J. Appl. Math. and Phys. – 1986. – vol.37, №6. – P.867–894.
10. Холостова О.В. Задачи динамики твердых тел с вибрирующим подвесом / О.В. Холостова. – М.-Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., 2016. – 308с.
11. Суслов Г. К. Теоретическая механика / Г. К. Суслов. – М.-Л.: Гостехиздат, 1946. – 655с.

### References

1. Kuzmak, G.E. (1970). Dinamika neupravlyаемого dvizheniya letatelnykh apparatov pri vkhode v atmosferu [The Dynamics of the Uncontrolled Motion of a Vehicle during Atmospheric Re-Entry]. Moscow, Nauka [in Russian].
2. Yaroshevskii, V.A. (1978). Dvizhenie neupravlyаемого tela v atmosfere [Motion of an Uncontrolled Body in the Atmosphere]. Moscow, Mashinostroyeniye [in Russian].
3. Aslanov, V.S. (2004). Prostranstvennoe dvizhenie tela pri spuske v atmosfere [Spatial Motion of a Body at Descent in the Atmosphere]. Moscow, Fizmatlit [in Russian].
4. Akulenko, L.D., Leshchenko, D.D. and Chernousko, F.L. (1979) Perturbed motions of a rigid body, close to the Lagrange case // J. Appl. Math. Mech., vol. 43, no. 5, pp. 829–837.
5. Chernousko, F.L., Akulenko, L.D. and Leshchenko, D.D. (2015). Evolyutsiya dvizheniy tverdogo tela otноситelno tsentra mass [Evolution of Motions of a Rigid body about its Center of Mass]. Moscow- Izhevsk, Institute of Computer Science [in Russian].
6. Akulenko, L.D., Leshchenko, D.D. and Chernousko, F.L. (1986). Perturbed motion of a rigid body, close to regular precession // Mechanics of Solids, vol. 21, no. 5, pp. 1–8.
7. Sazonov, V.V. and Sidorenko, V.V. (1990) The perturbed motions of a solid, close to regular Lagrangian precessions // J. Appl. Math. Mech., vol. 54, no. 6, pp. 781–787.
8. Sidorenko, V.V. (1994). Capture and escape from resonance in the dynamics of the rigid body in viscous medium // J. Nonlinear Sci., vol. 4, pp. 35–57.
9. Simpson, H.C. and Gunzburger, M.D. (1986). A two time scale analysis of gyroscopic motion with friction // J. Appl. Math. and Phys., vol. 37, no. 6, pp. 867–894.
10. Kholostova, O.V. (2016). Zadachi dinamiki tverdykh tel s vibriruyushchim podvesom [Problems of Dynamics of Rigid Bodies with a Vibrating Suspension]. Moscow- Izhevsk, Institute of Computer Science [in Russian].
11. Suslov, G.K. (1946). Teoreticheskaya mekhanika [Theoretical mechanics]. Moscow-Leningrad, Gostekhizdat [in Russian].
12. Volosov, V.M. and Morgunov, B.I. (1971). Metod osrednenia v teorii nelineynykh kolebatelnykh system [Method of Averaging in the Theory of Non-linear

12. Волосов В.М. Метод осреднения в теории нелинейных колебательных систем / В.М. Волосов, Б.И. Моргунов. – М.: Изд-во МГУ, 1971 – 507с.  
13. Градштейн И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / И.М. Градштейн, И.М. Рыжик. – М.: Наука, 1971. – 1108с.  
14. Магнус К. Гироскоп. Теория и применение / К. Магнус. – М.: Мир, 1974. – 526с.  
15. Кошляков В.Н. Задачи динамики твердого тела и прикладной теории гироскопов: Аналитические методы / В.Н. Кошляков. – М.: Наука, 1985.–288 с.

Oscillatory Systems]. Moscow, Izdatelstvo MGU [in Russian].

13. Gradshteyn, I.S. and Ryzhik, I.M. (2000). Tables of Integrals, Sums, Series and Products, Academic Press, San Diego, CA.

14. Magnus, K. (1971). Kreisel. Theorie und Anwendungen, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

15. Koshlyakov, V.N. (1985). Zadachi dinamiki tverdogo tela i prikladnoy teorii giroskopov: Analiticheskie metody [Problems in Rigid Body Dynamics and the Applied Theory of Gyroscopes: Analytical Methods]. Moscow, Nauka [in Russian].

**ДИНАМИКА ВОЛЧКА ЛАГРАНЖА  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОЗМУЩАЮЩИХ МОМЕНТОВ СИЛ  
АКУЛЕНКО Л.Д.<sup>1</sup>, ЛЕЩЕНКО Д.Д.<sup>2</sup>, КОЗАЧЕНКО Т.А.<sup>2</sup>, ЗИНКЕВИЧ Я.С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт проблем механики РАН

<sup>2</sup>Одесская государственная академия строительства и архитектуры

**Цель.** Установить влияние моментов сил различной физической природы на возмущенные вращательные движения твердого тела относительно неподвижной точки, близкие к случаю Лагранжа. Ставится задача исследования асимптотического поведения решений системы уравнений движения твердого тела.

**Методика.** Для анализа нелинейной системы уравнений движения применяется метод усреднения. Система уравнений движения твердого тела приводится к виду, допускающему усреднение по фазе угла нутации.

**Результаты.** Рассмотрены механические модели возмущений, отвечающие движению тела под действием постоянного момента, приложенного вдоль оси симметрии, а также исследовано совместное влияние среды с линейной диссипацией и малого постоянного момента, на движение твердого тела, близкое к случаю Лагранжа. Получена усреднённая система уравнений первого приближения для медленных переменных. Усредненные системы проинтегрированы численно при разных начальных условиях и параметрах задачи.

**Научная новизна.** Дан качественный и количественный анализ движения твердого тела под действием возмущений, которые встречаются в динамике спутников и гироскопов.

**Практическая значимость.** Развита методика исследования и получены новые результаты при исследовании эволюции движения тяжелого симметричного твердого тела под действием возмущений различной природы.

**Ключевые слова:** возмущенное движение, случай Лагранжа, метод усреднения, момент.

**DYNAMICS OF LAGRANGE'S TOP UNDER THE ACTION  
OF PERTURBATION TORQUES OF FORCES**

AKULENKO L.<sup>1</sup>, LESHCHENKO D.<sup>2</sup>, KOZACHENKO T.<sup>2</sup>, ZINKEVYCH YA.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute for Problems in Mechanics of the Russian Academy of Sciences

<sup>2</sup>Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

**Purpose.** We want to establish the influence of perturbations of an arbitrary physical nature on the motion of a dynamically symmetric rigid body, close to the Lagrange case. The problem is posed of investigating the behavior of the solution of system of equations of motion.

**Methodology.** The averaging method is used for solving the problem. We apply an averaging procedure for system of the equations of motion of a rigid body under arbitrary initial conditions for perturbations admitting of averaging with respect to phase of the nutation angle.

**Findings.** We consider a motion of a rigid body in Lagrange's case under the action of a small torque which is constant in the body-connected axes and applied along the axis of symmetry. We examine a perturbed Lagrange motion, taking into account the torques acting on the rigid body from the external medium and small constant torque. The averaged system of equations of motion for slow variables is obtained. Numerical solutions of the averaged systems of equations are constructed.

**Originality.** As a result of analysis and solution of the obtained equations, we establish some quantitative and qualitative specific features of the motions and provide a description of the evolution of the body motion. Such problems take place in the investigation of the motion of satellite about its center of mass, in dynamics of gyroscopes.

**Practical significance.** The paper presents an approach to the dynamics of angular motions of rigid bodies subjected to perturbation torques of different physical nature. Evolution of these motions is analyzed by means of averaging method. The approach presented in the paper and the obtained results are applicable to the attitude dynamics of spacecraft.

**Keywords:** perturbed motion, Lagrange case, averaging method, torque.

УДК 624.04:624.031.

КОБРИНЕЦ В.М., БЕКИРОВА М.М., КАЛИНИНА Т.А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

## ПРОБЛЕМА УСТОЙЧИВОСТИ ИДЕАЛЬНЫХ И РЕАЛЬНЫХ СТЕРЖНЕЙ

**Цель.** Обоснование похода к решению проблемы устойчивости центрально сжатых идеальных стержней.

**Методика.** Определение несущей способности сжатого идеального стержня выполняется по возмущенному состоянию с использованием продольно-изгибной жесткости.

**Результаты.** Получены расчетные формулы, определяющие несущую способность идеальных и реальных стержней. Перемещения при продольном изгибе определены через интеграл Мора. Получены формулы критических сил при силовом и кинематическом возмущении.

**Научная новизна.** Впервые критическая сила идеального и реального стержня определена как несущая способность. При этом несущая способность определена разными способами. Показано, что факторами, определяющими условия потери устойчивости, являются возмущенное состояние и внешняя сила.

**Практическая значимость.** Методика, построенная на выполненных в работе теоретических и численных исследованиях, позволяет оказывать влияние на величину критической силы. Дополнительно построена методика определения перемещений при продольно-поперечном изгибе на основе интеграла Мора.

**Ключевые слова:** идеальный стержень, устойчивость, податливость, жесткость, несущая способность.

**Введение.** Проблему устойчивости центрально сжатых стержней Леонард Эйлер рассмотрел в 1744 году [1] на примере шарнирно-опертой стойки. При этом сила  $P$  и реакция действуют по оси стойки, и все сечения равномерно сжаты. Эйлер записал дифференциальное уравнение краевой задачи для идеальной стойки – это постановка Эйлера. Но идеальные стойки устойчивости не теряют. Эйлер это понимал, но тогда не был сформулирован критерий начальных несовершенств. Эйлер предложил рассмотреть возмущенное состояние. Но прежде чем рассмотреть возмущенное состояние, его нужно создать. Эйлер не заострял внимание на возмущенном состоянии. Он показал изогнутое состояние стойки, через которое можно записать продольный момент  $M_p = P \cdot y(x)$ , и подставить его в дифференциальное уравнение. Через возмущенное состояние Эйлер решил краевую задачу и определил  $P_{кр}$ . При этом отметил, что криволинейная форма более устойчива, чем прямолинейная.

**Постановка задачи.** Здесь возникают два вопроса – почему стержни теряют устойчивость, и почему они становятся менее устойчивы? Потеря устойчивости связана с появлением возмущений, поскольку у стержней есть несовершенства. А уменьшение устойчивости прямолинейной формы обусловлено отсутствием изгибной жесткости. Следует напомнить, что для шарнирно-опертой прямолинейной балки с силой по середине:

$$f = \frac{Pl^3}{48EI} \quad (1)$$

Если  $P = 1$ , тогда податливость  $\delta = \frac{l^3}{48EI}$ , а величина, обратная  $\delta$ , будет изгибной поперечной жесткостью  $r = \frac{48EI}{l^3}$ . При этом в балке формируется упругая сила:

$$F_y = r \cdot f = P \quad (2)$$

В зависимости от силы  $P$ , прогиб может принимать значения от 0 до  $[f]$ , т.е. имеет множество промежуточных значений.

**Результаты исследования.** Теперь покажем, как определить податливость  $\delta$  и изгибно-продольную жесткость  $r$  на устойчивость шарнирно-опертой стойки (рис.1, а). Возмущенное состояние принимаем по первой характеристической кривой:

$$y_0(x) = a_0 \sin \frac{\pi x}{l} \quad (3)$$

Выгиб при продольном изгибе А.С. Вольмир [2] записал, пользуясь формулой Максвелла-Мора, но вычислял иначе. Мы запишем с помощью (3) (рис.1, а)

$$f = \int_0^l \frac{M_p \overline{M}}{EI} dx, \quad M_p = Pa_0 \sin \frac{\pi x}{l}, \quad \overline{M} = \frac{x}{2} \quad (4)$$

$$f = \frac{Pa_0}{EI} 2 \int_0^{\frac{l}{2}} \frac{x}{2} \sin \frac{\pi x}{l} dx = -\frac{l^2}{\pi^2 EI} \cos \frac{\pi x}{l} \Big|_0^{\frac{l}{2}} = \frac{Pa_0 l^2}{\pi^2 EI}$$

При  $P = 1$   $\delta = \frac{a_0 l^2}{\pi^2 EI}$ ,  $r = \frac{\pi^2 EI}{a_0 l^2}$ . Если умножить  $r$  на  $y(x) = a_0$ , то получим внутреннюю упругую восстанавливающую силу  $F_y$  или несущую способность:

$$F_y = N_{i.c} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad (5)$$

Здесь  $\delta$  и  $r$  отличаются от  $\delta$  и  $r$  при поперечном изгибе, но не имеют ту же размерность.

Когда  $a_0 = 1$ , стрелой выгиба будет  $f = \frac{l^2}{\pi^2 EI}$ .

Сила упругости  $F_y$  и изгибно-продольная жесткость, которая ее формирует, – это *отпорность* [4], которая удерживает колонну после потери устойчивости в возмущенном (изогнутом) состоянии и несет продольную силу  $P_{кр}$ .

Здесь одна сила и один выгиб, соответствующий этой силе, в отличие от поперечного изгиба. Поэтому рассматривать нормативный или допускаемый выгиб здесь не обязательно, да и не имеет смысла.

Если к стойке, стержню, колонне приложить силу:

$$F_y = N_{i.c} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad (6)$$

произойдет полное исчерпание несущей способности, а это предельное состояние, которое неминуемо приведет к потере устойчивости по возмущенной форме. Именно такую силу и определил Эйлер и назвал ее критической, но лучше назвать ее предельной, хотя через 272 года менять ее название не стоит.

Здесь уместно привести несущую способность по прогибу при поперечном изгибе. Для шарнирно опертой балки, с силой посередине пролета, прогиб запишем через податливость и нормативный относительный прогиб  $[f]$ :

$$f = \frac{Pl^3}{48EI} \leq [f],$$

отсюда получим  $P_{i.\bar{n}} = \frac{48EI}{l^3}$ .

Для балок  $[f] = \frac{l}{n_0}$ ,  $n_0 = 250, 400, 500, 600$ , тогда

$$P_{i.\bar{n}} = \frac{48EI}{n_0 l^2} \tag{7}$$

Это несущая способность второго предельного состояния.

Запишем прогиб для идеальной стойки через податливость и нормативный относительный прогиб  $[f] = \frac{l}{n_0} = \frac{l}{300}$ .

$$f = \frac{P \cdot a_0 l^3}{9,8696EI} \leq [f], \text{ отсюда } P_{i.\bar{n}} = \frac{\pi^2 \cdot EI [f]}{a_0 l^2}$$

Если  $[f] = a_0$

$$P_{i.\bar{n}} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{l^2} = P_{\bar{e}\delta} \tag{8}$$

Формулы (7) и (8) идентичны, а это означает, что несущая способность при поперечном и продольном изгибе формируется по одним и тем же правилам.

Эйлер рассмотрел возмущенное состояние стойки без обозначения стрелы выгиба  $a_0$ . Поэтому при решении дифференциального уравнения изогнутой оси стойки, он произвольную постоянную  $C_2 = 0$  нашел, но  $C_1$  не нашел, (она равна  $C_1 = a_0$ ), хотя Эйлер и без этого получил условие для определения  $D_{\bar{e}\delta} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$ , которым уже пользуемся 272 года.

Эксплуатационные силы  $D_{y\bar{e}\bar{n}}$  и  $D_{\bar{e}\delta}$  связаны с условием  $P_{y\bar{e}\bar{n}} = n_y D_{\bar{e}\delta}$ , где  $n_y$  – коэффициент запаса.

Эйлеровые нагрузки, как их назвал С.П. Тимошенко, это скорее триумф математики, а не реальное поведение строительных стоек или колонн.

Пановко Я.Г.[1], рассматривает устойчивость консольной стойки. При этом отмечается, что нужно исходить из заранее отклоненной конфигурации стойки. А это и есть возмущенное состояние, которое вместе с силой определяет процесс потери устойчивости.

При действии силы  $P$  (рис.1, а) произойдет вертикальное смещение  $u_A$  верхнего конца стержня (рис.1, в). Уберем силу  $P$  и поставим опорный стержень  $C$  (рис.1, в), но при этом продольная сила  $N = P$  остается, а в стержне  $C$  появится реакция  $R_C$ . Изогнутая ось описывается уравнением:

$$y(x) = f \cdot \sin \frac{\pi x}{l}. \quad (9)$$

Здесь уместно напомнить известный факт. Если достаточно тонкий стержень согнуть в дугу и концы связать тетивой, а силы убрать, тогда в тетиве появится растягивающая сила равная  $P_{кр}$  по Эйлеру [5]. То есть, внешних сил нет, а упругие силы есть, и они растягивают тетиву.

В стержне на рис. 1, в ситуация та же. При малых искривлениях  $\Delta l$  определяется по формуле:

$$\Delta l = \frac{1}{2} \int_0^l (y'(x))^2 dx, \quad (10)$$

$$\Delta l = \frac{1}{2} \int_0^l f_0^2 \frac{\pi^2}{l^2} \cos^2 \frac{\pi x}{l} dx = f^2 \frac{\pi^2}{2l}. \quad (11)$$

Работа

$$A = P \cdot \Delta l = Pf^2 \frac{\pi^2}{2l}. \quad (12)$$

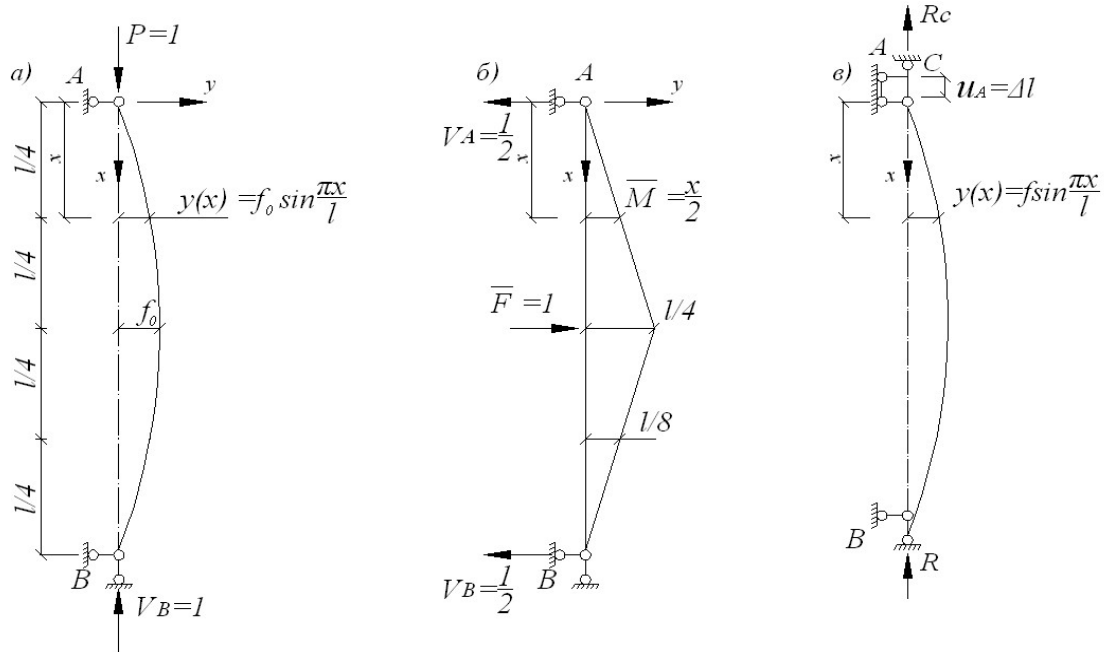


Рис. 1. Устойчивость с возмущением

а) грузовая эпюра; б) единичная эпюра; в) смещение узла  $A$  вниз и постановка стержня  $C$

Энергия изгиба

$$W = \int_0^l \frac{M^2(x)}{2EI} dx \quad (13)$$

$$W = P^2 f_0^2 \int_0^l \frac{\sin^2 \frac{\pi x}{l}}{2EI} dx = \frac{P^2 f^2 l}{2EI}$$

Приравнявая (12) и (13), получим

$P_{кр}$  по (14) - это формула С.П. Тимошенко [2].

$$P f^2 \frac{\pi^2}{2l} = P^2 f_0^2 \frac{l}{2EI}, \quad P_{кр} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = N. \quad (14)$$

Если силу  $P_{кр}$  приложить к стойке, затем убрать и поставить стержень  $C$ , получим своеобразный лук. Криволинейная колонна аккумулирует упругую энергию и приобретает способность, как арка, давить на опоры, но при отсутствии внешних сил, за счет несущей способности, определяемой по (14). При этом  $R_c = N_{н.с} = N$ .

Итак, есть  $F_{max}$  и  $P_{кр}$  -Эйлера, есть  $N_c$  и  $P_{н.с.}$  -Эйлера, но  $F_{max} = N_c = P_{кр} = P_{н.с.}$ , так как одно есть отображение другого.

При поперечном изгибе можно прикладывать разные силы и получить много прогибов от маленького до большого. При потере устойчивости нельзя приложить маленькую силу, чтобы колонна «немножко» потеряла устойчивость. Сила должна вобрать всю несущую способность, и только тогда неустойчивая форма сменится на другую устойчивую равновесную, а для первой формы это будет предельное состояние.

Выясним, как возмущенное состояние влияет на величину критической силы. Рассмотрим прямолинейную центрально сжатую идеальную стойку (рис.2, а). Силу  $P$  убираем и прикладываем горизонтальную силу  $F = 1$  и строим эпюру  $\bar{M}$  (рис.2,б). Уже есть возмущение-прогиб (рис.2, в).

$$\delta = \frac{l^3}{48EI} \quad (15)$$

и жесткость

$$r = \frac{48EI}{l^3} \quad (16)$$

Теперь прикладываем продольную силу  $P$ , а горизонтальную силу  $F$  убираем, но при этом жесткость  $r$  остается. Если сила  $P$  не достигла определенной величины, тогда стойка вернется в исходное положение. При определенной величине силы  $P$  жесткость (теперь это отпорность) удержит стойку в изогнутом состоянии, и будет нести силу  $P$ .

Сила  $P$  на выгибе  $\delta$  создает продольный момент  $M = P\delta$ , который равен балочному

$M_{бал} = \frac{l}{4}$ , отсюда определяем критическую продольную силу:

$$P_{кр} = \frac{12EI}{l^2}. \quad (17)$$

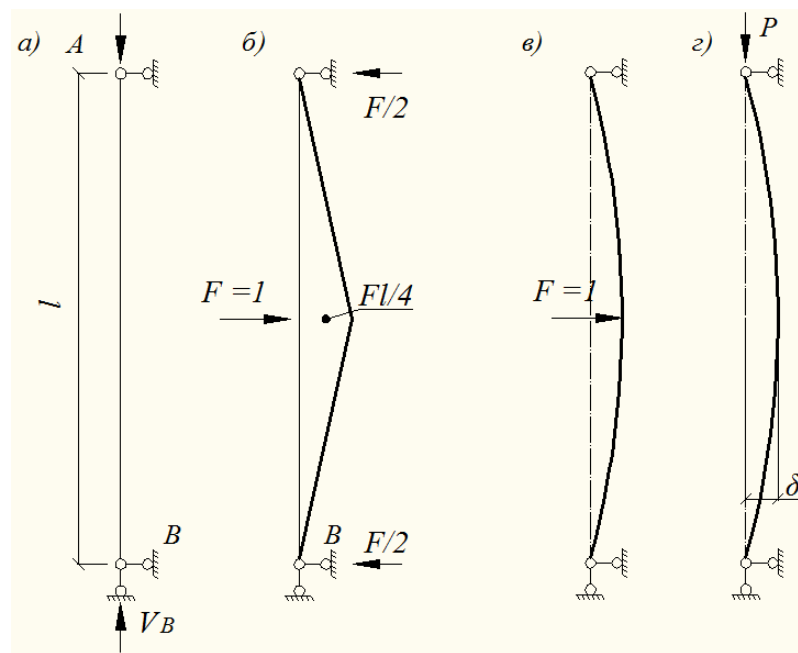


Рис. 2. Влияние возмущенного состояния на величину критической силы  
 а) центрально сжатый стержень устойчивости не теряет; б) загрузка горизонтальной силой  $F$ ; в) создание возмущенного состояния; г) потеря устойчивости

Сила  $P_{кр}$  по (17) оказалась больше Эйлеровой, потому что поперечно-изгибная жесткость больше изгибно-продольной.

Определим балочную податливость не от единичной силы, а от силы  $F = 0,822467$ . Можно убедиться, что в этом случае сила  $P_{кр}$  будет равна Эйлеровой.

$$P_{\delta\delta} = \frac{F \cdot 48EI}{4l^3} = \frac{12 \cdot 0,822467EI}{l^2} = \frac{9,8696EI}{l^2} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}. \quad (18)$$

Для консольной балки  $r = \frac{3Ei}{l^3}$ .

$$P_{\delta\delta} = \frac{3EI \cdot 0,822467l}{l^3} = \frac{2,4674EI}{l^2} = \frac{\pi^2 EI}{4l^2}, \quad (19)$$

и здесь возмущенное состояние будет силовым, т.е. от силы  $F = 0,822467$  (рис. 2, в).

Рассмотрим кинематическое возмущенное состояние (рис. 3). Связь  $C$  смещаем вправо на 1. Максимальный момент на эпюре  $M$  (рис. 3, в) при поперечном изгибе составляет  $M = \frac{12EI}{l^2}$ . При продольном изгибе  $M_{прод} = P \cdot \delta$ , здесь  $\delta = 1$ . При поперечном изгибе  $\delta$

берем меньше единицы –  $\delta = 0,822467$ , тогда  $M_{i\delta i} = \frac{9,8696EI}{l^2}$ .

$$P = \frac{9,8696EI}{l^2}. \quad (20)$$

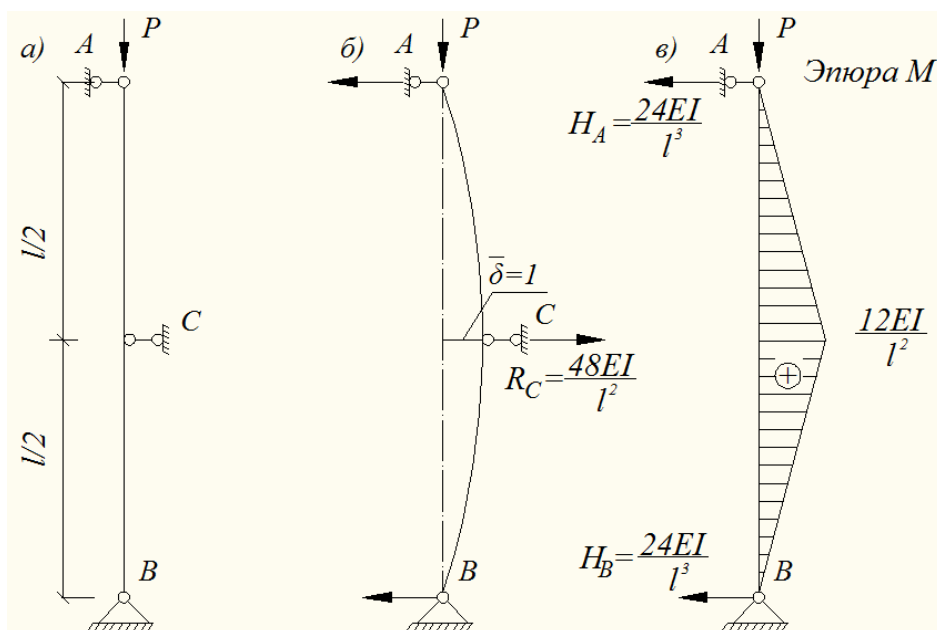


Рис. 3. Кинематическое возмущенное состояние: а) схема стойки с дополнительной связью С; б) возмущенное состояние; в) эпюра моментов

По (19) определяется критическая сила для стержня (рис. 3, а), если С убрать в возмущенном состоянии. А.С. Вольмир [3] рассмотрел влияние формы упругой линии на  $P_{кр}$  (рис. 4).

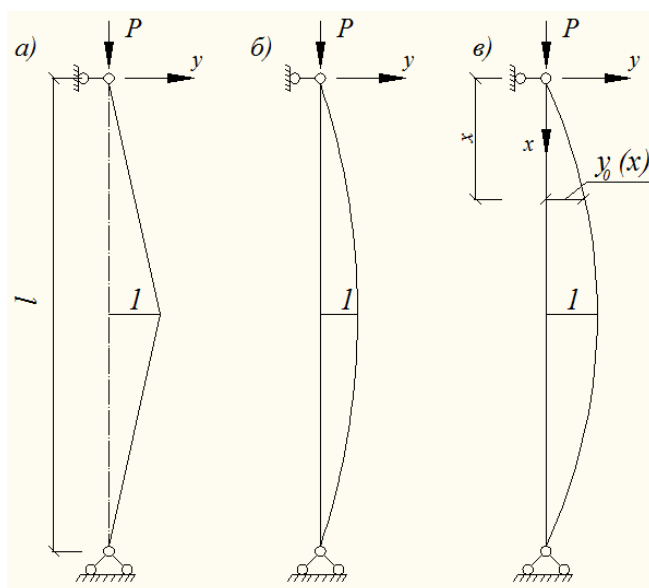


Рис. 3. Формы упругой линии: а) ломаная линия; б) парабола; в) синусоида

Критические силы

$$P_{кр.а} = \frac{12EI}{l^2}, \quad P_{кр.б} = \frac{10EI}{l^2}, \quad P_{кр.в} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad (21)$$

А.С. Вольмир назвал так:  $P_{кр.а}$  – нулевым приближением,  $P_{кр.б}$  – вторым,  $P_{кр.в}$  – точное значение. Однако, формулы (21) – это не уточнение, а влияние формы упругой линии. Формулы (18) - (21) скорее говорят о возможности регулирования  $P_{кр}$ .

Приведем таблицу значений  $P_{кр} = \frac{12FEI}{l^2}$  в зависимости от  $F$  (табл.1)

Таблица 1

Критические силы в зависимости от  $F$

$F$	0,5	0,8224	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
$P_{кр} \frac{l^2}{EI} =$	6	9,87	12	13,2	14,4	15,6	16,8	18	19,2	20,4	21,6	22,8	24

А.С. Вольмир считает, что  $P_{кр} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$  – точное решение, а остальные – это приближения. Но если возмущения удовлетворяют граничным условиям, тогда  $P_{кр}$  по (20) и в табл. 1 можно считать способом влияния или регулирования  $P_{кр}$ .

Результаты в табл. 1 получены для идеальной стойки. Здесь процесс потери устойчивости начинается с возмущения и заканчивается им. Потеря устойчивости происходит при наличии двух факторов – возмущения и силы. Как Леонард Эйлер решал вопрос с возмущением? Он понимал так, если есть выгиб  $y_0(x)$ , значит сила  $P$  создаст продольный момент, но без дополнительного выгиба  $y_1(x)$ :

$$M_p = P \cdot y_0(x), \tag{22}$$

и его можно подставить в уравнение оси стойки

$$EIy''(x) = -P \cdot y_0(x) \tag{23}$$

Если  $y_0(x)$  задать для шарнирно-опертой стойки в виде

$$y_0(x) = a_0 \sin \frac{\pi x}{l}, \tag{24}$$

тогда  $P_{кр} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$  определяется из (23) без его решения.

$M_p$  по (22) можно так задать, если возмущение силовое, как на рис. 2. Если возмущение задано, как начальная погибь, тогда сила  $P$  создает дополнительный прогиб  $y_1(x)$  и момент будет:

$$M_p = P(y_0(x) + y_1(x)), \tag{25}$$

но это уже другая задача.

Чтобы иметь представление о величине возмущения, рассмотрим шарнирно-опертую колонну длиной 8м из двутавра № 40 ( $I_y = 667 \tilde{n}^4$ ,  $A = 206010 \tilde{I} \tilde{a}$ ):

$$\bar{f} = \frac{1 \cdot 512 \cdot 10^6}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 6,67 \cdot 10^2} = 0,76 \cdot 10^{-2} \tilde{n}.$$

Возмущения меньше начальных несовершенств, но не больше. Ведь начальные несовершенства для реальных стержней, колонн, стоек – это возмущения, и рассчитываются эти реальные элементы на продольный изгиб от силы  $P < P_{кр}$ . Но мы рассматриваем идеальный стержень и возмущенное состояние, как заранее отклоненное положение стержня от оси действия горизонтальной силы. Для шарнирно-опертого стержня принимаем

$y_0(x) = f_0 \sin \frac{\pi x}{l}$ , прогиб от силы  $P$  естественно принять в форме  $y_1(x) = f_1 \sin \frac{\pi x}{l}$ . Общий прогиб  $y(x) = (a_0 + a_1) \sin \frac{\pi x}{l}$ . Момент от  $P$

$$M_P(x) = P(f_0 + f_1) \sin \frac{\pi x}{l}. \quad (26)$$

Подставим  $y_1(x)$  и  $M_P(x)$  в (23)

$$\frac{\pi^2}{l^2} EI \cdot f_1 \sin \frac{\pi x}{l} = P(f_0 + f_1) \sin \frac{\pi x}{l},$$

после сокращения получим

$$P_{кр} f_1 = P(f_0 + f_1), \text{ отсюда}$$

$$f_1 = \frac{f_0}{\frac{P_{кр}}{P} - 1}. \quad (27)$$

Формула (27) есть у А.С. Вольмира [3] при расчете шарнирно опертого стержня на устойчивость с начальной погибью. Но формула (27) не может описать бифуркацию идеальной стойки. Возмущение для идеальной стойки по типу начальной погиби делает ее реальной. Начальная погибь не вызывает упругого изгиба и не создает жесткости или отпорности. При загрузении балки и стержня появляется упругий дополнительный прогиб к погиби и формируется жесткость и отпорность. Поэтому возмущение для идеальной стойки должно быть силовым или кинематическим, как на рис. 2, г.

Почему так много уделяется внимания идеальной стойке, если это вопрос теоретический? Потому, что  $P_{кр}$  для идеальной стойки применяется и для расчета реальных стержней.

Утверждение, что идеальная стойка при достижении силы  $P = P_{кр}$  перестает быть устойчивой, и произойдет бифуркация, не отражает сути потери устойчивости. Идеальная стойка не теряет устойчивость ни при какой силе, а только если рассмотреть возмущенное состояние.

**Выводы.** Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки и стойки дают формулу прогиба и условия для определения несущей способности по второму предельному состоянию. Критическая сила для идеальных и реальных стержней одна и та же, но последствия разные: бифуркация и тенденция чрезмерно большому прогибу.

Потеря устойчивости прямолинейной формы стержня при продольном изгибе происходит при наличии двух факторов – силы и возмущения; при поперечном изгибе достаточно одной силы.

Возмущениями для реальных стержней являются начальные несовершенства, возмущения для идеальных стержней – силовые и кинематические. Нормативные или допускаемые ограничения могут быть и должны быть для реальных стержней, для идеальных стержней их определять не следует. Перемещения при продольном изгибе можно определить через интеграл Максвелла-Мора.

### Література

1. Пановко, Я.Г., Механика деформируемого тела / Я.Г. Пановко. – М.: «Наука», 1985. – 287 с.
2. Тимошенко, С.П., Сопrotивление материалов, т. II / С.П. Тимошенко. – М.: «Наука», 1965. – 480 с.
3. Вольмир, А.С., Устойчивость упругих систем / А.С. Вольмир. – М.: Физматгиз, 1963. – 879 с.
4. Тимошенко, С.П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек / С.П. Тимошенко. – М.: «Наука», 1971. – 807 с.
5. Киселев, В.А. Строительная механика: Специальный курс. Динамика и устойчивость сооружений: учебник для вузов / В.А. Киселев. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Стройиздат, 1980. – 616 с.

### References

1. Panovko, Ya.G., Mehanika deformiruemogo tela / Ya.G. Panovko. – M.: «Nauka», 1985. – 287 p.
2. Timoshenko, S.P., Soprotivlenie materialov, t. II / S.P. Timoshenko. – M.: «Nauka», 1965. – 480 p.
3. Volmir, A.S., Ustoychivost uprugih sistem / A.S. Volmir. – M.: Fizmatgiz, 1963. – 879 p.
4. Timoshenko, S.P. Ustoychivost stержney, plastin i obolochek / S.P. Timoshenko. – M.: «Nauka», 1971. – 807 p.
5. Kiselev, V.A. Stroitel'naya mehanika: Spetsialnyiy kurs. Dinamika i ustoychivost sooruzheniy: uchebnik dlya vuzov / V.A. Kiselev. – 3-e izd., ispr. i dop. – M.: Stroyizdat, 1980. – 616 p.

## ПРОБЛЕМА СТІЙКОСТІ ІДЕАЛЬНИХ І РЕАЛЬНИХ СТРИЖНІВ

КОБРИНЕЦЬ В.М., БЕКИРОВА М.М., КАЛІНІНА Т.О.

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

**Мета.** Обґрунтування походу до розв'язку проблеми стійкості центрально стислих ідеальних стрижнів.

**Методика.** Визначення несучої здатності стислого ідеального стрижня виконується за обуреним станом з використанням поздовжньо-поперечної жорсткості.

**Результати.** Отримані розрахункові формули, що визначають несучу здатність ідеальних і реальних стрижнів. Переміщення при поздовжньому вигині визначені через інтеграл Мору. Отримані формули критичних сил при силовім і кінематичнім збурюванні.

**Наукова новизна.** Уперше критична сила ідеального й реального стрижня визначена як несуча здатність. При цьому несуча здатність визначена різними способами. Показане, що факторами, що визначають умови втрати стійкості, є обурений стан і зовнішня сила.

**Практична значимість.** Методика, побудована на виконаних в роботі теоретичних і чисельних дослідженнях, дозволяє впливати на розмір критичної сили. Додатково побудована методика визначення переміщень при поздовжньо-поперечному вигині на основі інтеграла Мору.

**Ключові слова:** ідеальний стрижень, стійкість, піддатливість, жорсткість, несуча здатність.

## THE PROBLEM OF THE STABILITY OF IDEAL AND REAL RODS

KOBRINETS V.M., BEKIROVA M.M., KALININA T.A.

*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

**Goal.** Justification of the approach to solving the problem of stability of centrally compressed ideal rods.

**Methodology.** Determination of the load-carrying capacity of a compressed ideal rod is performed on the disturbed state using the longitudinally flexural rigidity.

**Results.** The calculation formulas that determine the carrying capacity of ideal and real rods are obtained. The displacements in the longitudinal bending are defined in terms of the Mohr integral. Formulas of critical forces are obtained for force and kinematic perturbations.

**Scientific novelty.** For the first time, the critical strength of an ideal and a real rod is defined as a bearing capacity. In this case, the bearing capacity is determined in different ways. It is shown that the factors determining the conditions for the loss of stability are the disturbed state and external force.

**Practical significance.** The method, built on the theoretical and numerical studies performed in the work, makes it possible to influence the magnitude of the critical force. In addition, a technique is developed for determining the displacements in longitudinal-transverse bending based on the Mohr integral.

**Keywords:** ideal rod, stability, compliance, rigidity, load-bearing capacity.

УДК 519.21 + 681.3

КАПЛУН В.В., КРАСНИЦЬКИЙ С.М.,  
БОБРОВНИК В.М., ЖУЛАЙ Г.С.

Київський національний університет технологій та дизайну

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ  
У БУДІВЛЯХ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ.  
Повідомлення 1**

***Мета.** Метою роботи є розроблення математичних моделей (базової та розширеної) електроспоживання в будівлях університету (на прикладі гуртожитків Київського національного університету технологій та дизайну).*

***Методика.** Множинний регресійний аналіз у поєднанні з комп'ютерними реалізаціями належних статистичних процедур.*

***Результати.** Одержано і досліджено наявність мультиколінеарності лінійні регресійні моделі електроспоживання в будівлях університету з урахуванням кількості проживаючих у гуртожитках, температури навколишнього середовища та особливостей графіка освітнього процесу в опалювальний сезон.*

***Наукова новизна.** В результаті математичного моделювання на основі розширеного набору факторів, що впливають на процес електроспоживання, вперше одержані залежності, які можуть бути використані для дослідження майбутніх сценаріїв та прогнозного оцінювання функціонування системи електрозабезпечення у будівлях освітньої сфери.*

***Практична значимість.** Використання результатів моделювання можуть бути використані для розроблення методичних рекомендацій впровадження комплексу енергоощадних заходів в освітньому закладі з урахуванням існуючої інженерної інфраструктури для підвищення ефективності управління електроспоживанням.*

***Ключові слова:** управління електроспоживанням, регресійний аналіз, статистичні дані, загальна лінійна модель електроспоживання, адекватність моделі.*

**Вступ.** На соціально-економічний розвиток як держави, так і вищих навчальних закладів (ВНЗ) у значній мірі впливає зростання цін на енергоносії, а їх подальше нераціональне використання стає ще більш актуальним і проблемним з точки зору суттєвого зростання витрат в умовах постійного підвищення тарифів. Питання ефективного використання енергетичних ресурсів в бюджетній сфері все частіше ініціюється як з боку самої держави, так і з боку керівників бюджетних установ. Шляхами вирішення питань управління енергоспоживанням у освітній сфері, уникнення нераціонального енерговикористання є розробка нових й удосконалення існуючих методів оцінювання енергоефективності, проведення енергетичних обстежень будівель, створення нових управлінських моделей для оптимального споживання енергоносіїв та прогнозування видатків з метою забезпечення конкурентоспроможності освітніх закладів.

Сучасний вищий навчальний заклад – це великий господарюючий комплекс зі значним споживанням енергоносіїв. Саме тому проблеми підвищення енергоефективності та ощадного споживання енергоносіїв є одними з ключових сучасних економічних умов. Більшість ВНЗ України, як правило, займають досить великі території, на яких розташовуються кілька навчальних корпусів, гуртожитків, спортивних об'єктів та адміністративних і допоміжних будівель. Колектив студентів, науково-педагогічних працівників і співробітників – це особливе співтовариство, яке живе в умовах існуючої інфраструктури і використовує енергоносії і комунальні послуги, потребує покращення умов роботи і проживання, забезпечення соціально-культурною сферою, тощо. Гострота проблеми енергозабезпечення освітніх закладів пов'язана з двома обставинами: недостатнім

фінансуванням освітніх закладів (насамперед витрат на комунальні послуги, серед яких найбільш вагомими є витрати на енергопостачання) та низькою енергоефективністю їх діяльності.

Передумовою ефективного впровадження політики енергоощадності у ВНЗ є розроблення нормативного забезпечення для ефективного функціонування системи управління інформаційного забезпечення заходів з підвищення ефективності енергоспоживання.

В даній роботі наведені результати побудови та реалізації математичних моделей електроспоживання у будівлях ВНЗ на прикладі Київського національного університету технологій та дизайну. Для розроблення таких моделей використані бази даних про енергоспоживання в університеті за останні п'ять років, одержані за допомогою програмно-технічного комплексу «Автоматизована система енергоспоживання в університеті» (ПТК «АСУЕУ»). В основу розроблення математичної моделі покладені залежності рівнів енергоспоживання певного об'єкта на заданому часовому проміжку від факторів, що впливають на формування базового споживання енергоносіїв. До таких факторів відносяться, насамперед, кількість проживаючих у гуртожитках, сезонність та погодні умови, графік освітнього процесу. Крім того, є цілком очевидним, що на зазначені чинники впливають певні події, що мають стохастичну природу (наприклад, постійна зміна кількості проживаючих, використання додаткового догріву приміщень, використання необлікованих побутових електроприладів, тощо).

Позначимо через  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  величини електроспоживання, що характеризують відповідно кількість проживаючих у гуртожитку, температуру зовнішнього середовища і додатковий числовий параметр для врахування особливостей графіка освітнього процесу. Позначимо через  $\varepsilon$  деяку випадкову величину, яка характеризує варіабельність моделі і викликана нерегулярними подіями стохастичного характеру. Із наведеного випливає, що у загальному вигляді модель можна представити наступним чином:

$$y = f(\beta, x_1, x_2, x_3, \varepsilon) \quad (1)$$

де  $f$  — деяка функція,  $\beta$  — (векторний) параметр залежності.

**Постановка задачі.** Використовуючи статистичні дані [1] необхідно встановити функціональну залежність  $f$  для її реалізації у моделі (1) і розробити відповідне програмне забезпечення з автоматизованим експортом даних з ПТК «АСУЕУ» для реалізації алгоритмів математичного моделювання.

**Результати дослідження.** У якості математичної моделі електроспоживання у будівлях університету було обрано лінійну регресійну модель виду:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon, \quad (2)$$

і її узагальнення

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \varepsilon \quad (3)$$

де  $y$  — середня величина добового електроспоживання на обраному часовому інтервалі,  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  — коефіцієнти, що підлягають визначенню. У якості часового інтервалу приймаємо календарний місяць. Надалі рівності (2) і (3) будемо умовно називати

скороченою і розширеною моделями відповідно. Для обробки наявних статистичних даних була розроблена комп'ютерна програма, розроблена у середовищі Delphi. Зазначена програма виконує перетворення вихідних даних у матрицю плану для побудови моделей (2), (3) і обчислює коефіцієнти моделі. Дослідження імовірнісних властивостей одержаної моделі і аналіз її відповідності реальним даним виконувався за допомогою розробленої програми у середовищі Delphi і статистичного пакету STATISTICA.

*Загальна характеристика моделей та опис функцій програмного забезпечення.* Враховуючи потенційну можливість введення додаткових змінних до моделі, а також поширення одержаних моделей на об'єкти іншого призначення, розроблене програмне забезпечення дає можливість реалізовувати більш розширені залежності типу (2) і (3) з ідентифікацією параметрів лінійних моделей. Для пояснення одержаних результатів наведемо декілька положень щодо особливостей зазначених моделей.

З метою кращого розрізнення скалярних і векторно-матричних величин для останніх використовується напівжирний шрифт. Крім того, використання знаку ' свідчатиме про транспонування матриці або вектора, зокрема, *вектор-стовпець*  $Y$  може бути записаним у рядок як  $(y_1, \dots, y_n)'$ .

Загальною лінійною моделлю (ЗЛМ) будемо вважати залежність виду:

$$Y = X\beta + \varepsilon, \quad (4)$$

де  $Y$  — вектор спостережень залежної змінної,  $X$  — матриця спостережень незалежних змінних, вона носить назву регресійної матриці або матриці експерименту чи плану,  $\beta$  — вектор (невдомих) коефіцієнтів,  $\varepsilon$  — вектор помилок з нульовим середнім значенням. Розмірності  $dim(\cdot)$  даних величин позначаються відповідно:

$$dim(Y) = dim(\varepsilon) = n, dim(\beta) = p, dim(X) = n \times p,$$

тому можна записати:

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}, \beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \dots \\ \beta_{p-1} \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} x_{10} & x_{11} & \dots & x_{1,p-1} \\ x_{20} & x_{21} & \dots & x_{2,p-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n0} & x_{n1} & \dots & x_{n,p-1} \end{pmatrix}, \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}.$$

Надалі приймаємо, що  $n > p$ . Перехід від скалярного запису ЗЛМ типу (2) і (3) до векторно-матричного (4) має стандартну процедуру: постулюється, що дійсна залежна змінна  $y$  з точністю до випадкової адитивної похибки  $\varepsilon$  може бути представлена як лінійна комбінація (незалежних) дійсних змінних, інакше, регресорів  $x_0, x_1, \dots, x_{p-1}$ :

$$y = \beta_0 x_0 + \dots + \beta_{p-1} x_{p-1} + \varepsilon, \quad (5)$$

а також наявність відповідної вибірки об'єму  $n$ . При цьому функція  $f(x) = \beta'x = \beta_0 x_0 + \dots + \beta_{p-1} x_{p-1}$  (тобто права частина без випадкової складової має уставлену назву (лінійної) *функція регресії*, а коефіцієнти  $\beta_0, \dots, \beta_{p-1}$  — *коефіцієнти регресії*). Згадана вибірка являє собою сукупність  $n$ , одержаних експериментальним шляхом перебору чисел вигляду:

$$(x_{i0}, \dots, x_{i,p-1}, y_i), i = 1, 2, \dots, n, \quad (6)$$

де  $x_{ij}$  — значення  $j$ -го регресора ( $j$ -ї незалежної змінної) при  $i$ -му спостереженні,  $y_i$  — відповідне значення залежної змінної  $y$ . Тоді, позначивши  $\varepsilon_i$  значення похибки  $\varepsilon$  при  $i$ -му спостереженні і підставляючи послідовно вибіркові значення (5) в рівність (4), одержимо  $n$  рівностей:

$$y_i = \beta_0 x_{i0} + \dots + \beta_{p-1} x_{i,p-1} + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, n, \quad (7)$$

які зручно представляти у вигляді однієї векторно-матричної рівності (4).

Для оцінювання вектора коефіцієнтів  $\beta$  в роботі використовується відомий метод найменших квадратів (МНК), тобто вектор  $\mathbf{b} = (b_0, \dots, b_{p-1})'$  є розв'язком задачі мінімізації.

$$\|Y - X\beta\|^2 \xrightarrow{\beta \in R^p} \min, \quad (8)$$

де  $R^p$  —  $p$ -вимірний евклідов простір, мінімум визначається за  $\beta \in R^p$ , а норма  $\|z\|$  вектора  $z = (z_1, \dots, z_n) \in R^n$  визначена як  $(z_1^2 + \dots + z_n^2)^{1/2}$ . Добре відомо [4,6,13], що розв'язок задачі (8) можна знайти як розв'язок  $\mathbf{b}$  системи так званих нормальних рівнянь:

$$X'X\beta = X'Y \quad (9)$$

За будь-яких умов система (9) є сумісною, причому у випадку, коли матриця  $X$  має повний ранг, її розв'язок (а отже і розв'язок задачі (8)) єдиний і має вигляд:

$$\mathbf{b} = (X'X)^{-1} X'Y \quad (10)$$

де  $^{-1}$  — знак обертання матриці. Оцінювання  $\mathbf{b}$  вектора  $\beta$  здійснюється МНК. Функція  $\hat{y} = \mathbf{b}'\mathbf{x} = b_0x_0 + b_1x_1 + \dots + b_{p-1}x_{p-1}$  є оцінкою функції регресії  $\beta'\mathbf{x}$ .

Слід відзначити той факт, що числові дані, які використовуються при побудові регресійних моделей реальних виробничих процесів, досить часто не гарантують невинодженість матриці експерименту. Якщо матриця експерименту  $X$  є винродженою або близькою до винродженої (погано узгодженою), то задача оцінювання стає більш складною. Погана узгодженість матриці експерименту  $X$ , що викликана лінійною залежністю або наближеною лінійною залежністю між стовпцями цієї матриці, загалом знижує цінність побудованих моделей. Одним із поширених способів уникнення таких ситуацій є пошук стовпців матриці  $X$ , які є лінійно залежними від інших стовпців та їх наступне видалення [6]. Подальшим кроком є видалення відповідного регресору  $x_j$  з моделі (5). У даній роботі використовується саме останній підхід. Процедура видалення базується на відомому алгоритмі Грама — Шмідта ортогоналізації системи векторів евклідового простору [6,10]. У нашому випадку зміст зазначеного алгоритму полягає в наступному: стовпці матриці  $X$  послідовно перетворюються таким чином, щоб кожен новий стовпець являвся ортогональним щодо раніше перетворених стовпців (під ортогональністю  $n$ - вимірних векторів  $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n)'$  і  $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_n)'$  мається на увазі рівність нулю їх скалярного добутку  $\mathbf{x}'\mathbf{y}$ :  $\mathbf{x}'\mathbf{y} = \sum_{i=1}^n x_i y_i$ ). Якщо між стовпцями існує лінійна залежність, то на якомусь  $k$ - му кроці ( $1 \leq k \leq p$ ) буде отримано стовпець, повністю складений з нулів. Це і означає, що  $k$ - й стовпець лінійно залежить від попередніх стовпців. Він вилучається з матриці, а з моделі

виключається відповідна незалежна змінна. Процедура триває до розгляду останнього стовпця включно. У випадку пошуку наближено лінійної залежності (як це і реалізовано в даній роботі) вилученню підлягають стовпці перетвореної матриці, евклідова норма яких не перевищує заданого малого числа. У матричному вигляді процедура може бути представлена наступним чином [6]:

$$\mathbf{Z}_{iT} = \mathbf{Z}_i - \mathbf{Z}(\mathbf{Z}'\mathbf{Z})^{-1}\mathbf{Z}'\mathbf{Z}_i, i = 1, \dots, p, \quad (11)$$

де  $\mathbf{Z}$  — матриця вже перетворених стовпців,  $\mathbf{Z}_i$  — наступний стовпець матриці  $\mathbf{X}$ , що перетворюється,  $\mathbf{Z}_{iT}$  — вектор-результат перетворення, ортогональний стовпцям матриці  $\mathbf{Z}$ .

В даній роботі при побудові регресійної моделі виду (4) в якості значень залежної змінної  $y$  беруться місячні сумарні величини врахованої активної частини спожитої електроенергії (у кВт×год), поділені на кількість облікованих діб у даному місяці. В позначеннях рівності (4) для «скороченої» моделі (2) в якості незалежних змінних взяті три змінні:  $x_0, x_1, x_2$ , а для розширеної моделі було введено ще змінна  $x_3$  (так, що  $p = 3$  у першому випадку і  $p = 4$  у другому). Варто пояснити, що  $x_0$  і  $x_3$  — це так звані фіктивні змінні, причому  $x_0$  завжди дорівнює 1 (її роль полягає у введенні сталої складової у модель), а  $x_3$  дорівнює 1 або 0 в залежності від того, чи використовувався у даному часовому відрізку спеціальний режим опалення (електродогрів),  $x_1$  — кількість проживаючих у гуртожитку за обраний місяць,  $x_2$  — відповідна середньомісячна температура зовнішнього середовища. Найбільша загальна кількість місяців спостережень (тобто величина  $n$  із співвідношень (6), (7)) дорівнює 36 - 3 роки спостережень). Важливо відмітити, що опрацювання статистичних даних шляхом реалізації запропонованої моделі може бути використано для дослідження майбутніх сценаріїв побудованої моделі та прогнозного оцінювання поведінки системи електроспоживання. Таким чином, загальна модель типу (4) електроспоживання для конкретної будівлі реалізується у формі наведених вище виразів (2) і (3).

Для аналізу адекватності математичного моделювання (відхилення між фактичними та розрахованими значеннями) в роботі використовуються так звані графіки залишків, які у даному випадку (можливі і інші варіанти) являють собою сукупність точок декартової площини, що мають координати  $(i, \hat{y}_i - y_i)$ ,  $i = 1, \dots, n$  (для більшої наочності вони з'єднуються прямолінійними відрізками). Тут  $\hat{y}_i$  — розрахункове за моделлю значення, а  $y_i$  — реальне значення залежної змінної при  $i$ -му спостереженні.

Як зазначалося вище, реалізації належних обчислень була реалізована за допомогою розробленої комп'ютерної програми в середовищі Delphi, функціональний алгоритм якої полягає у наступному:

- автоматизація побудови матриці експерименту  $\mathbf{X}$  в форматі Delphi на основі статистичних спостережень ПТК «АСУЕУ» у форматі MS Excel;
- дослідження регресійних даних на погану зумовленість матриці плану (інакше, на мультиколінеарність моделі) з використанням описаного вище алгоритму Грама-Шмідта (11) та відсіювання (за необхідності) зайвих змінних;
- визначення коефіцієнтів регресії у відповідності до (10) та побудова графіків залишків для одержаної моделі.

Форма, наведена на рис.1 візуально відображає діалогове вікно програми для реалізації моделі (2).

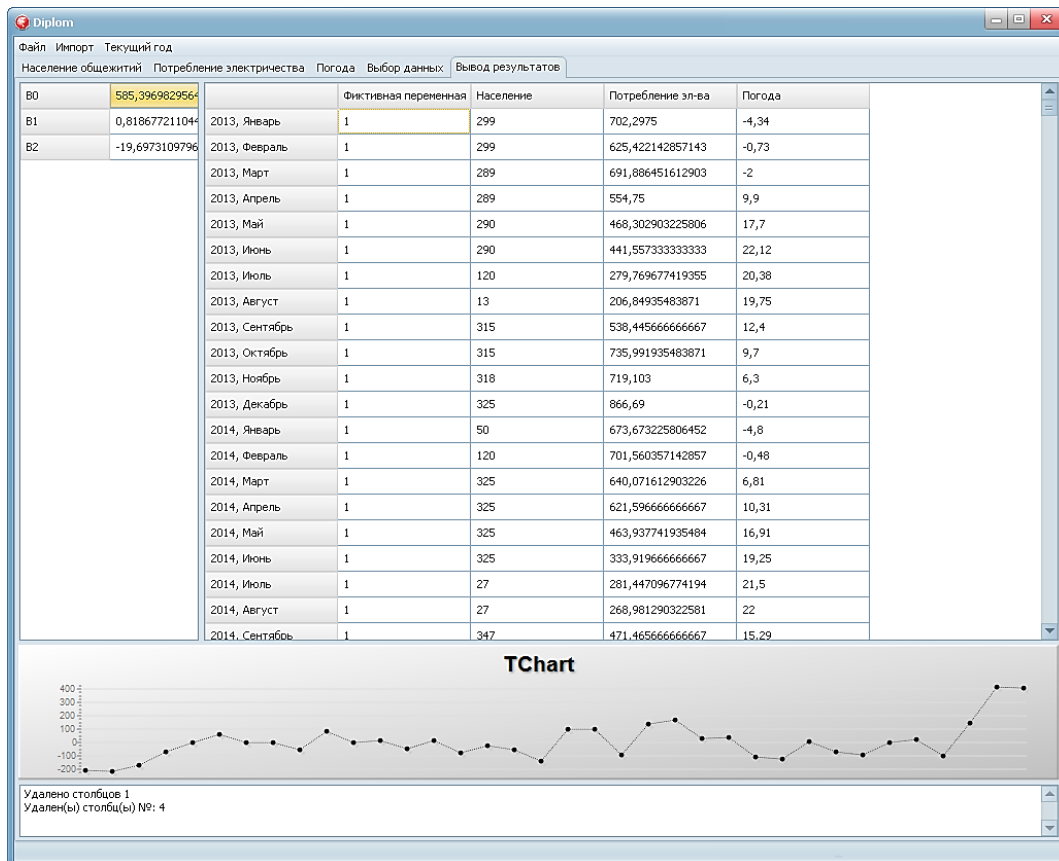


Рис. 1. Діалогове вікно програми для побудови моделі електроспоживання у гуртожитку університету

Зауважимо, що вихідні дані для одержання математичних моделей були обрані на основі добових графіків електроспоживання в університеті з 30-хвилинною дискретністю у відповідності до протоколів спеціалізованого програмного забезпечення локального устаткування збору і обробки даних.

Для більшої конкретності наведемо кілька одержаних результатів:

- **моделі типу (2)**

гуртожиток № 4.  $\hat{y} = 381,8076 + 0,6045x_1 - 10,5754x_2$ .

гуртожиток № 6.  $\hat{y} = 584,3330 + 0,8223x_1 - 19,6922x_2$ .

гуртожиток № 7.  $\hat{y} = 836,7495 + 1,5511x_1 - 32,1912x_2$ .

гуртожиток № 8.  $\hat{y} = 735,4488 + 0,8553x_1 - 117,0849x_2$ .

- **моделі типу (3)**

гуртожиток № 4.  $\hat{y} = 382,2638 + 0,6968x_1 - 10,6435x_2 - 11,3522x_3$ .

гуртожиток № 6.  $\hat{y} = 576,5303 + 0,6862x_1 - 17,9671x_2 + 456,9815x_3$ .

гуртожиток № 7.  $\hat{y} = 835,7055 + 1,5458x_1 - 32,0411x_2 + 43,6572x_3$ .

гуртожиток № 8.  $\hat{y} = 735,1917 + 0,8493x_1 - 17,0358x_2 + 13,7046x_3$ .

Оцінювання адекватності моделей та достовірності одержаних результатів буде показано у наступній частині дослідження, використовуючи числові реалізації моделей на декількох об'єктах однакового призначення.

**Висновки.** В роботі одержані регресійні моделі процесів електроспоживання в гуртожитках університету. Запропоновано до використання двох типів математичних моделей: базову та розширену. Вибір типу моделі для конкретних випадків реалізується за

допомогою методу додаткової суми квадратів із порівнянням ймовірнісних характеристик результатів розрахунків, про що більш детально буде сказано у наступній частині дослідження. Розроблене спеціалізоване програмне забезпечення для автоматизованої числової реалізації моделей та аналізу одержаних результатів.

### Література

1. Звіт про виконання комплексної науково-технічної програми «Енергоефективність та енергозбереження» Київського національного університету технологій та дизайну у 2015 році: Звіт / наук. ред. В. В. Каплун – Київ: КНУТД, 2015. – 117 с.
2. Боровиков В.П. STATISTICA: монографія / Боровиков В.П., Боровиков І.П. — М.: «Филинь», 1997. — 586 с.
3. Боровиков В.П. STATISTICA для професіоналов: монографія / Санкт-Петербург · Москва · Харків · Минск: «ПИТЕР», 2001. — 652 с.
4. Вучков І. Прикладной линейный регрессионный анализ: монографія / Вучков І., Бояджиева Л., Солаков Е. — М.: Финансы и статистика, 1987. — 239 с.
5. Гихман І.І. Теория вероятностей и математическая статистика: навчальний посібник / Гихман І.І., Скороход А.В., Ядренко М.І. — К.: Вища школа, 1979. — 406 с.
6. Дрейпер Н.Р. Прикладной регрессионный анализ: монографія / Дрейпер Н.Р., Смит Г. — Москва · Санкт-Петербург · Киев: 2007. — 911 с.
7. Кельберт М.Я. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики: навчальний посібник / Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. — М.: МЦНМО, 2007. — 456 с.
8. Краснитський С.М. Теорія ймовірностей та її застосування у задачах легкої промисловості: навчальний посібник / С.М. Краснитський, Л.Ф. Хилук. — К.: НМК ВО, 1991. — 144 с.
9. Ликеш І. Основные таблицы математической статистики / Ликеш І., Ляга Й. — М.: «Финансы и статистика», 1985. — 356 с.
10. Лоусон Ч. Численное решение задач метода наименьших квадратов: монографія / Лоусон Ч., Хенсон Р. — М.: Наука, 1986. — 232 с.
11. Мардиа К. Таблицы F-распределений. / Мардиа К., Земроч П.— М.: Наука, 1984. — 255 с.

### References

1. Kaplun, V.V. (2015). Zvit pro vykonannya kompleksnoi naukovo-tekhnichnoi prohramy "Enerhoefektyvnist ta enerhozberezhennia" Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnologii ta dyzainu u 2015 rotsi [Report on Implementation of the Complex Scientific and Technical Program "Energy Efficiency and Energy Saving" of Kyiv National University of Technology and Design in 2015]. Kyiv: KNUTD [in Ukrainian].
2. Borovykov, V.P. (1997). STATISTICA: monografiya [STATISTICA: Monograph]. Moscow: Filin [in Russian].
3. Borovykov, V.P. (2001). STATISTICA dlya professionalov: monografiya [STATISTICA for Professionals: Monograph]. Saint Petersburg: Piter [in Russian].
4. Vuchkov, Y. (1987). Prikladnoy lineynyy regreسیونnyy analiz: monografiya [Applied Linear Regression Analysis: Monograph]. Moscow: Finansy i statistika [in Russian].
5. Gikhman, I.I., Skorokhod, A.V. & Yadrenko, M.I. (1979). Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika: navchal'nyi posibnyk [Theory of Probability and Mathematical Statistics]. Kyiv: Vyscha shkola [in Russian].
6. Dreyper, N.R. & Smith, G. (2007). Prikladnoy regreسیونnyy analiz: monografiya [Applied Regression Analysis: Monograph]. Moscow, Saint Petersburg, Kyiv [in Russian].
7. Kel'bert, M.Ya. & Sukhov, Yu.M. (2007). Osnovnye ponyatiya teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistiki: navchal'nyi posibnyk [Basic Concepts of Probability Theory and Mathematical Statistics]. Moscow: MTsNMO [in Russian].
8. Krasnytskyi, S.M. & Hyliuk, L.F. (1991). Teoriia ymovirnostey ta yii zastosuvannya u zadachakh lehkoi promyslovosti: navchalnyi posibnyk [Probability Theory and Its Application to the Tasks of Light Industry]. Kyiv: NMK VO [in Ukrainian].
9. Likesh, I. & Lyaga, Y. (1985). Osnovnye tablitsy matematicheskoy statistiki [Basic Tables of Mathematical Statistics]. Moscow: Finansy i statistika [in Russian].
10. Lawson, Ch. & Hanson, R. (1986). Chislennoe reshenie zadach metoda naimen'shikh kvadratov: monografiya [Solving Least Squares Problems: Monograph]. Moscow: Nauka [in Russian].
11. Mardia, K. & Zemroch, P. (1984). Tablitsy F-raspredeleniy [Tables of F-distributions]. Moscow: Nauka [in Russian].
12. Olenko, A.Ia. (2007). Komp'yuterna statystyka:

12. Оленко А.Я. Комп'ютерна статистика: навчальний посібник / К.: ВПЦ «Київський університет», 2007. — 174 с.

13. Грищенко І.М. Управління енергоспоживанням у вищих навчальних закладах: монографія / [І.М. Грищенко, В.В. Каплун, М.В. Дяченко, О.В. Власенко, Р.В. Каплун, Г.С. Жулай]. — К.: КНУТД, 2013. — 245 с.

navchalnyi posibnyk [Computer Statistics]. Kyiv: VPTs Kyivskiyi universytet [in Ukrainian].

13. Hryshchenko, I.M., Kaplun, V.V., Diachenko, M.V., Vlasenko, O.V., Kaplun, R.V. & Zhulai, H.S. (2013). Upravlinnia enerhospozhyvanniam u vyshchykh navchalnykh zakladakh: monohrafiia [Energy Consumption Management in Higher Education Institutions]. Kyiv: KNUVD [in Ukrainian].

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В УНИВЕРСИТЕТСКИХ ЗДАНИЯХ. Сообщение 1

КАПЛУН В.В., КРАСНИТСКИЙ С.М., БОБРОВНИК В.Н., ЖУЛАЙ Г.С.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Целью работы является разработка и исследование математических моделей (базовой и расширенной) электропотребления в зданиях университета (на примере общежитий Киевского национального университета технологий и дизайна).

**Методика.** Множественный регрессионный анализ в сочетании со статистическими методами.

**Результаты.** Получены линейные регрессионные модели электропотребления в зданиях университета с учетом приведенного количества проживающих в общежитиях, температуры окружающей среды и особенностей графика образовательного процесса в отопительный сезон.

**Научная новизна.** В результате математического моделирования на основе расширенного набора факторов, влияющих на процесс электропотребления, впервые получены зависимости, которые могут быть использованы для исследования будущих сценариев и прогнозного оценивания функционирования системы электроснабжения в зданиях образовательной сферы.

**Практическая значимость.** Использование результатов моделирования позволит разрабатывать методические рекомендации по внедрению комплекса энергосберегающих мероприятий в образовательном учреждении с учетом существующей инженерной инфраструктуры для повышения эффективности управления электропотреблением.

**Ключевые слова:** управление электропотреблением, регрессионный анализ, статистические данные, общая линейная модель электропотребления, адекватность модели.

## MATHEMATICAL SIMULATION OF POWER CONSUMPTION IN UNIVERSITY BUILDINGS. Message 1

KAPLUN V.V., KRASNYTSKY S.M., BOBROVNYK V.M., ZHULAI H.S.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** The purpose of the work is to develop and study mathematical models (basic and expanded) of electricity consumption in the buildings of the university (on an example of the buildings of the Kyiv National University of Technologies and Design).

**Method.** Multiple regression analysis in combination with statistical methods.

**Results.** The linear regressive models of electricity consumption in the buildings of the university have been obtained and investigated taking into account the reduced number of dwellers living in the hostels, the temperature of the environment and the features of the graph of the educational process during the heating season.

**Originality.** As a result of mathematical modeling on the basis of an extended set of factors influencing the process of power consumption, obtained dependences that can be used for the study of future scenarios and the predictive assessment of the functioning of the electricity supply system in the educational buildings.

**The practical significance.** The use of simulation results will allow the development of methodological recommendations for the implementation of a complex of energy-saving measures in an educational institution, taking into account the existing engineering infrastructure and improving the efficiency of management of the power consumption.

**Keywords:** power consumption management, regression analysis, statistical data, general linear model of power consumption, model adequacy.

УДК 677.055

ПЛЕШКО С. А., КОВАЛЬОВ Ю. А.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ДИНАМІКА ГАЛЬМУВАННЯ КРУГЛОВ'ЯЗальної МАШИНИ З ЧЕРВ'ЯЧНИМ ПРИВОДОМ

**Мета.** Розробка методу розрахунку динамічних навантажень, що виникають при гальмуванні круглов'язальних машин типу КО з черв'ячним приводом.

**Методика.** Використані сучасні методи досліджень динаміки гальмування в'язальних машин з метою оцінки впливу конструкції привода круглов'язальної машини на динамічні навантаження, що виникають при гальмуванні.

**Результати.** Розроблено метод та алгоритм розрахунку динамічних навантажень, що виникають при гальмуванні круглов'язальних машин типу КО з черв'ячним приводом. Встановлена доцільність оснащення привода круглов'язальних машин черв'ячною передачею. При цьому ефективним рішенням зниження динамічних навантажень є заміна існуючої конструкції привода круглов'язальної машини приводом з черв'ячною передачею, у якому електродвигун з'єднаний з черв'яком, а черв'ячне колесо безпосередньо з'єднане з голковим циліндром. Результати досліджень можуть бути використані при удосконаленні діючих та при розробці нових типів систем гальмування як круглов'язальних, так і інших типів в'язальних машин.

**Наукова новизна.** Розроблено метод розрахунку динамічних навантажень, що виникають при гальмуванні круглов'язальних машин типу КО з черв'ячним приводом.

**Практична значимість.** Запропоновано алгоритм розрахунку динамічних навантажень, що виникають в круглов'язальній машині, привід якої містить черв'ячну передачу, що безпосередньо з'єднує електродвигун з голковим циліндром.

**Ключові слова:** круглов'язальна машина, черв'ячний привід круглов'язальної машини, система гальмування круглов'язальної машини, динаміка гальмування круглов'язальної машини.

**Вступ.** З метою забезпечення в'язання якісного трикотажного полотна круглов'язальні машини, як показує аналіз [1...4], повинні бути обладнані ефективними системами гальмування. При цьому система гальмування повинна забезпечувати в'язання якісного трикотажного полотна та не допускати значних динамічних навантажень механізмів круглов'язальної машини, що виникають під час гальмування [2...4]. Виходячи з цього, проблема розробки нових та удосконалення діючих систем гальмування круглов'язальних машин є актуальною [2, 4].

**Постановка завдання.** Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи круглов'язальних машин за рахунок удосконалення систем гальмування [4], завданням досліджень є оцінка впливу конструкції привода круглов'язальної машини на динамічні навантаження, що виникають при гальмуванні, та розробка методу розрахунку динамічних навантажень, що виникають при гальмуванні круглов'язальних машин типу КО з черв'ячним приводом.

**Результати дослідження.** Існуючі конструкції приводів круглов'язальних машин містять значну кількість обертових мас (пасова передача, зубчасті передачі та ін.) [2], що потребує від системи гальмування створення значних гальмівних моментів, що у свою чергу викликає при гальмуванні значні динамічні навантаження, які знижують надійність і довговічність роботи привода.

На наш погляд одним із ефективних рішень усунення зазначеного недоліку є заміна існуючої конструкції привода круглов'язальної машини приводом з черв'ячною передачею, у якому електродвигун з'єднаний з черв'яком за допомогою пружної втулково-пальцевої муфти

(МУВП), як найбільш розповсюдженої. При цьому черв'ячне колесо встановлене на механізмі товароприйому (рис. 1).

Аналіз запропонованої конструкції привода показує, що в якості його динамічної моделі доцільно використовувати тримасову модель з першою ведучою масою (рис. 2).

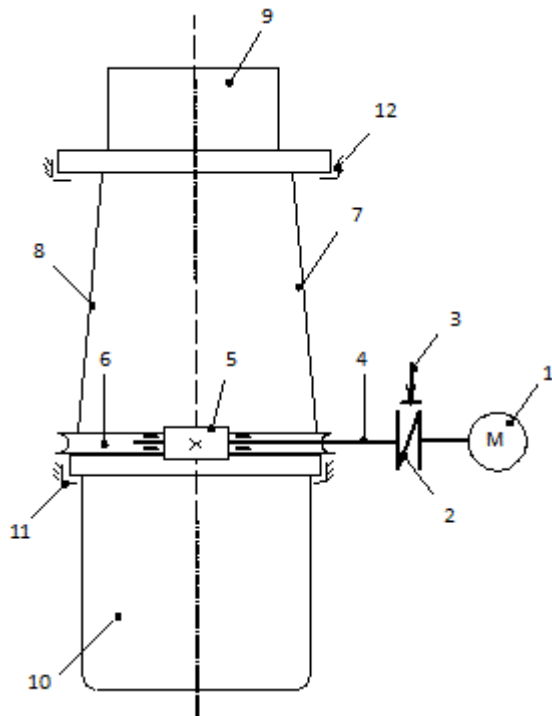


Рис. 1. Кінематична схема круглов'язальної машини з черв'ячним приводом: 1 - електродвигун; 2 - муфта; 3 - гальмо; 4 - вал черв'яка; 5 - черв'як; 6 - черв'ячне колесо; 7, 8 - водила; 9 - механізм в'язання; 10 - механізм товароприйому; 11, 12 – опори

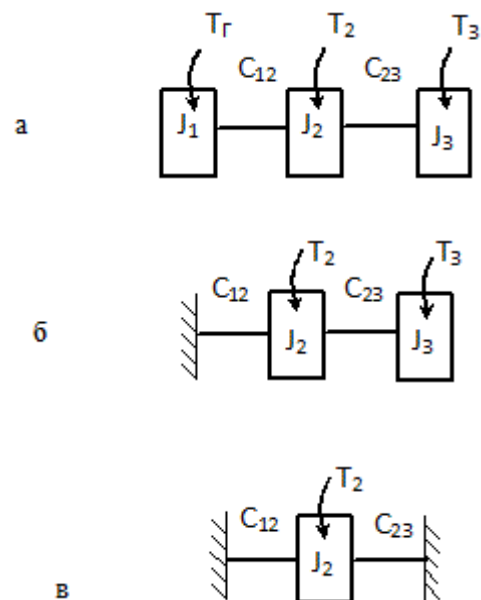


Рис. 2. Динамічна модель круглов'язальної машини з черв'ячним приводом:

- а - перший етап гальмування;
- б - другий етап гальмування;
- в - третій етап гальмування;  $J_1$  - сумарний момент інерції ротора електродвигуна і муфти;  $J_2$  - момент інерції механізму товароприйому;  $J_3$  - момент інерції механізму в'язання;  $C_{12}$  - жорсткість вала черв'яка і муфти;  $C_{23}$  - жорсткість водил;  $T_1$  - момент гальма;  $T_2, T_3$  - моменти сил опору механізмів товароприйому та в'язання

Процес гальмування здійснюється поетапно. Критерієм послідовності зупинки мас є параметр  $K$  [2]:

$$K_i = \frac{J_i}{T_i} \quad (1)$$

де  $J_i$  - момент інерції  $i$ -ої обертової маси;

$T_i$  - момент опору, прикладений до  $i$ -ої маси.

Першою зупиняється та маса, для якої параметр  $K$  менше.

Використовуючи фактичні значення параметрів привода круглов'язальної машини типу КО (дивися нижче), знаходимо:

$$K_1 = 0,49 \cdot 10^{-3}; \quad K_2 = 5,91 \cdot 10^{-3}; \quad K_3 = 0,85 \cdot 10^{-3}.$$

Таким чином гальмування буде відбуватися поетапно в такий спосіб:

- перший етап (рис. 2, а): електродвигун виключено, включено гальмо, усі три маси обертаються; перший етап гальмування триває до зупинки першої маси;
- другий етап (рис. 2, б): перша маса нерухома, друга і третя маси обертаються; другий етап триває до зупинки третьої маси привода;
- третій етап (рис. 2, в): перша і третя маси нерухомі, друга маса обертається; третій етап гальмування триває до зупинки другої маси.

Оскільки максимальні динамічні навантаження в пружних ланках привода при гальмуванні круглов'язальної машини виникають на першому етапі гальмування [2], при динамічному аналізі процесу гальмування достатньо розглядати динаміку лише цього періоду.

Таким чином, в якості алгоритму визначення динамічних навантажень, що виникають у черв'ячному приводі круглов'язальної машини, можна рекомендувати:

1. Вибір, вихідних даних (приведені значення): момент гальма  $T_{\Gamma}$ ; моменти сил опору механізму товароприйому  $T_2$  і механізму в'язання  $T_3$ ; моменти інерції обертових мас машини  $J_1, J_2, J_3$ ; жорсткості пружних в'язів привода  $C_{12}, C_{23}$ .

2. Визначаємо постійні складові моментів сил пружності  $a_{12}, a_{23}$ , використовуючи залежності (2) - (5):

$$a_{12} = \frac{\Delta a_{12}}{\Delta a}; \quad a_{23} = \frac{\Delta a_{23}}{\Delta a}, \quad (2)$$

$$\Delta a = \begin{vmatrix} J_1 + J_2 & -J_1 \\ -J_3 & J_2 + J_3 \end{vmatrix}; \quad (3)$$

$$\Delta a_{12} = \begin{vmatrix} J_1 T_2 - J_2 T_{\Gamma} & -J_1 \\ J_2 T_3 - J_3 T_2 & J_2 + J_3 \end{vmatrix}; \quad (4)$$

$$\Delta a_{23} = \begin{vmatrix} J_1 + J_2 & J_1 T_2 - J_2 T_{\Gamma} \\ -J_3 & J_2 T_3 - J_3 T_2 \end{vmatrix}. \quad (5)$$

3. Знаходимо частоти коливань мас системи  $\beta_1, \beta_2$ , використовуючи (6):

$$\beta_{1,2}^2 = \frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{2J_1 J_2} + \frac{C_{23}(J_2 + J_3)}{2J_2 J_3} \pm \sqrt{\left[ \frac{C_{12}(J_1 + J_2)}{2J_1 J_2} + \frac{C_{23}(J_2 + J_3)}{2J_2 J_3} \right]^2 - C_{12} C_{23} \frac{J_1 + J_2 + J_3}{J_1 J_2 J_3}} \quad (6)$$

4. Визначаємо постійні інтегрування  $A$ , використовуючи вирази (7) - (12):

$$A_{(12)1} = -\frac{(T_{(12)0} - a_{12})\beta_2^2 + A_1}{\beta_1^2 - \beta_2^2}; \quad (7)$$

$$A_{(12)2} = \frac{(T_{(12)0} - a_{12})\beta_1^2 + A_1}{\beta_1^2 - \beta_2^2}; \quad (8)$$

$$A_{(23)1} = -\frac{(T_{(23)0} - a_{23})\beta_2^2}{\beta_1^2 - \beta_2^2}; \quad (9)$$

$$A_{(23)2} = \frac{(T_{(23)0} - a_{23})\beta_1^2}{\beta_1^2 - \beta_2^2}, \quad (10)$$

де  $T_{(12)0} = T_2 + T_3$ ;  $T_{(23)0} = T_3$  - початкові умови гальмування; (11)

$$A_1 = \frac{C_{12}}{J_1}(T_2 + T_3 + T_G); \quad A_2 = 0. \quad (12)$$

5. Використовуючи рівняння (13), знаходимо максимальну величину моментів, що виникають у пружних в'язях привода круглов'язальної машини при гальмуванні:

$$T_{12max} = |A_{(12)1}| + |A_{(12)2}| + |a_{12}|; \quad T_{23max} = |A_{(23)1}| + |A_{(23)2}| + |a_{23}|. \quad (13)$$

6. Знаходимо динамічні перевантаження пружних в'язів привода  $K_{12}$ ,  $K_{23}$ , використовуючи рівняння (14).

$$K_{12} = \frac{T_{12max}}{T_2 + T_3}; \quad K_{23} = \frac{T_{23max}}{T_3}. \quad (14)$$

Використовуючи приведений алгоритм, визначимо динамічні навантаження, що виникають при гальмуванні круглов'язальної машини типу КО з черв'ячним приводом.

Вихідними даними при цьому будуть [1, 2]:

- модель круглов'язальної машини: однофонтурна круглов'язальна машина КО-2 з діаметром голкового циліндра 450 мм та його лінійною швидкістю 1,1 м/с;

- моменти інерції обертальних мас машини (тут і далі параметри приведені до вала електродвигуна):  $J_1 = 0,025 \text{ кгм}^2$ ;  $J_2 = 0,026 \text{ кгм}^2$  (приймаємо, що в механізмі товароприйому зубчаста передача замінена черв'ячною, моменти інерції яких однакові);  $J_3 = 0,015 \text{ кгм}^2$  (кінематичний зв'язок механізму товароприйому з механізмом в'язання здійснюється за допомогою водил);

- жорсткості пружних ланок привода:  $C_{12} = 470 \text{ Нм/рад}$  (жорсткість муфти і вала черв'яка);  $C_{23} = 3500 \text{ Нм/рад}$  (жорсткість водил);

- моменти сил опору механізмів:  $T_2 = 4,4 \text{ Нм}$  (момент сил опору механізму товароприйому);  $T_3 = 17,7 \text{ Нм}$  (момент сил опору механізму в'язання);

- момент гальма:  $T_G = 50,85 \text{ Нм}$  (визначений з умови забезпечення необхідного часу гальмування машини  $t = 0,09 \text{ с}$  [2]:

$$T_G = (J_1 + J_2 + J_3)\omega / t - (T_2 + T_3),$$

де  $\omega$  - кутова швидкість вала приведення (вал електродвигуна),  $\omega = 99,48 \text{ с}^{-1}$ .

Враховуючи (1) - (4) знаходимо постійні складові моментів сил пружності  $a_{12}$ ,  $a_{23}$ , що виникають у пружних в'язях привода при гальмуванні:

$$a_{12} = -23,22 \text{ Нм}; \quad a_{23} = 1,12 \text{ Нм}.$$

Використовуючи рівняння (5), знаходимо частоти коливань мас привода:

$$\beta_1 = 612,49 \text{ с}^{-1}; \quad \beta_2 = 172,29 \text{ с}^{-1}.$$

Знаходимо постійні інтегрування  $A$ , використовуючи вирази (6) - (11):

$$A_{(12)1} = -7,86 \text{ Нм}; \quad A_{(12)2} = 53,18 \text{ Нм}; \quad A_{(23)1} = -1,42 \text{ Нм}; \quad A_{(23)2} = 18,0 \text{ Нм};$$

Знаходимо, використовуючи рівняння (13), максимальну величину моментів у пружних ланках привода:  $T_{12max} = 84,26 \text{ Нм}$ ;  $T_{23max} = 20,54 \text{ Нм}$ .

Перевантаження ліній передач привода при цьому згідно (14) становлять:

$$K_{12} = 3,81; \quad K_{23} = 1,16.$$

**Висновки.** В результаті виконаних досліджень:

- розроблено метод оцінки впливу конструкції привода круглов'язальної машини на динамічні навантаження, що виникають під час гальмування;

- встановлено, що з метою підвищення ефективності роботи круглов'язальної машини доцільно оснастити її привод черв'ячною передачею, черв'як якої з'єднано з електродвигуном, а черв'ячне колесо безпосередньо з'єднане з голковим циліндром;

- результати досліджень можуть бути використані при удосконаленні діючих та при розробці нових типів круглов'язальних машин.

### Література

1. Машины кругловязальные типа КО-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Черновцы. 1992. – 86 с.
2. Піпа Б. Ф. Динаміка круглов'язальних машин / Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, Г.І. Павленко. – К: КНУТД, 2005. – 294 с.
3. Піпа Б.Ф. Приводи круглов'язальних машин / Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, А.І. Марченко. – К: КНУТД, 2007. – 400 с.
4. Чабан В.В. Приводи в'язальних машин (нові розробки та елементи розрахунків) / В.В. Чабан, Б.Ф. Піпа, О.В. Чабан. – К.: КНУТД, 2016. – 452 с.

### References

1. Mashini kruglovyasalniye tipa KO-2. Tekhnicheskoe opisanie i instrukciya po tkspluataczii. – Chernovczii. 1992. – 86 p.
2. Pipa B.F., Khomyak O.N., Pavlenko G.I. (2005) Dinamika kruglovyazalnikh mashin [Dynamics of circular knitting machines]. *Kiev National University of Technology and Design*. 294 p.
3. Pipa B.F. Homjak O.M., Marchenko A.I. (2007) Privodi kruglovyasalnikh mashin. [Circular knitting machines] *Kiev National University of Technology and Design*. 400 p.
4. Chaban V.V., Pipa B.F., Chaban A.V. (2016) Priwody vyazalnikh mashin (novi rozrobki i elementi razchetov) [Drives of knitting machines (new developments and elements of calculations)] *Kiev National University of Technology and Design*. 452 p.

## ДИНАМИКА ТОРМОЖЕНИЯ КРУГЛОВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ С ЧЕРВЯЧНЫМ ПРИВОДОМ

ПЛЕШКО С.А., КОВАЛЕВ Ю.А.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Разработка метода расчета динамических нагрузок, возникающих при торможении кругловязальных машин типа КО с червячным приводом.

**Методика.** Используются современные методы исследований динамики торможения вязальных машин с целью оценки влияния конструкции привода кругловязальной машины на динамические нагрузки, возникающие при торможении.

**Результаты.** Разработан метод и алгоритм расчета динамических нагрузок, возникающих при торможении кругловязальных машин типа КО с червячным приводом. Установлена целесообразность оснащения привода кругловязальных машин червячной передачей. При этом эффективным решением снижения динамических нагрузок является замена существующей конструкции привода кругловязальной машины приводом с червячной передачей, в котором электродвигатель соединен с червяком, а червячное колесо непосредственно соединено с игольным цилиндром. Результаты исследований могут быть использованы при совершенствовании действующих и при разработке новых типов систем торможения как кругловязальных, так и других типов вязальных машин.

**Научная новизна.** Разработан метод расчета динамических нагрузок, возникающих при торможении кругловязальных машин типа КО с червячным приводом.

**Практическая значимость.** Предложен алгоритм расчета динамических нагрузок, возникающих в кругловязальной машине, привод которой содержит червячную передачу, непосредственно соединяющей электродвигатель с игольным цилиндром.

**Ключевые слова:** кругловязальная машина, червячный привод кругловязальной машины, система торможения кругловязальной машины, динамика торможения кругловязальной машины.

## DYNAMICS OF BRAKING CIRCULAR KNITTING MACHINES WITH A WORM DRIVE

PLESHKO S.A., KOVALEV Y.A.

*Kiev National University of Technology and Design*

**Objective.** *Development of a method for calculating the dynamic loads that occur when braking circular knitting machines of the KO type with a worm drive.*

**Method.** *Modern methods of studying the braking dynamics of knitting machines have been used to evaluate the effect of the design of a circular knitting machine drive on the dynamic loads that occur during braking.*

**Results.** *A method and an algorithm for calculating the dynamic loads that occur when braking circular knitting machines of the KO type with a worm drive is developed. The expediency of equipping the drive of circular knitting machines with a worm gear has been established. In this case, an effective solution to reduce dynamic loads is to replace the existing drive design of the circular knitting machine with a worm gear drive in which the electric motor is connected to the worm, and the worm wheel is directly connected to the needle cylinder. The results of the research can be used to improve the existing and in the development of new types of braking systems for both circular knitting machines and other types of knitting machines.*

**Scientific novelty.** *A method is developed for calculating the dynamic loads that occur when braking circular knitting machines of the KO type with a worm drive.*

**Practical significance.** *An algorithm is proposed for calculating the dynamic loads that arise in a circular knitting machine, the drive of which contains a worm gear that directly connects the electric motor to the needle cylinder.*

**Key words:** *circular knitting machine, worm drive of a circular knitting machine, braking system of a circular knitting machine, braking dynamics of a circular knitting machine.*

УДК 685. 31. 013

ГОНДАРЧУК П. М., ПЕРВАЯ Н.В., ВЛАСЕНКО А.Ю.

Київський національний університет технологій та дизайну

## МОРФОЛОГІЧНІ ТА АНТРОПОМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТОП ПОРАНЕНИХ З ОДНОСТОРОННЬОЮ АМПУТАЦІЄЮ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ

**Мета.** Розкрити актуальність та визначити зміни параметрів стоп при морфологічних та антропометричних дослідженнях стоп поранених з односторонньою ампутацією нижньої кінцівки, надати рекомендації стосовно побудови внутрішньої форми взуття з урахуванням корегуючої устілки для розвантаження відділів стопи.

**Методика.** Використана методика дослідження морфологічних та антропометричних параметрів стоп людей з односторонньою ампутацією нижньої кінцівки. Визначенні основні антропометричні параметри нормальних стоп при збережених кінцівках та при односторонній ампутації кінцівки, які розраховані за допомогою графічних і статично-математичних методів.

**Результати.** В результаті дослідження виявлені: причини втрати кінцівки, больові симптоми, кути установки стопи і п'ятки, зміни параметрів та форми стопи при односторонній ампутації кінцівки. Проведена порівняльна характеристика нормальної стопи з умовно середньо-типовою стопою при односторонній ампутації кінцівки в учасників антитерористичної операції (далі - АТО).

**Наукова новизна.** Отримано морфологічні та антропометричні параметри стоп при односторонній ампутації нижньої кінцівки поранених та виявлено їх патологічні зміни.

**Практична значимість.** Запропоновані результати дослідження можуть використовуватися при побудові внутрішньої форми взуття та для реабілітації кінцівок поранених з односторонньою ампутацією нижньої кінцівки з вирішенням їх соціальної адаптації.

**Ключові слова:** морфологічні та антропометричні дослідження стоп, одностороння ампутація, учасники антитерористичної операції.

**Вступ.** Згідно з доповіддю Верховного комісара ООН з прав людини щодо ситуації з правами людини в Україні, після прямого та опосередкованого застосування збройної сили Російською Федерацією проти територіальної цілісності України в наслідок якого український народ втратив понад 9940 осіб убитими, 23455 пораненими, майже 1,8 млн осіб стали вимушеними переселенцями та захоплено 7,2 % території нашої країни [1, 2, 3].

Серед поранених близько 65% отримали пошкодження верхніх та нижніх кінцівок внаслідок осколкових, пульвових, мінно-вибухових ушкоджень [4, 5]. Ампутація - це не тільки втрата кінцівки, яка передбачає обмежені можливості, але й психологічна травма для пацієнта. Актуальність та доцільність визначення параметрів стоп з рекомендаціями для побудови внутрішньої форми взуття, протезування кінцівки є вирішенням соціальних проблем для військовослужбовця.

Стопа людини є органом опори, яка характеризується анатомічною структурою, пристосованою до стояння та ходьби у вертикальному положенні. Порушення побудови та функції стопи викликають реактивні зміни опорно-рухового апарату, статики і кінематики [6, 7]. Оскільки при ампутації нижньої кінцівки, навіть при умовах протезування, в людини змінюється хода та навантаження на певні зони стопи. У структурі ортопедичної патології мають місце і статичні деформації стоп, які виникають внаслідок односторонньої ампутації (Рис.1). Ці деформації порушують опорно-кінематичну функцію людини, призводять до появи болів та омолоностей, викликають швидке стомлення, знижують працездатність і позбавляють можливості користуватися стандартним взуттям.



Рис.1. Одностороння ампутація та протезування кінцівки.

**Постановка завдання.** Виходячи із актуальності проблеми необхідно визначити морфологічні зміни та параметри стоп при антропометричних дослідженнях військовослужбовців з односторонньою ампутацією нижньої кінцівки та надати рекомендації стосовно побудови внутрішньої форми взуття з урахуванням корегуючої устілки для розвантаження певних відділів стопи.

**Результати дослідження.** Морфологічні та антропометричні дослідження проводились серед учасників бойових дій з односторонньою ампутацією нижньої кінцівки у військово-медичному центрі професійної патології особового складу Збройних Сил України, товаристві з обмеженою відповідальністю “Центр протезування “ЕДВАРДС” та «Центр реабілітації ветеранів Афганістану» м. Києва.

За антропометричним дослідженням були визначено основні параметри стоп (довжинні, широтні, висотні) та за допомогою графічних і статично-математичних методів – параметри умовно середньо-типової стопи (далі - УСТС) [8]. Обробку результатів проводили за методами математичної статистики з використанням комп’ютерних програм (Microsoft Excel – 97 та Statistic for Windows фірми STAT SOFT). Проводячи порівняльну характеристику результатів дослідження з контрольною групою було відзначено, що плантограма досить повно охарактеризувала всі особливості морфофункціональних порушень стоп.

При дослідженні та обстеженні стоп виявлені причини втрати кінцівки: понад 70% мали ампутацію однієї кінцівки внаслідок перебування в зоні бойових дій, серед яких 55% - військовослужбовці АТО, 18% - приймали участь у Афганській війні. При обстеженні такої категорії осіб з інвалідністю були присутні 17% осіб, які втратили кінцівки внаслідок хвороб (тромбофлебіт, цукровий діабет) та 10% отримали побутову травму (Рис.2.).

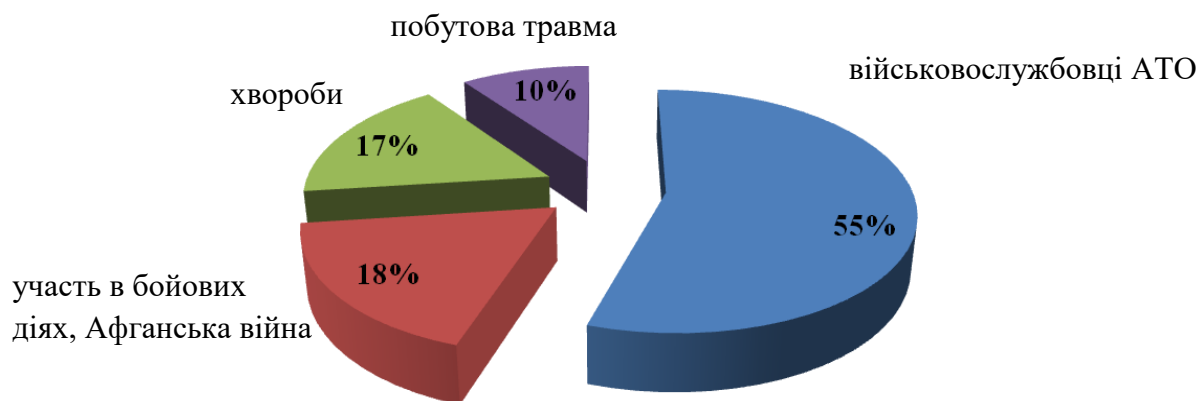


Рис.2. Причини втрати нижньої кінцівки

У результаті дослідження групи поранених з односторонньою ампутацією нижньої кінцівки було виявлено: скарги на фантомні болі у 55% обстежених, із них в кулці кінцівки постійні болі – 18 %, періодичні - 37%. Майже 30% мали психологічні розлади стану здоров'я, що призвело до післяампутаційного фантомно-больового синдрому. За літературними даними [4] цей синдром виникає в 66% лівосторонніх і у 34% правосторонніх ампутаціях. Найменше піддаються фантомним болям діти до 9 років.

При клінічному обстеженні нижніх кінцівок поранених спостерігались: пошкодження м'яких тканин у - 82%; опіки – 64 %; видалені осколки – 10 %; набряки - 55%.

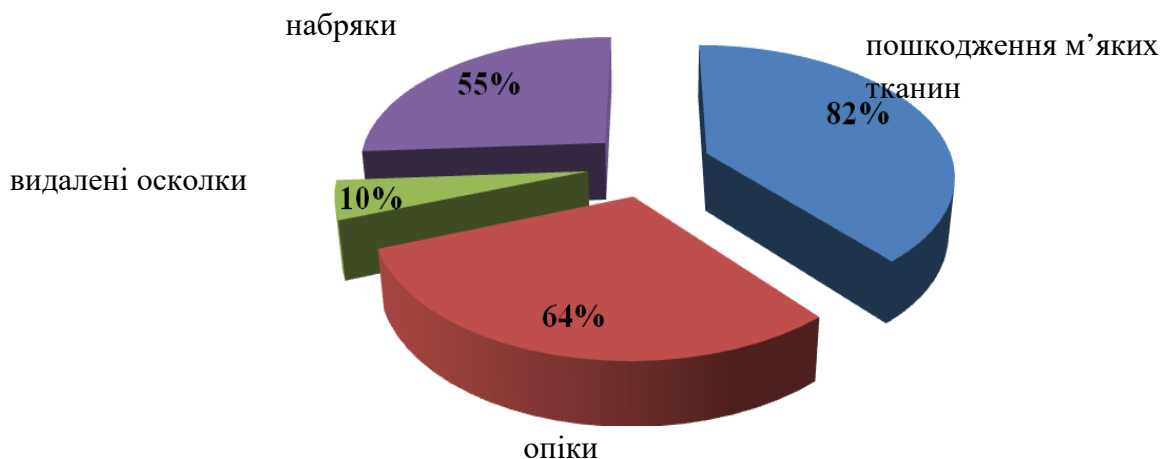


Рис.3. Пошкодження м'яких тканин нижніх кінцівок

Внаслідок навантаження на одну ногу при ходьбі, на стопах обстежених спостерігались: оmozоленість плантарної поверхні -18 %; натоптиші – 36%, кератоз (потовщення рогового шару (зроговіння) шкіри стопи) – 10%, наслідки натертості стопи – 36% (Рис.4.).

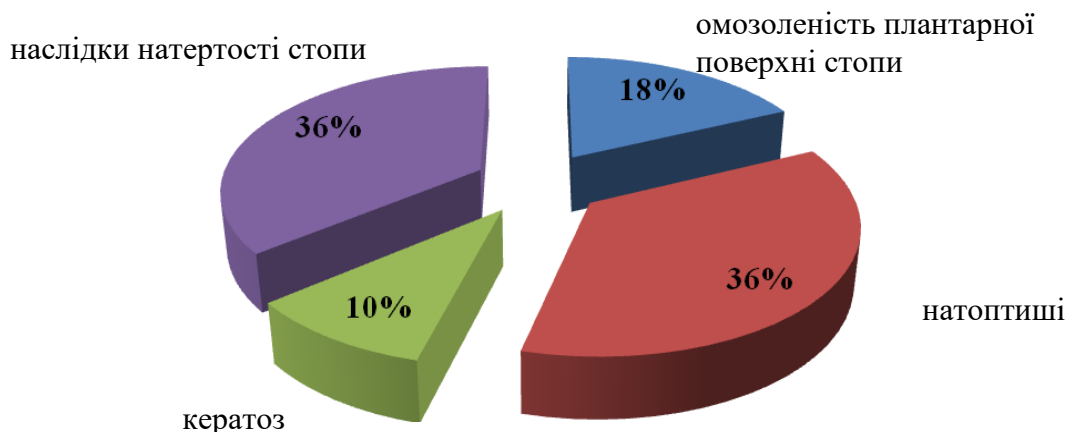


Рис. 4. Клінічні ускладнення плантарної поверхні стопи

Під час дослідження були узагальнені плантограми умовних середньо-типових стоп поранених з односторонньою ампутацією нижньої кінцівки. Співставлення параметрів контрольної групи УСТС військовослужбовців з виявленою патологією показали, що:

- ширина п'ятки стопи по контуру зменшилась на 4,3 мм; ширина в пучках за контуром збільшилась по зовнішніх пучках на 3,6 мм та по внутрішніх пучках 5,7 мм відповідно (Рис. 5);
- висота до центра зовнішньої щиколотки збільшилась на 11,1 мм; висота до центра внутрішньої щиколотки збільшилась на 3,1 мм; висота до найбільш виступаючої точки п'ятки (по п'ятковій кістці) зменшилась на 0,7 мм. (Рис.6.);
- деформація «Hallux valgus» спостерігалась у 27 %;
- плоскостопість різних ступенів - у 27%;

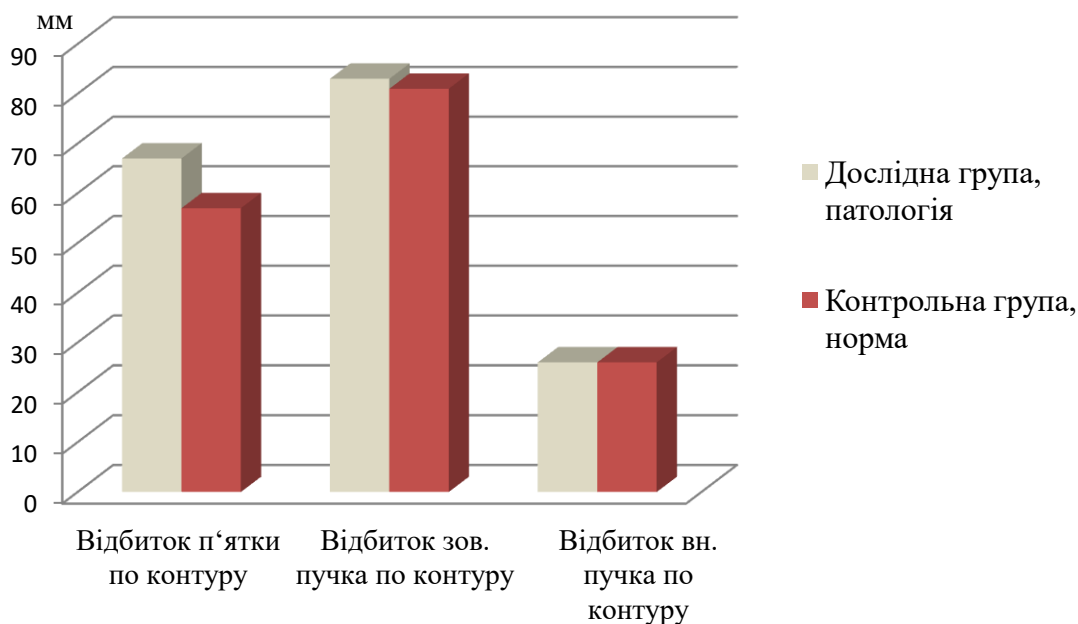


Рис.5. Порівняльна характеристика широтних параметрів стоп по контуру

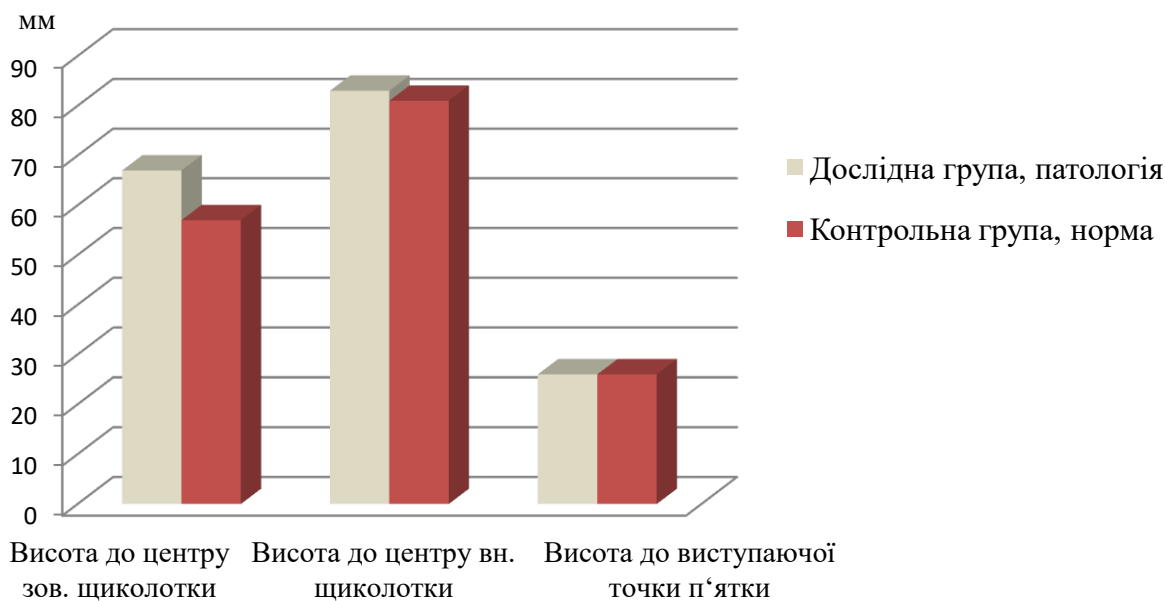


Рис.6. Порівняльна характеристика висотних параметрів стоп

Зміни у антропометричних та морфологічних параметрах стоп виникли за рахунок перерозподілу навантаження на відділи стопи (з п'яtkового на носково-пучковий) та у зв'язку з пошкодженнями м'яких тканин нижніх кінцівок (гомілки, стегна).

В результаті розрахунків кутів установки стопи та п'ятки виявлено, що п'ятка у 45 % поранених знаходиться у відведеному положенні, а установка стопи в 91% в приведеному стані (таблиця 1):

Таблиця 1.

Розрахунок, %, кутів положення п'ятки (m) та стопи (h)

Показник установки кутів	Положення п'ятки (кут m), %	Положення стопи (кут h), %
Приведене	18	91
Середнє	36	9
Відведене	45,5	0

**Висновки.** Морфологічні та антропометричні обстеження стоп поранених з односторонньою ампутацією нижньої кінцівки виявили зміни параметрів, що потрібно враховувати при побудові внутрішньої форми взуття з урахуванням корегуючої устілки для розвантаження відповідних відділів стопи. Взуття для пацієнтів з односторонньою ампутацією повинно відповідати формі і розміру стопи, бути раціональним, розвантажувати передній та п'яtkовий відділи стопи, сприяти корегуванню дефектів і деформацій. Адже кожна людина має право на комфорт і впевнену ходу.

**Література**

1. Доповідь Верховного комісара ООН з прав людини щодо ситуації з правами людини в Україні. Прес-реліз за підсумками 17-го звіту управління. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.ohchr.org/Documents/Countries/UA/UA\\_Report](http://www.ohchr.org/Documents/Countries/UA/UA_Report)

**References**

1. Report of the UN High Commissioner for Human Rights on the situation of human rights in Ukraine. Press release on the results of the 17th report management. [Electronic resource] - Access: <http://www.ohchr.org/Documents/Countries/UA/>

17th\_EN.pdf – Назва з домашньої сторінки Інтернету.  
2. РІА Новини України від 15.03.2017 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://rian.com.ua/incidents/20170315/1022274516.html>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.  
3. Державні гарантії соціального захисту учасників антитерористичної операції, Революції Гідності та членів їх родин: стан і перспективи / Доповідь заступника Міністра соціальної політики України Іванкевича В.В. КМУ від 05.10.2016 р. м. Київ. – С. 26.  
4. Гур'єв С.О. Клініко-нозологічна та клініко-анатомічна характеристика постраждалих із мінно-вибуховою травмою на ранньому госпітальному етапі надання медичної допомоги в умовах сучасних бойових дій / С. О. Гур'єв, Д. І. Кравцов, А. В. Ордатій, В. Є. Казачков, О. Л. Гончаров, Д. В. Бондарь // Харківська хірургічна школа. – 2016. - № 3. – С. 115-117.  
5. Гур'єв С.О. Мінно-вибухова травма внаслідок сучасних бойових дій на прикладі антитерористичної операції на Сході України. Повідомлення 1. Клініко-епідеміологічна характеристика постраждалих із мінно-вибуховою травмою на ранньому госпітальному етапі надання медичної допомоги / С. О. Гур'єв, Д. І. Кравцов, В. Є. Казачков, А. В. Ордатій // Травма. – 2015. – Т. 16 - № 6. – С. 5-8.  
6. Cummings Benjamin. Human Anatomy & Physiology [Text] / B. Cummings. –2006.  
7. Неттер Ф. Атлас анатомії людини (переклад Цегельський А.А.). Львів: Наутілус, 2004 – с.592.  
8. Коновал В.П. Теоретические и практические основы создания и фиксации формы обуви [Текст] : дис... д-ра техн. наук: 05.19.06: захищена 1994 / Коновал Віктор Павлович. – К., 1994. –321 с.

UAReport17th\_EN.pdf - Name of the Internet home page. [in Ukrainian]  
2. RIA News of Ukraine from 15.03.2017 p. [Electrical resource] Access mode: <http://rian.com.ua/incidents/20170315/1022274516.html>. - The name of the home page of the Internet. [in Ukrainian]  
3. The state guarantees social protection of participants of the antiterrorist operation, Revolution dignity and their families: Status and Prospects. Report of the Deputy Minister of Social Policy of Ukraine V. Ivankevych CMU from 10.05.2016 p. Kyiv. P. 26. [in Ukrainian]  
4. Guriev S., Kravtsov D.I., Ordatiy A.V., Kazachkov V., Goncharov O.L., Bondar D.V. (2016) [Clinical nosology and clinical and anatomical characteristics of victims of mines and explosive injury in early hospital phase of care in today's fighting]. Kharkiv surgical school. no.3. P. 115-117. [in Ukrainian]  
5. Guriev S., Kravtsov D.I., Kazachkov V.E., Ordatiy A.V. (2015) [Mine-blast injuries due to fighting modern example of anti-terrorist operation in eastern Ukraine. Messages 1. Clinical and epidemiological characteristics of victims of mines and explosive injury in early hospital phase of care] Injury. Vol. 16. No. 6. P. 5-8.  
6. Cummings Benjamin. Human Anatomy & Physiology (2006) B. Cummings.  
7. Netter F. (2004) Atlas of Human Anatomy (translation Tsehelsky AA). Lviv: Nautilus. p.592. [in Ukrainian]  
8. Konoval V.P. (1994) [Theoretical and practical foundations of creating and fixing the shape of shoes] dis.dr. tehn. Sciences. p.321.

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТОП РАНЕННЫХ ПРИ ОДНОСТОРОННЕЙ АМПУТАЦИИ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

ГОНДАРЧУК П. М., ПЕРВАЯ Н.В., ВЛАСЕНКО А. Ю.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Раскрыть актуальность и определить изменения параметров стоп при морфологических и антропометрических исследованиях стоп раненых с односторонней ампутацией нижней конечности, дать рекомендации по построению внутренней формы обуви с учетом корректирующей стельки для разгрузки соответствующих отделов стопы.

**Методика.** Использована методика исследования морфологических и антропометрических параметров стоп раненых с односторонней ампутацией нижней конечности. Определены основные антропометрические параметры нормальных стоп при сохранившихся конечностях и при односторонней ампутации конечности, рассчитанные с помощью графических и статистико-математических методов.

**Результаты.** В результате исследования выявлены: причины потери конечности, болевые симптомы, углы установки стопы и пятки, изменения параметров и формы стопы при односторонней ампутации конечности. Проведена сравнительная характеристика нормальной стопы с условно средне-типичной стопой при односторонней ампутации нижней конечности раненых.

**Научная новизна.** Получены морфологические и антропометрические параметры стоп раненых при односторонней ампутации нижних конечностей и выявлены их патологические изменения.

**Практическая значимость.** Предложенные результаты исследования могут использоваться при построении внутренней формы обуви и для реабилитации конечностей раненых с решением их социальной адаптации.

**Ключевые слова:** морфологические и антропометрические исследования стоп, односторонняя ампутация, участники антитеррористической операции.

**THE STUDIES OF ANTHROPOMETRIC AND MORPHOLOGICAL  
PARAMETERS OF THE FEET OF WOUNDED  
WITH UNILATERAL AMPUTATION OF THE LOWER LIMB  
GONDARCHUK P.M. PERVAIY N.V., VLASENKO A.Y.**

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Purpose.** To show relevance and determine the changes in the parameters of the feet of wounded with unilateral amputation of the lower limb. To give recommendations on the construction of the internal form of footwear with a correcting insole for unloading the relevant parts of the foot.

**Methodology.** The method of morphological and anthropometric studies of the legs parameters was used for wounded with unilateral amputation of the lower limb. Anthropometric parameters of normal feet with preserved extremities and with unilateral limb amputation were determined. The parameters were calculated using graphical and statically-mathematical methods.

**Findings.** Causes of limb loss, pain symptoms, setting angles of the foot and heel, changes in the parameters and shape of the foot with unilateral limb amputation were identified. The comparative characteristic of a normal foot with a conventionally average foot of wounded with unilateral amputation of the lower limb was performed.

**Originality.** Identified the pathologic changes in the feet of wounded with unilateral amputation of the lower limb.

**Practical value.** The results of the study can be used to build the internal form of shoes, in the process of rehabilitation and social adaptation wounded with unilateral amputation of the lower limb.

**Keywords:** morphological and anthropometric studies the feet, unilateral amputation of the lower limb, participants in the antiterrorist operation.

УДК 677.07:536.2

КУРГАНСЬКА М.М. \*, ВАСИЛЕНКО В.М. \*,  
КУРГАНСЬКИЙ А.В. \*, САКОВЕЦЬ В.В.\*\* , МАЛІЙ А.О.\*\* ,  
ОПАНАСЕНКО К.В.\*

\* Київський національний університет технологій та дизайну

\*\* Головне управління розвитку та супроводження матеріального забезпечення ЗСУ

## ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІЗОЛЯЦІЇ КОМПЛЕКТІВ ОДЯГУ В УМОВАХ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

**Мета.** Визначення впливу динамічних чинників на ізоляцію комплектів одягу в умовах низьких температур при зниженні компенсаторних втрат.

**Методика.** Аналітичний огляд та систематизація науково-технічної інформації щодо визначення динамічної характеристики ізоляції комплектів одягу та враховуючи ДСТУ Б EN ISO 7730, ISO 9920.

**Результати.** Проаналізовано вплив рухів людини, швидкості вітру та кута його впливу при визначенні динамічної характеристики ізоляції, також вплив кількості шарів комплекту на продуктивність виконання завдань.

**Наукова новизна.** Запропоновано шляхи удосконалення процесу проектування комплектів спеціального одягу, що враховують ефекти зміни динамічних характеристик ізоляції та коригуючі коефіцієнти руху повітря у пакетах та рух тіла людини.

**Практична значимість.** Прискорення прогнозування максимального часу перебування в умовах низьких температур. Рекомендації щодо удосконалення існуючих спеціальних комплектів для захисту від холоду.

**Ключові слова:** комфорт, спеціальний одяг, захист від холоду, динамічна характеристика ізоляції.

**Вступ.** Базовою функцією одягу для захисту від холоду є захист працівника від надмірної втрати тепла, розширення діапазону терморегуляторного контролю організму та зменшення метаболічної вартість терморегуляції. При цьому потрібно враховувати фізичну активність людини, кліматичні умови, в яких передбачається його експлуатація. Відповідно, не допускається перегрів людини, накопичення вологи у підодяговому просторі, відсутність регулювання ізоляції комплекту.

Розглядаючи засоби захисту працівника від негативного впливу низьких температур, які відокремлюють людину від оточуючого середовища, не можливо нівелювати їх впливом на організм суб'єкту. Також важливим аспектом є біофізика спеціальних захисних комплектів. Сучасним поглядом є поділення досліджень на лабораторні та польові етапи, відповідно, з використанням обладнання та участю людей (рис.1) [1]. Нажаль переважна більшість розробок та робіт з удосконалення існуючих комплектів одягу спеціального призначення проводяться оминаючи рівні 2,4,5. Рішення фізіолого-гігієнічних питань здебільшого, а також питань біофізики, підміняється результатами анкетного опитування, що є вкрай суб'єктивним.

Безперечно захист від холоду не обмежується лише використанням одягу, тому потребує розгляду повний комплект захисного спорядження з точки зору його єдності як комплексу. Урахування впливу кількісних та якісних показників всіх складових елементів дозволить оперативно прогнозувати час безперервного використання комплектів та проводити фізіолого-гігієнічне їх обґрунтування.

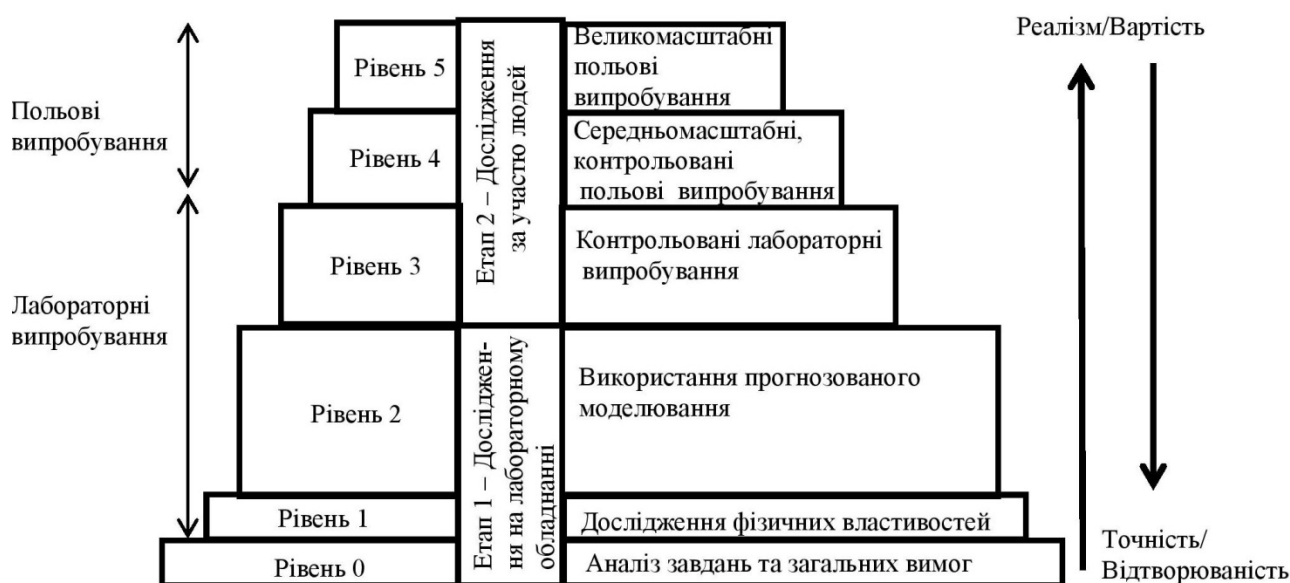


Рис. 1. Шість етапів при розробці та оцінці комплектів одягу [1]

На величину теплового опору одягу впливають такі основні чинники: температура повітря; вітер; повітропроникність пакета матеріалів; інтенсивність м'язової роботи, яка визначається енерговитратами людини; час перебування на холоді (відкритому повітрі), зріст, маса, поверхня тіла, вік людини та ін.

Сучасні дослідження щодо ефективності термоізоляційного шару, його властивостей базуються на встановленні величин ректальної температури тіла, середньозваженої температури шкіри, вологовтрат, середньої температури шкіри тощо. Коректне визначення цих величин у польових умовах буде ускладнене значною кількістю датчиків, дротів під одягом і, відповідно, ресурсами енергозабезпечення, що при довготривалих дослідженнях призводить до анулювання результатів, через зброї у системі «військовослужбовець-підсистема біофізичного моніторингу».

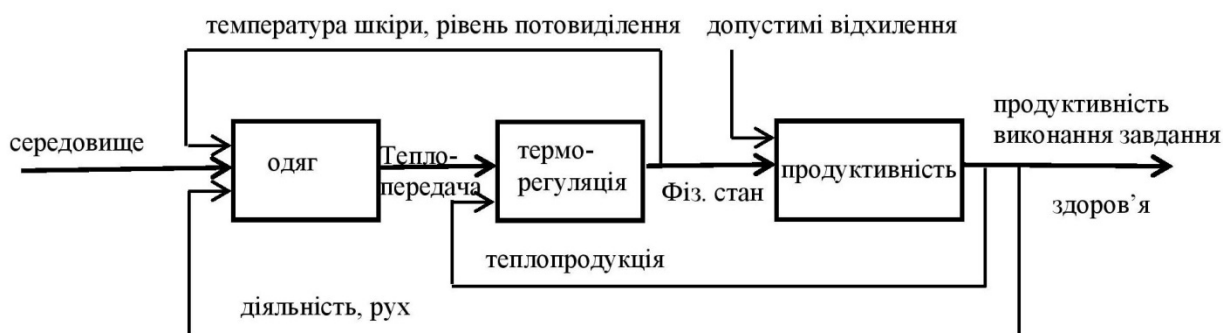


Рис. 2. Загальна схема розрахункових кроків щодо взаємодії навколишнього середовища, одягу та активності [2]

Дослідження вказують [2], що витрати енергії на виконання завдання збільшуються приблизно на 4% для кожного шару одягу. Таким чином, кількість шарів одягу повинна бути мінімальною.

Тому слід запропонувати алгоритм визначення реального термічного стану людини спираючись на розташуванні датчиків температури та відносної вологості найближче до

першого зовнішнього захисного пакету, чи шару матеріалу [3]. Відповідно необхідно оптимізувати кількість датчиків при максимальній точності мапи меж комфортності у реальному часі.

**Постановка завдання.** На теперішній час відсутні нормативи щодо комплектів одягу для різних погодних умов з урахуванням нових матеріалів, що застосовуються при виготовленні одягу спеціального призначення, як це вже є у країн-учасників та партнерів НАТО [4]. Слід також враховувати вплив інтенсивності рухів людини на метаболізм суб'єкту та, відповідно, враховувати вагомість застосування показника максимальної аеробної продуктивності при відборі суб'єктів для проведення досліджень та оцінювання ступеню їх тотожної навантаження під час руху [5].

Проведення досліджень у динаміці, включно з рівнем 2, супроводжується суттєвим впливом вітру та рухливості людини на опір теплопередачі одягу (ДСТУ Б EN ISO 7730), що вимагає застосування коригувальних коефіцієнтів [6]. Також слід враховувати направленість вітру відносно спини людини.

У більшості типів комплектів одягу є отвори (наприклад, коміри, манжети), через які відбувається певний повітряний обмін з навколишнім середовищем. Коли робота виконується, цей повітряний обмін може збільшитись або зменшитись [7]. Крім того, одяг може бути стиснений вітром, що зменшує його товщину, і вітер може проникати через тканини або отвори та збільшити обмін повітря мікроклімату з зовнішнім середовищем (рис.3).

**Результати дослідження.** При дванадцяти сегментарній циліндричній моделі тіла людини [8] симетричні половини тіла розглядаються як один сегмент. Кожен сегмент може бути додатково розділений на підсегменти, якщо це необхідно, так що кожен сегмент складається з частини поверхні тіла, яка має рівномірну температуру та рівномірно одягнена. Слід також враховувати локальні коефіцієнти з метою уникнення локального охолодження, що враховують величину необхідної ізоляції. Одномірні розрахунки теплообміну проводяться для визначення втрат тепла від кожного підсегменту за допомогою:

$$\dot{Q}_T = A_i \frac{(T_{si} - T_a)}{R_i},$$

де  $\dot{Q}_T$  - швидкість втрати тепла для підсегменту  $i$ ;  $A_i$  - площа поверхні шкіри для підсегменту  $i$ ;  $T_{si}$  - температура шкіри для підсегменту  $i$ ;  $T_a$  - температура повітря навколишнього середовища;  $R_i$  - термічний опір повітряних шарів та підсегменту ізоляції одягу  $i$ .

Термічний опір визначається як сума окремих опорів підсегментів одягу:

$$R_i = A_o \left[ \sum_{j=1}^n \left( \frac{R_{aj}}{A_{j-1}} + \frac{R_{cj}}{A_j} \right) \right] + \frac{R_a}{A_n},$$

де  $R_i$  - термічна стійкість повітряних шарів та ізоляційного підсегменту одягу  $j$ ;  $A_o$  - площа поверхні шкіри;  $R_{aj}$  - термостійкість  $j$ -го повітряного шару;  $R_{cj}$  - термостійкість  $j$ -го шару тканини;  $A_j$  - площа поверхні для  $j$ -го шару тканини;  $R_a$  - термостійкість зовнішнього повітряного шару;  $n$  - кількість шарів тканини.

Модель також обчислює теплову стійкість повітряного шару:

$$R_{aj} = \frac{1}{h_R + h_a/h_{aj}}$$

де  $R_{aj}$  - термостійкість  $j$ -го повітряного шару;  $h_R$  - коефіцієнт лінійного опромінення, який припадає на пряме випромінювання між шарами;  $h_a$  - теплопровідність повітря;  $h_{aj}$  - товщина  $j$ -го повітряного шару.

Авторами [7,9] запропоновані алгоритми корекції значень ізоляції для ефектів руху повітря та руху тіла (швидкість рухів людини).

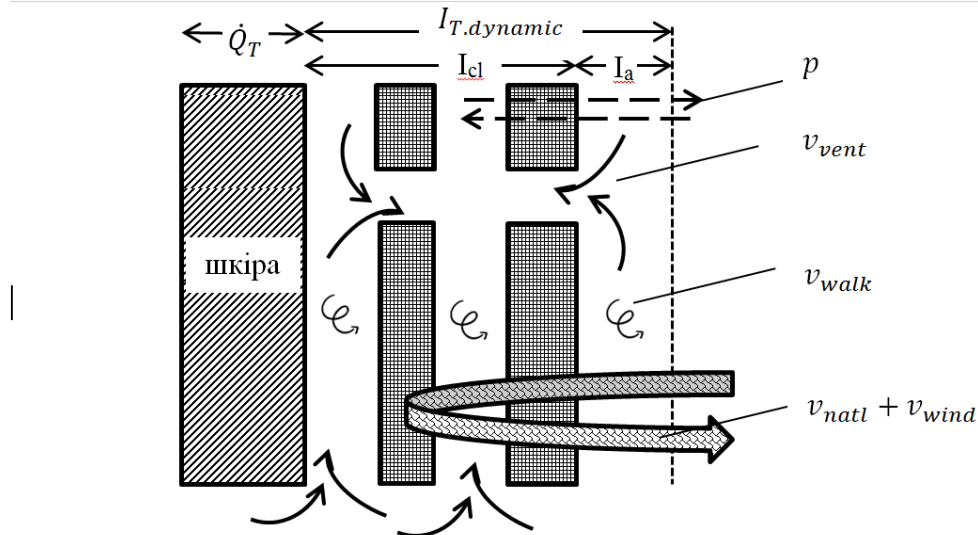


Рис. 3. Динамічна модель ізоляції одягу [10]

Проведення досліджень на другому етапі (зі використанням людей) потребує врахування їх фізичних параметрів. Авторами [11] запропоновано рівняння для визначення загальної площі поверхні тіла  $A_D$ ,  $m^2$ :

$$A_D = 0,007184 \times H_t^{0,725} \times W_t^{0,425},$$

де  $H_t$  - зріст людини, м;  $W_t$  - обхват тіла людини, м

При цьому визначення необхідної величини термоізоляції у статиці визначається рівнянням:

$$I_{T,static} = \frac{A_T(\bar{T}_s - T_a)}{\dot{Q}_T} C,$$

де  $I_{T,static}$  - загальна ізоляція одягу з урахуванням повітряного шару, clo;  $A_T$  - загальна площа поверхні тіла,  $m^2$ ;  $\bar{T}_s$  - усереднена температура шкіри,  $^{\circ}C$ ;  $T_a$  - температура повітря навколишнього середовища,  $^{\circ}C$ ;  $\dot{Q}_T$  - загальна швидкість втрати тепла для тіла;  $C$  - константа,  $6,45 \text{ clo} \times \text{Вт}/\text{м}^2 \times ^{\circ}C$ .

Коли рух людини відбувається навпроти вітру, відносна швидкість повітря для людини визначається сумою швидкості руху людини та повітря. З вітром зі спини відносна швидкість повітря є абсолютною величиною різниці між швидкістю руху людини і вітру. Для всіх інших кутів швидкість повітря може бути розрахована як (ISO 9920):

$$v_{wind} = \sqrt{[v_{walk} - v_a \times \cos(\alpha)]^2 + [v_a \times \sin(\alpha)]^2},$$

де  $v_a$  - абсолютна швидкість повітря,  $m \times s^{-1}$ ;  $v_{walk}$  - швидкість руху,  $m \times s^{-1}$ ;  $\alpha$  - кут між напрямом руху людини та повітря ( $0^{\circ}$ , якщо обидва розташовані в одному напрямку).

$$v_{eff} = v_{natl} + v_{wind},$$

де  $v_{natl}$  - швидкість вітру природної конвекції ( $= 0.07 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$  при сидінні і  $0.11 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$  при стоянні), зовнішня швидкість вітру ( $\text{м} \times \text{с}^{-1}$ ),  $v_{wind}$  - еквівалентна швидкість руху повітря ( $\text{м} \times \text{с}^{-1}$ ).

Швидкість руху людини ( $v_{walk}$ ,  $\text{м} \times \text{с}^{-1}$ ), яка може бути визначено рівнянням 12,13]:

$$v_{walk} = \frac{0,47}{1056 + F \times H - 0,114} \times 0,44704,$$

де  $F$  - частота кроків, кроки/хв;  $H$  - зріст людини, м.

Зауважимо, що чим більша швидкість вітру тим менший ефект від рухів людини [14]. Для спеціального захисного одягу від понижених температур (при  $1,49 \text{ кло} < I_T < 3,46 \text{ кло}$ ) рівняння для визначення результуючої динамічної характеристики ізоляції  $I_{T,r}$  буде мати вигляд:

$$I_{T,dynamic} = corr I_T \times I_{T,static} = \\ = \left[ e^{-\{-0,0512 \times (v_{eff} - 0,4) + 0,794 \times 10^{-3} (v_{eff} - 0,4)^2 - 0,0639 \times v_{walk}\} \times p^{0,1434}} \right] \times I_{T,static},$$

де  $v_{eff}$  - швидкість вітру відносно людини,  $\text{м} \times \text{с}^{-1}$ ;  $w$  - швидкість руху людини,  $\text{м} \times \text{с}^{-1}$ ;  $p$  - повітропроникність,  $\text{л} \times \text{м}^{-2} \times \text{с}^{-1}$  (ДСТУ ENV 342-2001). Умовами рівняння є:  $0 < v_{walk} < 1,2 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$  і  $0,4 < v_{eff} < 182 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$ ;  $1 < p < 1000 \text{ л} \times \text{м}^{-2} \times \text{с}^{-1}$ ;  $r^2 = 0.968$ ;  $SEE = 0.048$ .

Також слід визначити базову ізоляцію комплекту одягу (при  $0,2 \text{ кло} > I_{cl} < 1,8 \text{ кло}$ ) за допомогою наступних емпірично визначених зав'язків (ISO 9920):

$$I_{cl} = 0,919 + 0,255 \times m - 0,00874 \times A_{COV,0} - 0,00510 \times A_{COV,1},$$

де  $I_{cl}$  - внутрішня ізоляція одягу, кло;  $m$  - вага одягу (без взуття), кг;  $A_{COV,0}$  - площа поверхні тіла, не покрита одягом, у відсотках від загальної площі поверхні тіла;  $A_{COV,1}$  - площа поверхні тіла, покрита одиничним шаром одягу, як відсоток від загальної поверхні тіла.

Слід також враховувати, що запропоновані вирази не враховують суб'єктивний тепловий комфорт, у цьому випадку допускаються незначні доповнення до комплектів.

**Висновки.** Прогнозування динамічних характеристик ізоляції комплектів одягу в умовах низьких температур дозволить підвищити надійність виконання точних операцій та оптимізувати компенсаторні заходи одразу після виконання завдань. Застосування даного методу дозволить досягти прискореного прогнозування максимального часу перебування в умовах низьких температур при невідомих чи не коректних біофізичних характеристиках пакетів.

#### Література

1. Havenith G. Laboratory assessment of cold weather clothing // Textiles for cold weather apparel, Woodhead Publishing in Textiles. – 2009. – P. 217-243.
2. Lotens W. A. Heat transfer from humans wearing clothing : дис. – TNO, 1993.
3. Курганський А. В. Принцип зонально-диференційованого розташування елементів бездротових сенсорних мереж моніторингу

#### References

1. Havenith G. (2009) [Laboratory assessment of cold weather clothing]. Textiles for cold weather apparel, Woodhead Publishing in Textiles. P. 217-243. [In English]
2. Lotens W. A. (1993) [Heat transfer from humans wearing clothing ] TNO, 1993. [In English]
3. Kurganski A.V., Bereznenko S.M., Kurganska M.M. (2016) *Pryntsyp zonalno-dyferentsiiovanoho roztašuvannia elementiv bezdrotovykh sensorykh*

мікроклімату під одягом / А. В. Курганський, С. М. Березненко, М. М. Курганська // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. - 2016. - № 5 (102). - С. 118-125.

4. Ducharme M. B., Brajkovic D. Guidelines on the risk and time to frostbite during exposure to cold winds. – Defence research and development Toronto (CANADA), 2005.

5. Курганська М. М. Оцінювання сумісності елементів перспективних комплектів бойового спорядження: аеробна продуктивність організму суб'єктів / М. М. Курганська, С. М. Березненко, А. О. Малій, А. В. Курганський, В. М. Василенко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. - 2017. - № 1 (106). - С. 59-65.

6. Havenith G. Heat balance when wearing protective clothing //Annals of Occupational Hygiene. – 1999. – Т. 43. – №. 5. – С. 289-296.

7. Havenith G. et al. Clothing evaporative heat resistance-proposal for improved representation in standards and models //Annals of Occupational Hygiene. – 1999. – Т. 43. – №. 5. – P. 339-346.

8. Holmér I. et al. Clothing convective heat exchange—proposal for improved prediction in standards and models //Annals of Occupational Hygiene. – 1999. – Т. 43. – №. 5. – С. 329-337.

9. McCullough E. A., Jones B. W., Huck J. A comprehensive data base for estimating clothing insulation //Ashrae Trans. – 1985. – Т. 91. – №. 2. – P. 29-47.

10. Parsons K. C. et al. The effects of wind and human movement on the heat and vapour transfer properties of clothing //Annals of Occupational Hygiene. – 1999. – Т. 43. – №. 5. – P. 347-352.

11. Potter A. W. et al. Mathematical prediction of core body temperature from environment, activity, and clothing: The heat strain decision aid (HSDA) //Journal of Thermal Biology. – 2017. – Т. 64. – P. 78-85.

12. Hong S. M. Hong's Psychological Reactance Scale: A further factor analytic validation //Psychological Reports. – 1992. – Т. 70. – №. 2. – P. 512-514.

13. Pan N., Gibson P. (ed.). Thermal and moisture transport in fibrous materials. – Woodhead Publishing, 2006.

14. Havenith G., Nilsson H. O. Correction of

*meresh monitorynhu mikroklimatu pid odiahom* [The principle of area-differentiated arrangement of wireless sensor network for microclimate monitoring under clothing space] BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical Science Series». no. № 5 (102). P. 118-125. [in Ukrainian]

4. Ducharme M. B., Brajkovic D. (2005) [Guidelines on the risk and time to frostbite during exposure to cold winds] Defence research and development Toronto (CANADA). [In English]

5. Kurganska M.M., Berezenko S.M., Maliy A.O., Kurhanskyi A.V., Vasylenko V.M. (2017) *Otsiniuvannia sumisnosti elementiv perspektyvnykh komplektiv boiovoho sporiadzhennia: aerobna produktyvnist orhanizmu sub'iektiv* [The future combat uniform systems: interoperability evaluation of subsystems with soldier's aerobic capacity] BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical Science Series». no. 1 (106). P. 59-65. [in Ukrainian]

6. Havenith G. (1999) [Heat balance when wearing protective clothing] Annals of Occupational Hygiene. T. 43. no. 5. P. 289-296. [In English]

7. Havenith G. et al. (1999) [Clothing evaporative heat resistance-proposal for improved representation in standards and models] Annals of Occupational Hygiene. T. 43. no. 5. P. 339-346. [In English]

8. Holmér I. et al. (1999) [Clothing convective heat exchange-proposal for improved prediction in standards and models] Annals of Occupational Hygiene. T. 43. no. 5. P. 329-337. [In English]

9. McCullough E. A., Jones B. W., Huck J. (1985) [A comprehensive data base for estimating clothing insulation] Ashrae Trans. T. 91. no. 5. P. 29-47. [In English]

10. Parsons K. C. et al. (1999) [The effects of wind and human movement on the heat and vapour transfer properties of clothing] Annals of Occupational Hygiene. T. 43. no. 5. P. 347-352. [In English]

11. Potter A. W. et al. (2017) [Mathematical prediction of core body temperature from environment, activity, and clothing: The heat strain decision aid (HSDA)] Journal of Thermal Biology. T. 64. P. 78-85. [In English]

12. Hong S. M. (1992) [Hong's Psychological Reactance Scale: A further factor analytic validation] Psychological Reports. T. 70. no. 2. P. 512-514. [In English]

13. Pan N., Gibson P. (ed.). (2006) [Thermal and moisture transport in fibrous materials]. Woodhead Publishing. [In English]

14. Havenith G., Nilsson H. O. (2004) [Correction of

clothing insulation for movement and wind effects, a meta-analysis // European journal of applied physiology. – 2004. – Т. 92. – №. 6. – P. 636-640.

clothing insulation for movement and wind effects, a meta-analysis] European journal of applied physiology. Т. 92. no. 6. P. 636-640. [In English]

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОЛЯЦИИ  
КОМПЛЕКТОВ ОДЕЖДЫ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**  
КУРГАНСКАЯ М.Н. \* ВАСИЛЕНКО В.Н. \* КУРГАНСКИЙ А.В. \*, САКОВЕЦ В.В. \*\*,  
МАЛИЙ А.О.\*\*\*, ОПАНАСЕНКО К.В. \*

\*Киевский национальный университет технологий и дизайна

\*\* Главное управление развития и сопровождения материального обеспечения ВСУ

**Цель.** Определение влияния динамических факторов на изоляцию комплектов одежды в условиях низких температур при снижении компенсаторных потерь.

**Методика.** Аналитический обзор и систематизация научно-технической информации по определению динамической характеристики изоляции комплектов одежды в соответствии с ДСТУ Б EN ISO 7730, ISO 9920.

**Результаты.** Проанализировано влияние движений человека, скорости ветра и угла его влияния при определении динамической характеристики изоляции, также влияние количества слоев на производительность выполнения задач.

**Научная новизна.** Предложены пути совершенствования процесса проектирования комплектов специальной одежды, учитывающие интенсивность охлаждающего фактора, эффекты изменения динамических характеристик изоляции и корректирующие коэффициенты движения воздуха в пакетах и движения тела.

**Практическая значимость.** Ускорение прогнозирования максимального времени пребывания в условиях низких температур. Рекомендации по совершенствованию существующих специальных комплектов для защиты от холода.

**Ключевые слова:** смарт одежда, специальная одежда, комфортность, беспроводные сенсорные сети, мониторинг микроклимата.

**PREDICTION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THERMAL INSULATION  
PROPERTIES OF WINTER CLOTHING SETS**  
KURGANSKA M.M. \*, VASILENKO V.M. \*, KURGANSKIY A.V. \*, SAKSOVETS V.V. \*\*,  
MALII A.O.\*\*\*, OPANASENKO K.V. \*

\* Kiev National University of Technologies and Design

\*\* General Directorate for Development and Monitoring of Material Support of the Armed Forces of Ukraine

**Purpose.** Determination of the influence of dynamic factors on thermal insulation properties clothing sets in low-temperature conditions while reducing compensatory losses.

**Methodology.** Analytical review and systematization of scientific and technical information on determining the dynamic characteristics of clothing isolation in accordance with DSTU B EN ISO 7730, ISO 9920.

**Findings.** The influence of human movements, wind speed and the angle of its influence on the determination of the dynamic characteristics of insulation, as well as the influence of the number of layers on the performance of the tasks, is analyzed.

**Scientific novelty.** The ways of improving the process of designing special clothing sets which take into account the effects of changes in the dynamic characteristics of insulation and corrective coefficients of air motion in packages and body movement are proposed.

**Practical value.** Acceleration of prediction of the maximum time of exposure in conditions of low temperatures. Recommendations for the improvement of existing special kits for protection from the cold.

**Keywords:** comfort, special clothes, protection from cold, dynamic characteristics of isolation.

УДК 675.62:687.18

**ПРОДАНЧУК І.В.\*, МОРОЗ О.С.\*\***

\*Київський національний університет технологій та дизайну

\*\*Північноамериканський Хутровий Аукціон (NAFA)

## **АНАЛІЗ ДИЗАЙН-ПРОЕКТУВАННЯ ЖІНОЧИХ ЖИЛЕТІВ З НАТУРАЛЬНОГО ХУТРА**

**Мета.** Метою дослідження є підбір та безпосередньо створення сучасних та стильних жіночих жилетів з використанням натурального хутра з урахуванням особливостей типу фігур.

**Методика.** Основою для дослідження обрані періодичні видання модного спрямування, праці фахівців з дизайн-проектування одягу із хутра, покази мод та маркетингові дослідження споживачів. Обґрунтовується доцільність методу комбінаторики, що впливатиме на ефективність використання хутра в поєднанні його з різними матеріалами.

**Результати.** У роботі проаналізовані існуючі класифікації жіночих типів фігур для раціонального розташування хутра в залежності від довжини волосяного покриву; визначення видів хутра, що доцільно поєднуюватиметься з виробом, використовуючи метод комбінаторики; визначення місця розташування хутра у виробі, що слугуватиме основою декору, враховуючи різні типи жіночих фігур.

**Наукова новизна.** Встановлено взаємозв'язок між різновидами інноваційних технологій хутряною обробкою і особливостями жіночих типів фігур при дизайн-проектуванні нових моделей жіночих жилетів з хутра.

**Практична значимість.** Набуло подальшого розвитку проектування хутряних жіночих жилетів на основі визначення оптимального підбору матеріалів для створення виробу, обравши вид хутра, як основний елемент декору, що впливатиме на естетичний вигляд та економічні витрати жіночих жилетів з натурального хутра.

Використовуючи метод комбінаторики, розроблена багатофункціональна матриця варіантів розміщення шкурок на стані, або розміщення хутра у вигляді елемента оздоблення декору виробу, який поєднує хутро з різними матеріалами з урахуванням типу фігури.

**Ключові слова:** комбінаторика, хутряні вироби, типи фігур, жіночі жилетки із хутра, дизайн проектування хутряних виробів.

**Вступ.** При виготовленні одягу фахівці прагнуть створити зразки зручних, красивих, практичних хутряних жіночих жилеток. Композиція виробів будується таким чином, щоб підкреслити природну красу хутра. Композиційне рішення одягу з натурального хутра обумовлена властивостями як волосяного покриву (висотою, кольором, пишністю, блиском, малюнком), так і шкірою (товщиною, жорсткістю, щільністю, міцністю) [1].

З хутра з пишним і високим волосяним покривом проектують вироби прямих або напівприлеглих силуетів, без декоративних елементів. Хутро з коротким волосяним покривом придатне для створення різноманітних і чітких композиційних рішень одягу, використання декоративних елементів (кишень, хлястиків та ін.). Зі шкур з товстої шкірою проектують вироби простих форм, а зі шкур з тонкою шкірою, яка добре драпірується, можна створювати вироби будь-яких силуетів, м'яких форм [2]. На даний час дослідження у дизайн проектуванні виробів із хутра достатньо не проводились. Часткову інформацію з історії створення одягу їх хутра, про існуючі сьогодні модні тенденції, інноваційні методи проектування і моделювання в цій галузі, можна знайти лише в зарубіжних спеціалізованих журналах «Pellic Moda» (Італія), «Saga Magazine» (Данія), «Fur» (Німеччина), а також «Хутра світу», «Світ шкіри та хутра», «Хутра і мода».

Зацікавленість до інноваційних технологій, а особливо до методу комбінаторики у сфері вітчизняного виробництва, а також до дизайн-проектування виробів із хутра викликає необхідність звернення до теоретичних та практичних досліджень у цій галузі.

Використовування методу комбінаторики в інноваційних технологіях, конструювання, а також моделювання виробів з хутра, дають необмежені стилістичні можливості для широкої сфери діяльності технолога, конструктора, а також дизайнера. Саме тому ці методи активно впроваджуються в життя провідними фахівцями підприємств хутряної промисловості.

Таким чином, в даний час є особливо актуальним завдання дослідження інноваційних методів дизайн-проектування та розробки багатофункціональної матриці по розміщенню хутряної обробки на стані жилетів, використовуючи метод комбінаторики з урахуванням типів жіночих фігур. Результати даного дослідження можуть бути ефективними при створенні вітчизняних виробів з хутра, адже вони володіють високими споживчими якостями і здатні витримати конкуренцію на сучасному ринку.

**Постановка завдання.** Дизайн-проектування жіночих жилетів із натурального хутра, як і одягу з текстильних матеріалів, включає процеси інноваційних технологій, конструювання, моделювання, художнє оздоблення та виготовлення. В процесі виготовлення враховуються такі умови: перспективний напрямок моди і сучасний технічний рівень обробки сировини хутряного напівфабрикату; кушніре виробництво; інноваційні технології; відповідність виробів їх цільовим призначенням; умовам експлуатації; застосовуваних матеріалів і хутряних напівфабрикатів новим призначенням виробів; їх форми. Завдання включає наступні етапи: по-перше – проведення аналізу особливостей існуючих типів фігур, по-друге – розробку рекомендацій по розташування оздоблення із хутра на стані жилеток на окремих ділянках тіла відносно типу фігури, по-третє – розробку матриці розташування хутра на стані жіночих жилеток з урахуванням типу фігур.

**Результати дослідження.** В хутряній промисловості на етапі проектування широке застосування може знайти комбінаторика. Як показує практика і аналіз науково-технічних джерел, використання принципів комбінаторики при розробці нових моделей виробів з хутра є найбільш ефективним. Отже за модними тенденціями 2016-2017 рр. хутряні жіночі жилетки виготовляють в основному прямого, напівприлеглого, іноді вільного силуетів. Для дотримання пропорцій модного силуету жіночих жилеток з натурального хутра, їх виготовляють різної довжини в залежності від типу фігури та виду хутра [3]. При цьому використовуються практично всі види напівфабрикатів, за винятком шкурор камчатського бобра, вовка, ведмедя.

На першому етапі дизайн-проектування жіночих жилеток із хутра були проаналізовані існуючі типи фігур та їх особливості. Як відомо, правильний підбір одягу дозволяє ефективно виправляти силует фігури. Фахівці виділяють всього п'ять типів жіночої фігури (рис.1). Кожен з них визначається за трьома основними елементами: обсяги грудей, талії, стегон. Залежно від більшого чи меншого розміру однієї або двох з цих частин тіла, визначають типи: пісочний годинник (рис. а), прямокутник (рис. б), трикутник (рис. в), перевернутий трикутник (рис. д), овал (рис. ж). При цьому най гармонійним вважається тип «пісочний годинник». Інші типи в рівній мірі вимагають ретельного та уважного коригування природних даних.

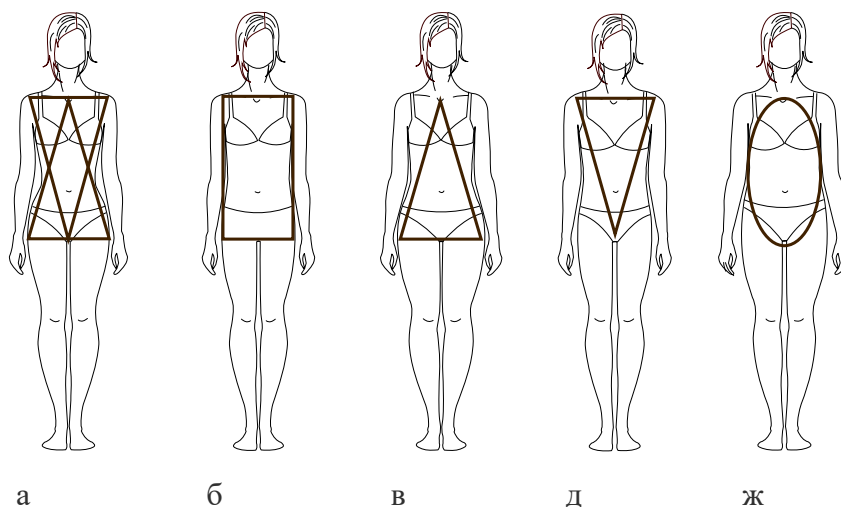


Рис. Типи жіночих фігур: а – пісочний годинник, б – прямокутник, в – трикутник, д – перевернутий трикутник, ж – овал

**Тип фігури «пісочний годинник»** (рис. а) вважається ідеальною. Цей тип відноситься до жінок з однаковим об'ємом грудей і стегон, при добре вираженій лінії талії. Основні характеристики фігури «пісочний годинник»: пропорційні стегна і плечі; різко виділяється талія, яка не зникає навіть при сильній повноті. Жінки з фігурою «пісочний годинник», як правило, мають досить округлий бюст і сідниці; плавні лінії силуету (відсутність «хлоп'ячих» гострих плечей і ліктів), всі форми округлі і жіночні. Силует жилеток за типом фігури «пісочний годинник» може бути практично будь-який, за винятком того, який приховує її гідність [4].

**Тип фігури «прямокутник»** (рис. б). Власниць таких форм видає пряма, майже непомітна талія і плоскі сідниці. Плечі і стегна однакової ширини, а весь силует має трохи огрядний вид. Однак при нормальній вазі, коли на тілі немає зайвих жирових відкладень, така фігура виглядає чудово. Для жінки з типом фігури «прямокутник» характерні: пряма талія; однакова ширина плечей і стегон; плоскі стегна і сідниці; тіло гладшає рівномірно. Дами-«прямокутники» схильні до повноти, і надлишки жиру відкладаються у них по всьому тілу. Якщо така жінка має надлишкову вагу, то її фігура нагадує роздутий циліндр, адже на тлі повних рук, ніг, шиї і спини практично відсутня талія, і випирає живіт.

Жилети для цих жінок краще пропонувати з розташуванням хутрового оздоблення акцентуючи на грудях та стегнах, щоб візуально зробити талію. В жилетках краще використовувати вирізи овальної або квадратної форми. Асиметрія – найкращий помічник в корекції цього типу фігури, комбінація різних матеріалів з хутром і кольорів допоможуть правильно розставити акценти, підкреслюючи красиву грудь і стрункі ноги [4].

**Фігура жінок типу «трикутник»** (рис. в) має легкий верх і важкий низ. Особливості цієї фігури: тонка талія, невеликі груди, що можна віднести до достоїнств цього типу. Але широкі стегна, вузькі плечі, та як правило, повні ноги вносять дисгармонію в силует. Накопичення жиру відбувається на ділянці сідниць і стегон, тому слід враховувати цей аргумент при проектуванні одягу.

При дизайн-проекуванні жилетів з натурального хутра для цих жінок необхідно віддавати перевагу моделям, які візуально збільшують груди і ширину плечей, що

підкреслює талію і зменшує важку нижню частину тулуба. В даному випадку будуть доречні моделі с завищеною лінією талії з розташуванням хутра у верхній частині жилеток [4].

**Тип фігури перевернутий трикутник** (рис. д). При ньому верхня частина тіла істотно більше нижньої. Так, вузькі стегна, тонкі і стрункі ноги стають контрастом до широких плечей і грудей.

Жилети для такого типу фігури стають втіленням витонченості та краси, якщо будуть підібрані зі смаком і правильно. При цьому необхідно візуально підкреслювати вузькі стегна, які повинні наближатися за розміром до плечей. Щоб верхня частина тулуба була рівною нижній, варто приховувати широкі плечі, збільшувати стегна. Сексуальні V-подібні вирізи – перший помічник для тих, у кого тип фігури «перевернутий трикутник». Віддається перевага завищеній лінії плеча, малому реглану, глибокому рукаву. Максимальна гармонія може досягатися за рахунок горизонтальних смуг знизу і вертикальних смуг вгорі. Кольорове рішення для одягу за типом фігури «перевернутий трикутник» може бути виконано в непомітних або темних кольорах у верхній частині в контраст до яскравої нижньої частини. Тип фігури «перевернутий трикутник» вимагає візуального звуження лінії плечей. Для цього підходять американська пройма, овальні вирізи, V-подібні або вирізи у вигляді серця. Можна використовувати намисто навколо ший. Жилет краще вдягати з відрізною спідницею-сонце, це зробить стегна ширше. При цьому власницям жіночої фігури «перевернутий трикутник» варто відмовитися від вузьких звужених до низу жилеток, які візуально підкреслюють недоліки фігури [4].

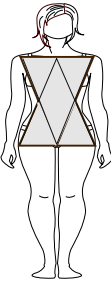
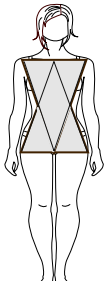
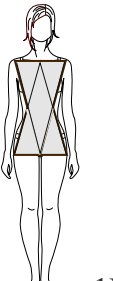
**Тип фігури «овал»** (рис. ж) характерний для схильних до повноти жінок. Особливість фігури – однаковий обсяг талії та грудей, що робить тіло округлим. Гідність – стрункі ноги, пишні груди, недолік – широка талія і помітний животик.

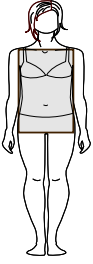

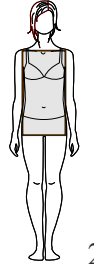
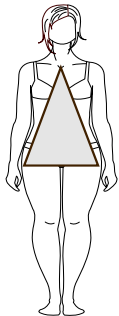
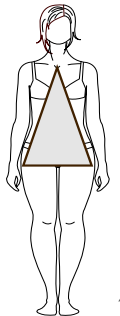
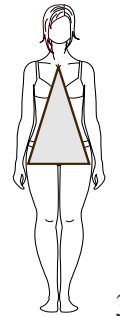
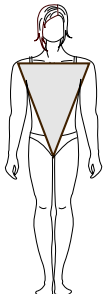
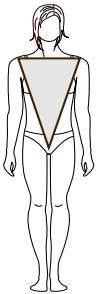

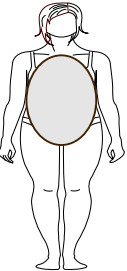
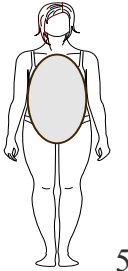
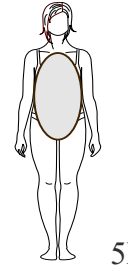
При створенні хутрових жилеток необхідно підкреслити стрункі ноги і заховати масивний верх: покрій жилеток з завищеною талією (під груди) розширені до низу.

Кожний тип фігури має три величини зорового сприйняття, що необхідно враховувати при дизайн-проектуванні хутряних жилеток (табл.1) [4].

Таблиця 1

Особливості тілобудови типів фігур

Тип фігури	Назва частин тіла	Зорове сприйняття частин тіла, величина		
		велика (В)	середня (С)	мала (М)
1. Пісочний годинник	Пропорційне співвідношення плечей до стегон і чітко виділена талія	 1В	 1С	 1М

2. Прямокутник	Пропорційне співвідношення плечей до стегон і ледве видна талія	 2B	 2C	 2M
3. Трикутник	Ширина стегон відносно плечей	 3B	 3C	 3M
4. Перевернутий трикутник	Ширина плечей відносно стегон	 4B	 4C	 4M
5. Овал	Ширина грудей відносно талії	 5B	 5C	 5M

Як видно с таблиці 1 – кожний тип фігури має особливості величин: велика, середня, мала. І це необхідно враховувати при дизайн-проектуванні хутряних жилетів. З метою створення багатофункціональної матриці для створення хутряних жилеток обрано середньо ворсове хутро, яке може бути використане різних форм та об'ємів. Основна особливість проектування хутряних жилетів з середньо ворсового хутра багатоміжність розташування напівфабрикату, з'єднувальні шви, які створюють декоративні лінії, визначаючи композицію всього виробу. Необхідно розробити матриці на кожний тип фігури, які включають повздовжні, поперечні і діагональні розташування шкурок з норки, а також кругові овальні та ін. Розроблені матриці на кожний тип фігури які включають повздовжні, поперечні і діагональні розташування шкурок з норки, а також кругові овальні та ін (табл.2).

Таблиця 2

Матриця варіантів розташування оздоблення з хутра на стані жилеток жіночих  
 для типу фігури перевернутий трикутник малої величини – 3М

Верхня частина стану						
Нижня частина стану	1	2	3	4	5	6
	11	12	13	14	15	16
	21	22	23	24	25	26
	31	32	33	34	35	36
	41	42	43	44	45	46
	51	52	53	54	55	56
	61	62	63	64	65	66
	71	72	73	74	75	76

Матриця дозволяє в єдиній формі виразити характеристики внутрішньої композиційною форми моделі, яку проектують і шляхом комбінаторних поєднань отримують нові варіанти розташування як шкурки так і хутрового оздоблення на деталях жилеток, використовуючи також різні види технологій оздоблення. Такі як інкрустація або

мозаїка, інтарсія, вкраплення, вишивка, перфорація, розшивка, настрочування, об'ємно-декоративні елементи [5] комбінуючи їх з шкірою, замшею, тканиною та трикотажними полотнами.

**Висновки.** На основі аналізу систематизовано інформацію про проектування жіночих жилетів з натурального хутра, оскільки в існуючій класифікації не достатньо розглянутий такий метод, як комбінаторика – поєднання хутра з різними матеріалами або поєднання хутра з різною висотою остьового волосу, що впливає на композицію при створенні жіночих жилетів. Використовуючи комбінаторику, запропоновано розподілити на такі види: хутро різного виду з різною висотою остьового волосу; хутро зі шкірою; хутро зі тканиною; хутро одного виду з різною висотою остьового волосу.

На основі проведеного аналізу типів фігур розроблені багатофункціональні матриці розташування хутра на стані жилетів, які можливо використовувати різними техніками з'єднання хутра між собою, а також поєднуючи його з різними матеріалами. В сучасному світі, де дизайнери використовують найрізноманітніші поєднання, така класифікація буде дуже корисною.

### Література

1. Розробка концепції виготовлення виробів із натурального хутра / А. Л. Михайлюченко, С. Ю. Лозовенко, Л. Б. Білоцька // Тези доповідей Всеукраїнської Ювілейної, присвяченої 80-річчю КНУТД, наукової конференції молодих вчених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі». – К. : КНУТД, 2010 р. – С. 8
2. Березненко С. М. Технологія виготовлення швейних виробів із натурального хутра: довідковий посібник для студентів напрямів підготовки 6.051602 «Технологія виробів легкої промисловості», 6.010104 «Професійна освіта. Технологія текстильної та легкої промисловості» / С. М. Березненко, Л. Б. Білоцька, С. Ю. Лозовенко. – К. : КНУТД, 2014. – 140 с.
3. Проданчук І. В. Художнє проектування виробів із шкіри та хутра: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Художнє проектування виробів легкої промисловості» для студентів напряму 6.051602 «Технологія виробів легкої промисловості» спеціальності «Конструювання та технології швейних виробів» для денної та заочної форм навчання. / І.В. Проданчук – К.: КНУТД, 2014. – 32с.
4. Типи фігур: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://vesvnorme.net/uprazhneni\\_ya/vidy-figur.html](http://vesvnorme.net/uprazhneni_ya/vidy-figur.html)
5. Терская Л.А. Технология раскроя и пошив меховой одежды: Учеб. Пособие для студ. высш. учеб. Заведений / Л.А. Терская. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 271с.

### References

1. Myhaylyuchenko, A.L., Lozovenko, S., Bilotska, L.B. (2010) *Rozrobka kontseptsiyi vyhotovlennya vyrobiv iz natural'noho khutra* [Development of the concept of manufacturing products made of natural fur] Proceedings of the All-Ukrainian Jubilee dedicated to the 80th anniversary. Kyiv National University of Technologies and Design, Scientific conference of young scientists and students "Scientific development of youth at the present stage. P. 8 [in Ukraine].
2. Bereznenko S.M., Bilotska, L.B., Lozovenko, S. (2014) *Tekhnolohiya vyhotovlennya shveynykh vyrobiv iz natural'noho khutra: dovidkovyy posibnyk dlya studentiv* [Technology of manufacturing garments with fur, a reference guide] "Technology of Light Industry" "Professional Education. Technology of textile and light industry. Kyiv National University of Technologies and Design, 2014. 140 p. [in Ukraine].
3. Prodanchuk, I.V. (2014) *Khudozhnye proektuvannya vyrobiv iz shkiry ta khutra* [Artistic design of leather and fur, guidelines for laboratory work] "Technology of Light Industry" specialty "Design and Technology garments" for the day and distance learning. Kyiv National University of Technologies and Design. 32 p. [in Ukraine].
4. *Typy fihur* [Types figures] [electronic resource]. Access: <http://vesvnorme.net/uprazhneniya/vidy-figur.html> [in Ukraine].
5. Terskaya, L.A. (2005) *Tekhnolohyya raskroya y poshyv mekhvoy odezhdы* [Technology Cutting and sewing] Textbook. Posobyе for students. High society. Textbook. Wound Publishing Center "Academy", 271 p. [in Russian].

АНАЛИЗ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕНСКИХ ЖИЛЕТОВ ИЗ  
НАТУРАЛЬНОГО МЕХА

ПРОДАНЧУК И.В. \*, МОРОЗ О.С. \*\*

\* Киевский национальный университет технологий и дизайна

\*\* Североамериканский Пушиной Аукцион (NAFA)

**Цель.** Целью исследования является подбор и непосредственно создание современных и стильных женских жилетов с использованием натурального меха с учетом особенностей типа фигур.

**Методика.** Основой для исследования выбраны периодические издания модного направления, специалистов по дизайн-проектированию одежды из меха, показы мод и маркетинговые исследования потребителей. Обосновывается целесообразность метода комбинаторики, что влияет на эффективность использования меха в сочетании его с различными материалами.

**Результаты.** В работе проанализированы существующие классификации женских типов фигур для рационального расположения меха в зависимости от длины волосяного покрова; определение видов меха, целесообразно сочетаться с изделием, используя метод комбинаторики; определения местоположения меха в изделии будет служить основой декора, учитывая различные типы женских фигур.

**Научная новизна.** Установлена взаимосвязь между разновидностями инновационных технологий меховой отделкой и особенностями женских типов фигур при дизайн-проектировании новых моделей женских жилетов из меха.

**Практическая значимость.** Получило дальнейшего развития проектирование меховых женских жилетов на основе определения оптимального подбора материалов для создания изделия, выбрав вид меха, как основной элемент декора, который будет влиять на эстетический вид и экономические издержки женских жилетов из натурального меха.

Используя метод комбинаторики, разработана многофункциональная матрица вариантов размещения шкур на стане или размещения меха в виде элемента отделки декора изделия, объединяющий мех с различными материалами с учетом типа фигуры.

**Ключевые слова:** комбинаторика, меховые изделия, типы фигур, женские жилетки из меха, дизайн проектирования меховых изделий.

ANALYSIS OF DESIGNING AND PROJECTING WOMEN'S VEST FROM NATURAL FUR

PRODANCHUK I.V. \*, MOROZ O.S. \*\*

\* Kyiv National University of Technologies and Design

\*\* North American Fur Auction (NAFA)

**Purpose.** The purpose of the study is to select and directly create modern and stylish women's vests using natural fur with taking into account the features of the type of figures.

**Methodology.** As the basis for the study were selected the periodical fashion magazines, experts in the design of clothing from fur, fashion shows and marketing research of consumers. The method of combinatorics is proved, which affects the effectiveness of the use of fur combined with various materials.

**Results.** The work analyzes existing classifications of female types of figures for the rational arrangement of fur, depending on the length of hair cover; Determination of the types of fur, it is advisable to combine with the product, using the combinatorics method; The location of the fur in the product will serve as the basis for decor, given the different types of female figures.

**Originality.** Stated the relation between varieties of innovative technologies with fur trim and features of female figure types when designing new models of women's fur jackets.

**Practical significance.** Has received the further development of designing fur women's vests on the basis of determining the optimal selection of materials to create a product, selecting the appearance of the fur, as the main element of the decor, which will be affecting the aesthetic appearance and economic costs of women's vests from natural fur.

Using the combinatorial method, a multifunctional matrix helps to place skins on the mill or place the fur in the form of an element of decor of the product, combining fur with different materials, taking into account the type of figure.

**Keywords:** combinatorics, fur products, types of figures, female vests from fur, designing and projecting of fur products

УДК 685.34.

**БАШКИНА В.Н., ГОРБАЧИК В.Е**

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК ГРАДИРОВАНИЯ  
ДЕТАЛЕЙ ОБУВИ И ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ  
РАЗМЕРОВ КОЛОДКИ И ЗАГОТОВКИ**

**Цель.** Анализ различных методик градирования верха женской обуви на особо высоких каблуках штихмассовой системы нумерации и анализ соответствия размеров заготовок и колодок.

**Методика.** Анализируются различные методики градирования деталей верха обуви, по каждой методике рассматриваются исходные параметры и относительные приращения, рассчитываются параметры градирования. Приводится оценка соответствия размеров заготовок и колодок.

**Результаты.** Выявлено, что все методики градирования дают приблизительно одинаковый результат в расчетах длины геодезической линии заготовки, рассчитанные показатели ширины грунд-модели в пучках имеют большой разброс в значениях. Анализ размеров колодки и заготовки показал, что различия методик градирования колодок и деталей верха обуви приводит к несоответствию длин геодезической линии и обхвату в пучках колодок и заготовок.

**Научная новизна.** Существующие методики градирования рассматриваются на примерах обуви с низкой приподнятостью пяточной части преимущественно метрической системы нумерации.

**Практическая значимость.** Анализ различных методик градирования позволит определить оптимальные параметры градирования для обуви на особо высоких каблуках, что исключит необходимость пошива крайних номеров серии.

**Ключевые слова:** градирование, градирование обуви, градирование колодок, обувь, колодки.

**Введение.** Как известно стопы людей отличаются как по длине, так и по поперечным размерам. Поэтому для удовлетворения людей удобной обувью предприятия выпускают обувь различных номеров и полнот. При этом конструкторы разрабатывают колодки и шаблоны деталей верха и низа обуви только среднего (исходного) номера серии. Для каждой половозрастной группы размеры колодок и затем обуви остальных номеров серии получают путем градирования (серийного размножения).

Серийное градирование шаблонов деталей обуви базируется на теории подобия в частности на свойствах аффинного преобразования и основных закономерностях в изменении размеров стоп при изменении их основных размеров: длины и ширины.

Анализ литературы и НТД о градировании деталей верха обуви показал, что существуют различные подходы к определению исходных параметров и расчете относительных приращений. Кроме того, в настоящее время на фабриках используются две системы нумерации обуви: метрическая, номер которой соответствует длине стопы, и штихмассовая, за номер которой принимается длина условной развертки следа колодки, выраженная в штихах (1 штих = 2/3 см). Большинство методик градирования рассматриваются на примерах обуви с низкой приподнятостью пяточной части (20 – 40 мм). А в настоящее время на обувных предприятиях широко выпускается женская обувь на особо высоких каблуках (80 – 100 мм). Это привело к тому, что перед запуском серии изготавливаются образцы обуви не только среднего размера, но и крайних размеров серии, после отработки которых, запускается вся серия. Это в свою очередь увеличивает время запуска новых моделей.

**Цель и задачи.** Была поставлена задача проанализировать различные методики градирования верха женской обуви на особо высоких каблуках штихмассовой системы нумерации колодок с целью возможного выбора оптимальных параметров градирования, что исключит необходимость пошива крайних номеров серии. Анализ размеров заготовок и колодок действующей модели обуви позволит дать оценку соответствия методик градирования колодок и заготовок.

**Результаты исследования.** Была отобрана действующая фабричная грунд-модель туфель-«лодочка» на особо высоком каблуке, взяты шаблоны деталей (рис. 1).

Рассмотрено шесть различных методик градирования деталей верха обуви. В I методике [1] за базовую ось градирования принимается проекционная длина заготовки по линии перегиба, абсолютная длина определяется без учета припусков, абсолютные приращения при переходе от номера к номеру: по длине – 6,66 мм, по ширине – 3,33 мм. Во II методике [2] при тех же осях и определения абсолютной длины заготовки предлагаются следующие абсолютные приращения: по длине – 6,67 мм, по ширине – 2,5 мм.

Относительные приращения рассчитываются по формулам:

$$\gamma = \frac{\Delta l}{L}, \quad (1)$$

$$\beta = \frac{\Delta ш}{Ш}, \quad (2)$$

где  $\Delta l$  – абсолютное приращение по длине, мм;  $L$  – длина заготовки, мм;  $\Delta ш$  – абсолютное приращение по ширине, мм;  $Ш$  – ширина заготовки в пучках, мм.

В III методике [3] за базовую ось градирования принимается линия перегиба заготовки, абсолютная длина определяется без припусков. Относительные приращения рассчитываются по формулам:

$$\gamma = \frac{1}{N_0}, \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\Delta ш}{Ш} = \frac{1,5}{1,5N_0 + 2W + C}, \quad (4)$$

где  $N_0$  – номер колодки в штихах;  $W$  – полнота колодки;  $C$  – величина, отражающая разницу между шириной стельки и шириной стопы в пучках, мм.

По IV методике [4] за ось градирования принимается геодезическая линия заготовки, которая соединяет самую выпуклую точку пяточного закругления и конечную точку носка, абсолютная длина определяется без учета припусков, абсолютное приращение длины заготовки рассчитывается по пропорции из абсолютного приращения следа колодки (формула 5). Полученное абсолютное приращение относится к длине заготовки с припусками, тем самым учитывается величина припуска и его сохранность в серии.

Абсолютное приращение ширины заготовки рассчитывается по пропорции из абсолютного приращения объема колодки. Полученное абсолютное приращение относится к ширине заготовки с припусками. Абсолютные и относительные приращения рассчитываются по формулам:

$$\Delta l_k = \frac{D_{\text{геод.л}} * \Delta l_{\text{сл}}}{D_{\text{сл}}}, \quad (5)$$

$$\gamma = \frac{\Delta l_k}{L}, \quad (6)$$

$$\Delta w_{\text{пуч}} = \frac{Ш_{\text{раз}} * \Delta O_{\text{пуч}}}{O_{\text{пуч}}}, \quad (7)$$

$$\beta = \frac{\Delta w_{\text{пуч}}}{Ш_{\text{пуч}}}, \quad (8)$$

где  $\Delta l_k$  – абсолютное приращение колодки по геодезической линии, мм;  $D_{\text{геод.л}}$  – длина геодезической линии колодки, мм;  $\Delta l_{\text{сл}}$  – абсолютное приращение длины следа колодки при переходе от номера к номеру, мм;  $D_{\text{сл}}$  – длина следа колодки, мм;  $L$  – длина заготовки с припусками по геодезической линии, мм;  $\Delta w_{\text{пуч}}$  – абсолютная величина приращения ширины заготовки в пучках, мм;  $Ш_{\text{раз}}$  – ширина развертки боковой поверхности колодки, мм;  $\Delta O_{\text{пуч}}$  – абсолютное приращение объема колодки в пучках при переходе от номера к номеру, мм;  $O_{\text{пуч}}$  – объем колодки в пучках, мм;  $Ш_{\text{пуч}}$  – ширина заготовки в пучках с припусками, мм.

В методика градирования осуществляется с помощью программы CADCobbler. Базовые оси по длине и ширине задаются прямоугольной рамкой: левая сторона фиксируется в наиболее выступающей точке носка грунд-модели, нижняя сторона рамки касается наиболее выступающей точки в области пучков, верхняя сторона прямоугольной рамки совпадает с линией перегиба, а правая сторона касается наиболее выпуклой точки пяточного закругления. Абсолютная длина и ширина определяются с припусками. Абсолютные приращения при переходе от номера к номеру: по длине – 6,67 мм, по ширине – 1,56 мм.

По описанным выше методикам была рассчитана длина геодезической линии и ширина в пучках грунд-модели крайних (33 и 43) размеров серии женской обуви.

Исходные параметры градирования представлены на рисунке 1, где  $Ш_{\text{пуч}}$  – ширина заготовки в пучках, мм;  $D_{\text{лин.пер}}$  – длина заготовки по линии перегиба, мм;  $D_{\text{геод.лин}}$  – длина заготовки по геодезической линии, мм.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблиця 1

**Результаты расчетов градирования по различным методикам**

Методика градирования		I методика	II методика	III методика	IV методика	V методика
Исходные параметры для расчета относительных приращений, мм	по длине	259,0	259,0	246,4	274,0	273,0
	по ширине	154,0	154,0	145,0	186,0	186,0
Абсолютные приращения grund-модели, мм	по длине	6,66	6,67	6,66	6,89	6,67
	по ширине	3,30	2,50	2,60	2,54	3,12
Относительные приращения	$\gamma$	0,02571	0,02575	0,02703	0,02515	0,02443
	$\beta$	0,02143	0,01623	0,02069	0,01452	0,01677
Длина геодезической линии grund-модели, мм	33 размер	247,5	247,0	246,0	248,0	248,5
	43 размер	314,0	314,0	316,0	313,0	312,0
Ширина grund-модели в пучках, мм	33 размер	166,0	176,0	167,0	175,0	173,5
	43 размер	206,0	201,0	205,0	202,0	204,5

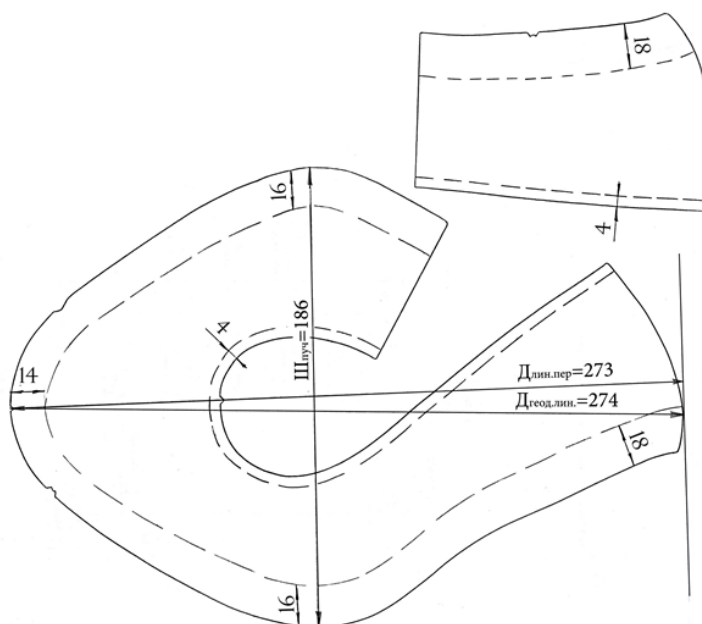


Рис. 1. Исходные параметры градирования

Анализ данных таблицы 1 показал, что все методики градирования по длине геодезической линии дают результат с колебанием 0,5 – 4,0 мм. Наибольшее отклонение по длине геодезической линии среди методик наблюдаются у методики III, и составляет 2,5 – 4,0 мм в отличие от остальных методик, в которых отклонения колеблются в пределах 0,5 – 2,0 мм. Показатели ширины grund-модели в пучках, рассчитанные по методикам, имеют бóльший разброс – колебания составляют 1,0 – 10,0 мм.

С целью анализа соответствия размеров заготовки параметрам колодки были отобраны колодки женской обуви с высотой приподнятости пяточной части 90 мм полнотой

G (что соответствует полноте 5) среднего (37) и крайних (35, 40) номеров серии, используемые на фабрике при изготовлении туфель-«лодочки».

Проведены обмеры колодок по длине геодезической линии с наружной и внутренней стороны, по которым была рассчитана средняя длина геодезической линии колодки, и по обхвату в пучках.

Далее рассчитано абсолютное приращение при переходе от номера к номеру по формуле:

$$\Delta I_k = \frac{D_{\text{геод.лин}}^b - D_{\text{геод.лин}}^m}{n}, \quad (9)$$

где  $\Delta I_k$  – абсолютное приращение длины геодезической линии колодки при переходе от номера к номеру, мм;  $D_{\text{геод.лин}}^b$  – длина геодезической линии большего размера, мм;  $D_{\text{геод.лин}}^m$  – длина геодезической линии меньшего размера, мм;  $n$  – количество номеров в серии, мм.

Учитывая, что серия туфель-«лодочки» на фабрике меньше, чем по ГОСТ 3927-88, для сравнения параметров колодок и размеров заготовок, рассчитанных по разным методикам градирования, был проведен расчет длин геодезической линии и ширины в пучках заготовок для крайних номеров серии 35 и 40.

Результаты расчетов и измерений представлены в таблице 2.

Как следует из таблицы 2, параметры по геодезической линии и по обхвату боковой поверхности колодки значительно отличаются от расчетных параметров грунд-модели. Рассчитано, что длина геодезической линии колодки изменяется с приращением от размера к размеру 7,70 мм, приращение заготовки по длине составляет 6,67 мм. Разница между длиной геодезической линии колодки и геодезической линией заготовки крайнего размера (40) составляет 6,5 – 8,0 мм, крайнего размера (35) – 1,0 – 3,0 мм.

Таблица 2

**Параметры колодок и грунд-моделей**

Методика градирования	Абсолютные приращения, мм		Средняя длина геодезической линии, мм		Обхват боковой поверхности колодки в пучках, мм		Абсолютные приращения грунд-модели, мм		Длина геодезической линии грунд-модели, мм		Ширина грунд-модели в пучках, мм	
	по длине	по ширине	35 размер	40 размер	35 размер	40 размер	по длине	по ширине	35 размер	40 размер	35 размер	40 размер
I методика	7,7	2,5	246,0	284,5	141,0	148,5	6,66	3,30	244,0	277,0	147,5	164,0
II методика							6,67	2,50	244,0	277,0	149,0	161,5
III методика							6,66	3,00	243,0	278,0	147,5	163,5
IV методика							6,89	2,54	244,0	276,5	149,5	160,5
V методика							6,67	3,12	245,0	277,0	149,0	161,5

Разница между обхватом боковой поверхности колодки в пучках колодки и шириной грунд-модели в пучках крайнего размера (40) составляет 12,0 – 15,5 мм, крайнего размера (35) – 6,5 – 8,5 мм.

С повышением ступени градации разница между длинами будет увеличиваться, при этом заготовка большего размера будет меньше колодки, а заготовка меньшего размера будет больше колодки. Такое несоответствие размеров приводит к неправильной посадке заготовки на колодке.

**Выводы.** Таким образом, проведенные исследования показали, что почти все методики градирования дают приблизительно одинаковый результат в расчетах длины геодезической линии заготовки, что же касается показателей ширины грунд-моделей в пучках, то наблюдается большой разброс в значениях. Так же выявлено, что параметры колодок и грунд-моделей значительно отличаются, что приводит к плохой посадке заготовки на колодку, в итоге при запуске моделей требуется отработка крайних размеров серии и их дальнейшая корректировка.

#### Література

1. Будил, В., Конструирование колодок и моделей обуви / В. Будил. – Ленинград: Ростехиздат, 1962. – 226 с.
2. Рослик, Г.И., Серийное градирование шаблонов обувных деталей для новой системы нумерации колодок / Г.И. Рослик, Н.Ф. Белин. – Киев: УкрНИИНТИ, 1969. – 22 с.
3. Зыбин, Ю.П., Конструирование изделий из кожи / Ю.П. Зыбин, Москва: Издательство «Легкая индустрия», 1963. – 320 с.
4. Методические рекомендации для модельеров обувной промышленности по серийному размножению моделей обуви. – Москва: Общесоюзный дом моделей, 1988. – 39 с.

#### References

1. Budil, V. (1962) *Konstruirovaniye kolodok i modeley obuvi* [Designing shoes and shoe models] Leningrad. 226 p. [in Russian]
2. Roslik, G.I., Belin N.F. (1969) *Seriynoe gradirovaniye shablonov obuvnykh detaley dlya novoy sistemy numeratsii kolodok* [Repetitive grading patterns shoe parts for the new numbering system shoe last] Kiev: UkrNIINTI, 22 p. [in Ukrainian]
3. Zybin, Ju.P. (1963) *Konstruirovaniye izdeliy iz kozhi* [Designing of leather goods] Moscow: Publishing House "Light Industry" 320 p. [in Russian]
4. *Metodicheskie rekomendatsii dlya model'yerov obuvnoy promyshlennosti po seriynomu razmnozheniyu modeley obuvi* [Guidelines for the fashion footwear industry by serial propagation models of shoes]. Moscow: Obshhesojuznyj dom modelej obuvi, 1988. 39 p.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИК ГРАДУЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВЗУТТЯ ТА ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ РОЗМІРІВ КОЛОДКИ ТА ЗАГОТОВКИ

БАШКІНА В.Н., ГОРБАЧИК В.Е

Установа освіти «Вітебський державний технологічний університет», Республіка Білорусь

**Мета роботи.** Аналіз різних методик градуювання верху жіночого взуття на особливо високих підборах штихмасової системи нумерації і аналіз відповідності розмірів заготовок і колодок.

**Методологія.** Аналізуються різні методики градуювання деталей верху взуття, по кожній методиці розглядаються вихідні параметри і відносні прирости, розраховуються параметри градуювання. Наводиться оцінка відповідності розмірів заготовок і колодок.

**Результати.** Виявлено, що всі методики градуювання дають приблизно однаковий результат в розрахунках довжини геодезичної лінії заготовки, розраховані показники ширини грунд-моделі в пучках мають великий розкид в значеннях. Аналіз розмірів колодки і заготовки показав, що відмінності методик градуювання колодок і деталей верху взуття призводить до невідповідності довжин геодезичної лінії і обхвату в пучках колодок і заготовок.

**Наукова новизна.** Існуючі методики градуювання розглядаються на прикладах взуття з низькою підведеною п'яткової частини переважно метричної системи нумерації.

**Практична значимість.** Аналіз різних методик градуювання дозволить визначити оптимальні параметри градуювання для взуття на особливо високих підборах, що виключить необхідність пошиття крайніх номерів серії.

**Ключові слова:** градуювання, градуювання взуття, градуювання колодок, взуття, колодки.

## THE STUDY OF THE GRADING METHODS OF THE SHOES PARTS AND ASSESSMENT OF SIZE CONFORMITY OF A LAST AND WORKPIECE

BASHKINA V.N., GORBACHIK V.E.

Education institution "Vitebsk State Technological University"

**Purpose.** Analysis of various methods of grading the top of women's shoes with extra high heels and the analysis of the last and the workpiece sizes.

**Methodology.** Various methods of grading the details of the top of the shoe are analyzed, for each technique, the initial parameters and relative increments are considered, grading parameters are calculated. Assessment of conformity dimensions of a last and workpiece.

**Results.** It was detected, that all the methods of the grading give us approximately the same result in the calculation of the geodetic distance of the workpiece; calculated indicators of the pattern width in tufts have a wide range of values. The analysis of the last and the workpiece sizes revealed that difference between methods of lasts and shoe uppers details grading leads to discrepancies in geodetic distance and in the girth in tufts of a last and workpiece.

**Scientific novelty.** Existing methods of grading are considered on examples of shoes with a low heel of the metric numbering system.

**Practical value.** The analysis of different grading methods will allow to determine the optimal grading parameters for shoes with extra high heels, which will eliminate the need for tailoring the extreme numbers of the series.

**Keywords:** grading, length scale, grading shoe last, shoes, shoe last.

УДК 677.047.622.112.2

КУЩЕВСЬКИЙ М.О.

Хмельницький національний університет

## СТРУКТУРОВАНІ ВОДИ ЯК РОБОЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ГОЛОВНИХ УБОРІВ

**Мета.** Оптимізація формувальних властивостей текстильних матеріалів різного походження за рахунок використання властивостей різних структурованих вод для максимального забезпечення їх деформаційних властивостей.

**Методика.** Дослідження базувалися на використанні методів порівняльного аналізу, аналітичного моделювання, експериментальних досліджень.

**Результати.** Встановлено величини складових повної деформації в різних структурованих водах при статичному та динамічному навантаженні. Деформаційна здатність, на прикладі пальтової тканини, значно покращується у структурованих водах у порівнянні з простою водою, яка останнім часом використовується як робоче середовище при формуванні деталей головних уборів.

**Наукова новизна.** Вперше досліджено динаміку змін повної деформації та її складових для тканин костюмно-пальтової групи під впливом статичних та динамічних навантажень у водних робочих середовищах

**Практична значимість.** Визначено оптимальні робочі середовища для формування деталей головних уборів з тканин різного походження.

**Ключові слова:** водне середовище, формування, деформація.

**Вступ.** В останні роки значна увага приділяється розробці нових енергозберігаючих технологій та обладнання для волого-теплової обробки виробів, зокрема для формування деталей головних уборів. На кафедрі технології та конструювання швейних виробів Хмельницького національного університету проводяться дослідження в області формування шляхом покращання деформаційних властивостей матеріалів за рахунок використання в якості робочого середовища (РАРС)- воду.

Дослідження [1, 2, 3] довели перспективність використання робочого середовища в стані рідини, а саме: таке середовище не потребує використання другої жорсткої поверхні; формування відбувається за відсутності температурного впливу; таке середовище виконує роль силового поля, воно може служити "транспортером" для перенесення в структуру матеріалу клею. тощо.

В різних галузях народного господарства: медицині, промисловості, сільському господарстві стали широко використовувати структуровану воду. Вона не лише позитивно впливає на організм людини, а й дозволяє покращувати властивості оброблюваних в ній матеріалів, підвищує ефективність технологічних процесів. Це дає підстави для використання такої води в швейній галузі у процесі формування деталей головних уборів.

**Постановка завдання.** Метою роботи є оптимізація формувальних властивостей текстильних матеріалів різного походження за рахунок використання властивостей різних структурованих вод для максимального забезпечення їх деформаційних властивостей. Для досягнення поставленої мети в першу чергу необхідно вирішити головне завдання: визначити найбільш оптимальні робочі середовища для формування тканин різного походження (волокнистого вмісту, різних структурних характеристик).

**Результати досліджень.** Для дослідження деформаційних властивостей тканин в різних робочих середовищах при статичних та динамічних навантаженнях вибрані сучасні тканини костюмно-пальтової групи ( три артикули костюмних і три артикули пальтових тканин), які використовують для виготовлення як жіночих головних уборів, так і решти швейних виробів. Обмеження щодо обсягу статті

, дозволяє навести результати досліджень по одній із шести тканин костюмно-пальтового асортименту - пальтова тканина кашемір :20% нітрон та 80% вовна; 4-х ремізний сатин; щільністю:  $\Pi_0$ - 174,  $\Pi_y$ - 126; лінійної густини ниток, текс:  $T_0$ -114,8,  $T_y$ -146,8; поверхневої густини,  $г/м^2$  -376 .

Рівень змін характеристик деформацій оцінювався шляхом порівняльного аналізу. За базові бралися деформаційні ті самі характеристики деформацій отриманих при взаємодії з водою. При цьому складові повної деформації : пружної, високоеластичної та пластичної відповідно склали: по основі  $\epsilon_{пр}=4,3$  (47,8%),  $\epsilon_{ве}=2,0$  (22,2%),  $\epsilon_{пл}=2,7$ (30%) – при повній деформації 9 мм; по утоку  $\epsilon_{пр}=6,0$  (40,8%),  $\epsilon_{ве}=2,7$  (18,4%),  $\epsilon_{пл}=6,0$ (40,8%)- при повній деформації в 14,7 мм. Аналіз даних показав, що вода дозволяє покращувати деформаційні властивості тканин. Вона виконує роль пластифікатора. Молекули води, які проникають у глиб волокна, змінюють міжмолекулярну взаємодія макромолекул і відповідно механічні властивості волокон. У результаті підвищення рухливості структурних елементів пластифікованого полімера збільшується його деформованість, оскільки він переходить в високоеластичний стан при менших температурах. При цьому наявність в макромолекулах волокон сильнополярних гідрофільних груп (ОН, NH<sub>2</sub>, COOH, CONH) створює значне силове поле, яке притягає та утримує молекули води.

Зміна властивостей тканин відбувається при взаємодії їх з активними робочими середовищами в процесі формування деталей швейних виробів.

Вибрані типи води було досліджено на хімічний склад, та проведено аналіз ІЧ-спектрів . Дослідження показали, що ІЧ-спектри різних типів води практично однакові та свідчать про те, що хімічний склад води не змінюється після попередньої обробки. Проте було встановлено, що вибрані води відрізняються між собою вмістом хімічних елементів, що потребує дослідження їх впливу на вибрані тканини та визначити найбільш ефективні в плані покращення деформаційних властивостей об'єктів обробки водою. Результати дослідження формувальних властивостей пальтової тканини у водних робочих середовищах представлено у таблиці .1.

За даними таблиці побудовано діаграми повної деформації та її складових (рис. 1 а, б) по основі та утоку, які показують вплив різних робочих середовищ на деформаційні властивості тканини.

Таблиця 1

**Повна деформація та її складові при статичних навантаженнях в досліджуваних середовищах пальтової тканини арт. 45206**

Назва матеріалу		РАРС	Повна деформація, $\epsilon$ , мм	Складові повної деформації, мм (%)		
				умовно пружна $\epsilon_{пр} (\Delta\epsilon_{пр})$	еластична $\epsilon_{ел} (\Delta\epsilon_{ел})$	пластична $\epsilon_{пл} (\Delta\epsilon_{пл})$
1	2	3	4	5	6	7
1 Пальтова кашемір (арт. 45206)	нітка основи	Католіт	13,7	5,7 (41,6)	2,7 (19,7)	5,3 (38,7)
		Аноліт	7,7	1,4 (18,2)	0,6 (7,8)	5,7 (74,0)
		Кремнієва вода	8,0	5,7 (71,3)	1,3 (16,3)	1,0 (12,5)
		Шунгітова вода	6,7	3,4 (50,8)	2,0 (29,9)	1,3 (19,4)
		М'яка вода	8,7	3,7 (42,5)	1,7 (19,5)	3,3 (37,9)
		Мідна вода	7,7	4,4 (57,1)	0,6 (7,8)	2,7 (35,1)

нитка у току	Звичайна вода	9,0	4,3 (47,8)	2,0 (22,2)	2,7 (30,0)
	Католіт	22,0	4,0 (18,2)	1,0 (4,6)	17,0 (77,3)
	Аноліт	17,0	3,7 (21,8)	7,0 (41,2)	6,3 (37,1)
	Кремнієва вода	12,7	5,4 (42,5)	1,6 (5,7)	5,7 (44,9)
	Шунгітова вода	17,3	6,0 (34,7)	0,6 (3,5)	10,7 (61,9)
	М'яка вода	17,0	5,0 (29,4)	1,0 (5,9)	11,0 (64,7)
	Мідна вода	15,3	6,0 (39,2)	1,0 (6,5)	8,3 (54,3)
	Звичайна вода	14,7	6,0 (40,8)	2,7 (18,4)	6,0 (40,8)

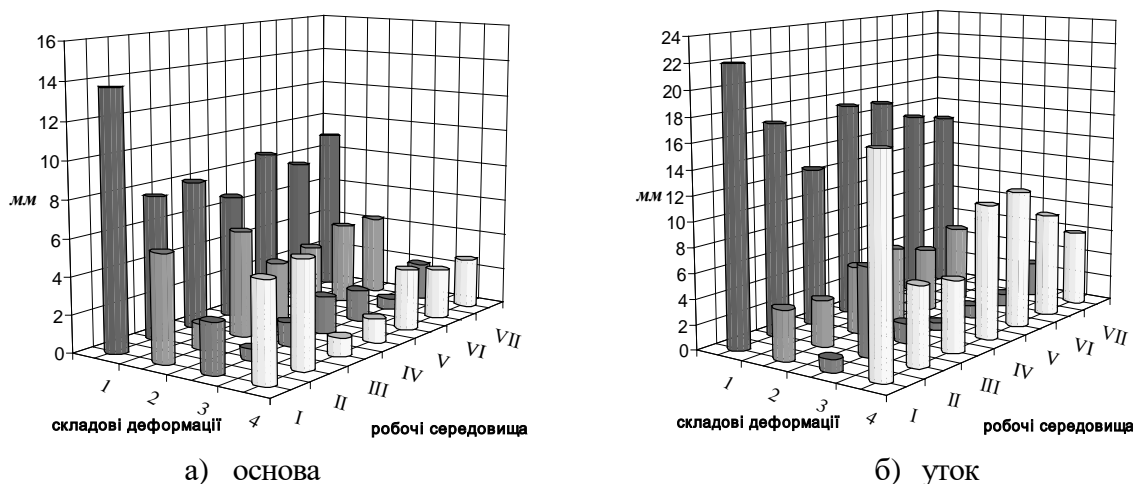


Рис. 1. Повна деформація та її складові при статичному навантаженні пальтової тканини арт. 45206: 1- повна деформація, 2 – пружна деформація; 3- еластична деформація, 4 – пластична деформація, I – католіт, II – аноліт, III- кремнієва вода, IV – шунгітова вода, V – м'яка вода, VI – мідна вода; VII – звичайна вода

З графіків видно, що у тканині, що досліджується, спостерігається значне зростання пружної деформації по нитці основи в католіті та кремнієвій воді на 13,2%; при цьому по нитці утоку зростання деформації не спостерігається. Еластична деформація збільшується в католіті – по основі на 13,5%, зменшується в аноліті та мідній водах на 3%; по утоку зростання не спостерігається.

Проте для операцій формування є важливим збільшення пластичної складової деформації. В даному випадку у вибраній пальтової тканині частка пластичної деформації зростає в тканині по нитках основи у католіті на 19,6%, аноліті на 21,1% та м'якій воді 12,2%. По нитках утоку зростання пластичної деформації у католіті становить 28,3%, в аноліті 10,5% та в м'якій воді на 18,3%.

Такий отриманий результат можна пояснити тим, що обрані робочі середовища проявляють різні властивості при обробці волокон вовни, нітрону та віскози.

Кремнієва та шунгітова води які отримано після обробки мінералами і проявляють властивості природних сорбентів, очищає воду від йонів важких металів та знижують її жорсткість. Крім того, у даних водах спостерігається близька за вмістом кількість солей. Проте у кремнієвій воді більш лужне середовище (рН=7,8), ніж в шунгітовій, що зумовлює її більший вплив на деформаційні властивості пальтової тканини, у складі якої переважають волокна вовни.

Шунгітова вода завдяки меншому рН та меншій окислювальній здатності дозволяє покращити деформацію тканини, до складу якої, крім волокон вовни входять нітрон та віскоза.

Мідна вода є найменш жорсткою серед запропонованих робочих середовищ та має низьку окислювальність, що обумовлює її позитивний вплив на властивості тканин хоча і не забезпечує очікуваного результату.

М'яка вода характеризується меншою окислювальністю, має у своєму складі малу кількість аміаку та нітритів.

Католіт та аноліт, що виготовлені за допомогою електролізу, є достатньо різними за властивостями. Католіт має низьку окислювальність, характеризується меншою кількістю аміаку, нітритів та заліза, а також збільшеною кількістю хлоридів та має лужне середовище. Такі властивості води зумовлюють збільшення деформації у тканині, що у своєму складі має вовну (80%) та нітрон (20%).

Аноліт за своїми властивостями різко відрізняється від запропонованих робочих середовищ. Аноліт характеризується більшою окислювальністю, значною жорсткістю та кислим середовищем (рН=5), що обумовлює збільшення деформації у тканині, що містить у своєму складі волокна нітрону. При проникненні такої води у структуру матеріалу відбувається збільшення рухливості молекулярної структури волокноутворюючого полімеру, що у свою чергу призводить до більш різкого зростання деформації у тій системі ниток, де послаблення у волокнах є найбільшим.

Слід зазначити, що на величину деформації крім впливу води має також вплив молекулярної будови волокон вовни: 90% їх маси складає кератин, який має чотири модифікації. Під час розтягнення волокна вихідне волокно ( $\alpha$ -кератин), у якому більш помітна звивистість головних поліпептидних ланцюгів, переходить у розтягнутий стан ( $\beta$ -модифікацію). Зі зняттям навантаження відбувається зворотній процес. При цьому використання вологи підсилює процеси, що відбуваються у волокнах та нитках тканини та сприяють збільшенню частки пластичної складової повної деформації [4].

Слід також відмітити, що вибрана тканина має змішаний сировинний склад, що пояснює різний характер деформування ниток основи та утоку, так як вовна та нітрон мають різну молекулярну структуру волокон. Кератин вовни характеризується сітчастою структурою, що має вигляд вигнутих ланцюгових молекул з поперечними зв'язками. Під дією вологи відбувається розрив дисульфідних зв'язків кератину і зростає коливання макромолекул, що і забезпечує зміну розташування макромолекул, а при механічному впливі (тиску, розтягу) створюється нова форма волокон і в цілому тканини.

Формування тканин із вовняних волокон відбувається за рахунок лусочок, розташованих на їхній поверхні, що значно підвищує коефіцієнт тертя при зчіплюванні ниток. Додавання хімічних волокон до натуральних покращує формостійкість тканини. Зокрема, використання вовни з волокнами, які мають високу пластичну деформацію підвищить якість сформованої деталі [2].

Крім того, нерівномірність деформації по нитках основи та утоку можна пояснити тим, що до їх структури входять нитки різного походження та щільності. При зменшенні щільності тканини, але при однаковій товщині ниток та переплетенні тканина стає більш рухлива. Зі зменшенням зв'язаності тканини, нитки легше зсуваються одна відносно одної і жорсткість тканини зменшується, що сприяє її деформуванню.

Пластична деформація тканини обумовлюється перегрупуванням частинок, зміною порядку в їх розташуванні, але при цьому відстань між частинками зберігається незмінною. Оскільки відстані

між частинками залишаються незмінними, то при зміні форми тіла не спостерігається змін внутрішньої енергії. У такого роду деформаціях відсутні сили, які могли б повернути частинки тіла в їх первинне положення.

Аналіз отриманих результатів при дії статичного навантаження показав, що для вибраної тканини в якості робочого середовища доцільно використовувати католіт, аноліт, шунгітову та кремнієву води. Проте на сучасному етапі розвитку ВТО для формування та визначення деформаційних властивостей матеріалів пропонується використовувати динамічні навантаження. Тому подальшим етапом досліджень було вивчення формувальних властивостей тканин при динамічних навантаженнях у запропонованих робочих середовищах (таблиця 2, рис. 2).

Таблиця 2

**Повна деформація та її складові при динамічних навантаженнях в досліджуваних середовищах пальтової тканини арт. 45206**

Назва матеріалу	РАРС	Повна деформація, $\epsilon$ , мм	Складові повної деформації, мм (%)		
			умовно пружна $\epsilon_{пр} (\Delta\epsilon_{пр})$	еластична $\epsilon_{ел} (\Delta\epsilon_{ел})$	пластична $\epsilon_{пл} (\Delta\epsilon_{пл})$
Пальтова кашемір (арт. 45206) нитка основи	Католіт	12,67	2,33 (18,4)	3,67 (28,9)	6,67 (52,6)
	Аноліт	13,33	2,33 (17,7)	3,33 (24,9)	7,67 (57,5)
	Кремнієва вода	20,67	5,0 (24,2)	2,67 (12,9)	13,0 (62,9)
	Шунгітова вода	18,67	3,67 (19,7)	2,33 (12,5)	12,67 (67,9)
	М'яка вода	15,67	3,0 (19,1)	2,33 (14,9)	10,33 (65,9)
	Мідна вода	11,67	3,33 (28,5)	4,33 (37,1)	4,0 (34,3)
	Звичайна вода	11,0	5,67 (51,5)	4,33 (39,4)	1,0 (9,1)
Пальтова кашемір (арт. 45206) нитка утку	Католіт	15,33	2,67 (17,4)	2,67 (17,4)	10,0 (65,2)
	Аноліт	17,67	3,0 (16,9)	4,67 (26,4)	10,0 (56,6)
	Кремнієва вода	16,0	8,67 (54,2)	3,0 (18,8)	10,33 (64,6)
	Шунгітова вода	21,33	2,67 (12,5)	3,67 (17,2)	15,0 (70,3)
	М'яка вода	18,67	5,33 (28,5)	4,33 (23,2)	9,0 (48,2)
	Мідна вода	15,0	6,67 (44,5)	3,33 (22,2)	5,0 (33,3)
	Звичайна вода	13,67	5,0 (36,6)	4,67 (34,2)	4,0 (29,3)

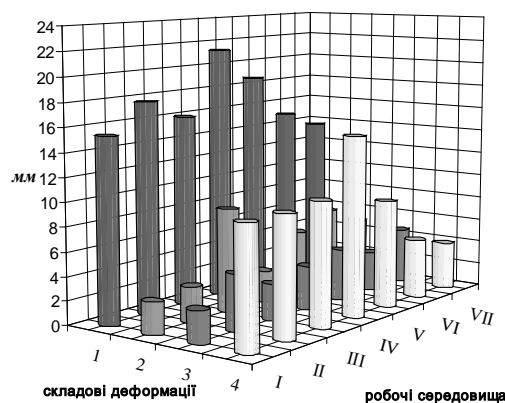
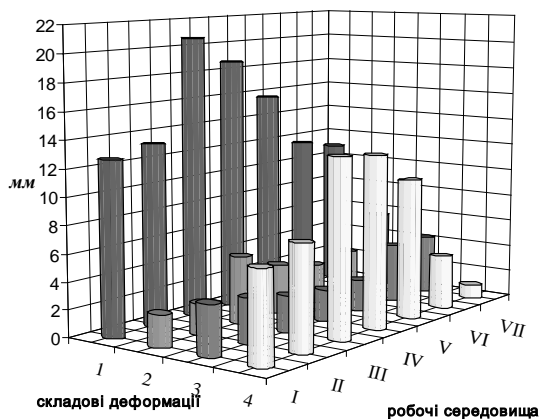


Рис. 2. Повна деформація та її складові при динамічному навантаженні пальтової тканини арт. 4520

З таблиці 2 та діаграм (рис. 2) видно, що зі збільшення навантаження спостерігається зростання повної деформації та частки пластичної складової. Слід зазначити, що зростання є достатньо нерівномірним та відрізняється в залежності від робочого середовища. Найбільш високі показники деформації спостерігаються у католіті, кремнієвій, м'якій та шунгітовій водах. Частка пластичної складової деформації для пальтових тканин збільшується до 70%. При цьому значення зростають для усіх тканин в середньому до 35%. Крім того, при динамічних навантаженнях значно збільшується частка пластичної складової деформації (до 50%) у зазначених вище робочих середовищах. Таке зростання показників пластичної деформації доводить доцільність подальшого вивчення деформаційних властивостей тканин при динамічних навантаженнях.

**Висновки.** Проведені дослідження формувальних властивостей тканин в різних робочих середовищах доводять, що використання структурованої води дозволяє покращити деформацію тканин із різним волокнистим складом при статичному та динамічному навантаженні. Зокрема при дії статичного навантаження чітко простежується збільшення повної деформації у всіх робочих середовищах. Про те, при цьому спостерігається нерівномірний розподіл складових деформації: крім зростання пластичної деформації простежується збільшення частки пружної та зменшення еластичної складової. При динамічному навантаженні спостерігається зменшення частки пружної деформації, що свідчить про зміну орієнтації волокон у нитках та ниток у тканині при комплексній дії додаткового навантаження та води. При цьому спостерігається значне зростання пластичної складової деформації, що свідчить про доцільність використання структурованої води для покращення деформаційних властивостей тканин.

### Література

1. Буханцова Л.В. Удосконалення процесу формування жіночих головних уборів: Дис. Канд. тех. наук: 05.19.04.–Х., 2007.–228с.
2. Кошевка Ю.В. Удосконалення процесу формування та закріплення форми деталей жіночих головних уборів із тканих матеріалів: Дис. Канд. тех. наук: 05.18.19.–Х., 2010.–170с.
3. Буханцова Л.В., Куцевський М.О. Формування об'ємно-просторової форми текстильних матеріалів в рідинно-активному середовищі // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005.-№6, Т.2 – С.191-194.
4. Бузов Б.А., Модестова Т.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение швейного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 424 с.
5. Баженов В.И. Материалы для швейных изделий: Учебник для средн. спец. учеб. заведений. – 3-е изд., испр. и доп.- М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982.— 312 е., ил.
6. Куцевський М.О. Кошевка Ю.В. Класифікація факторів процесу волого-

### References

1. Bukhantsova L.V. (2007) *Udoskonalennia protsesu formuvannia zhinochykh holovnykh uboriv* [Improving the forming process of women's hats] Dis. Cand. tekhn. Nauk. Khmelnytsky. 228 p.
2. Koshenko Yu.V. (2010) *Udoskonalennia protsesu formuvannia ta zakriplennia formy detalei zhinochykh holovnykh uboriv iz tkanykh materialiv* [Improving the formation process and the forms consolidation of women's hats parts from woven materials] Dis. Cand. tekhn. nauk: Khmelnytsky. 170 p.
3. Bukhantsova L.V., Kushchevskiy M.O. (2005) *Formuvannia ob'iemno-prostorovoi formy tekstylnykh materialiv v ridynno-aktyvnomu seredovyshchi* [Three-dimensional shaping of textile materials in liquid-active medium] Bulletin of Khmelnytsky National University. no.6, P.191-194.
4. Buzov B.A., Modestova T.A., Alymenkova N.D. (1986) *Materialovedenie shveyного proizvodstva*. [Material science of clothing manufacture] Moscow. 424 p.
5. Bazhenov V.I. (1982) *Materialy dlia shveynykh izdeliy*. [Materials for clothes] Moscow. Legkaya I pishchevaya promyshlennost, 312 p.
6. Kushchevskiy M.O., Koshenko Yu.V. (2008) *Klasyfikatsiia faktoriv protsesu voloho-teplovoy obrobky*.

теплової обробки. // Вісник Хмельницького національного університету- № 2-2008-с.82-85.

[The classification of wet-heat processing factors] Bulletin of Khmel'nitsky National University. no. 2. P.82-85.

## СТРУКТУРИРОВАННЫЕ ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ГОЛОВНЫХ УБОРОВ КУЩЕВСКИЙ Н.А.

*Хмельницкий национальный университет*

**Цель.** Оптимизация формовочных свойств текстильных материалов различного происхождения за счет использования свойств различных структурированных вод для максимального обеспечения их деформационных свойств.

**Методика.** Исследования базировались на использовании методов сравнительного анализа, аналитического моделирования, экспериментальных исследований.

**Результаты.** Установлено величины составляющих полной деформации в различных структурированных водах при статической и динамической нагрузках. Деформационная способность на примере пальтовой ткани, значительно улучшается в структурированных водах по сравнению с простой водой, которая в последнее время используется в качестве рабочей среды при формировании деталей головных уборов.

**Научная новизна.** Впервые исследована динамика изменений полной деформации и ее составляющих для тканей костюмно-пальтовой группы под влиянием статических и динамических нагрузок в водных рабочих средах

**Практическая значимость.** Определены оптимальные рабочие среды для формирования деталей головных уборов из тканей различного происхождения.

**Ключевые слова:** водная среда, формование, деформация.

## STRUCTURED WATER AS A WORKING ENVIRONMENT FOR HEADGEARS FORMATION KUSHCHEVSKIY N.A.

*Khmel'nitsky National University*

**Purpose.** Optimization of shaping abilities of different textile materials by using the properties of various structured waters to maximize their deformation properties.

**Methodology.** The research is based on the methods of comparative analysis and analytical modelling as well as on the standard test methods.

**Results.** The work is devoted to search of working medium for the formation of textile materials. Used the standard method of "counter" to determine the components of strain: elastic, rubbery and plastic. Set the values of the components of the full strain in different structured waters under static and dynamic loads. Deformation ability, for example, overcoat fabric, greatly improved in structured water compared to plain water, which is used as working medium in the formation of headgear parts.

**Scientific novelty.** The dynamics of changes of full deformation and its components under the influence of static and dynamic loads in working water medium have been investigated for woven materials for suits and coats.

**Practical value.** Optimal working mediums for the formation of headgears parts from different fabrics have been defined.

**Keywords:** water environment, shaping, deformation.

УДК 677.07

СЛІЗКОВ А.М., ПОПОВ В.П., ГУДЗЕНКО. О.С.

Київський національний університет технологій та дизайну

## РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЛЬНИХ ПРОКЛАДОК ПРИ ДЕФОРМАЦІЇ СТИСКАННЯ

**Мета.** Прості та доступні методи оцінювання зміни товщини утеплювальних прокладок для одягу при деформації стиснення практично відсутні, тому розробка нового методу актуальна.

**Методика.** Використано аналітичні, експериментальні та статистичні методи дослідження.

**Результати.** Обґрунтовані параметри методу визначення зміни товщини утеплювальних прокладок при деформації стискання. Запропоновано оцінювати ступінь зміни товщини проб утеплювальних прокладок коефіцієнтом стискання.

**Наукова новизна.** Визначено залежності зміни товщини утеплювальних прокладок від часу та величини навантаження і запропоновано критерій оцінювання цієї зміни - коефіцієнт стискання.

**Практична значимість.** Розроблено простий та доступний метод визначення зміни товщини утеплювальних прокладок при деформації стискання

**Ключові слова:** деформація стискання, механічна напруга, одяг, теплозахисна утеплювальна прокладка, метод, середнє арифметичне, коефіцієнт Стьюдента.

**Вступ.** Для захисту людини від дії низьких температур використовують одяг з теплозахисними прокладками. Теплозахисні властивості прокладок в основному визначаються їх товщиною, яка в процесі зберігання та експлуатації зменшується під дією різних факторів.

Відомо [1- 3], що на пружні деформації у текстильних матеріалах мають вплив такі фактори як параметри навколишнього середовища (вологість та температура), а також величина механічної напруги. Для текстильних матеріалів, при їх стисканні, механічна напруга ( $\sigma$ , Н/м<sup>2</sup>) чисельно дорівнює силі пружності, що діє в деформованому тілі на одиницю його площі:

$$\sigma = \frac{F_{np}}{S}$$

де,  $F_{np}$  - величина результуючої сили пружності, Н;  $S$  - площа зразка, по якій розподілена сила пружності, м<sup>2</sup>.

Механічна напруга характеризує ступінь деформації як текстильного матеріалу в цілому так і окремих його частин. Частини матеріалу, у яких механічна напруга перевищує певні критичні значення зазнають зміни геометричних параметрів (товщини та довжини), а також виникає злипання волокон та клейових складових нетканого матеріалу виготовленого за клейовим способом, тобто виникають пластичні деформації.

Жорсткість тіла залежить від форми і розмірів тіла та матеріалу, з якого воно виготовлено. Чим більше значення жорсткості тіла, тим менша деформація тіла.

За законом Гука сила пружності прямо пропорційна деформації тіла і спрямована протилежно напрямку переміщення частинок тіла під час деформації:

$$F_{np} = k\Delta x$$

де  $\Delta x$  – абсолютне зменшення (видовження) тіла,  $k$  - жорсткість тіла (Н/м).

**Постановка завдання.** Теплозахисні властивості одягу залежать від багатьох факторів: теплозахисних властивостей матеріалів які складають пакет одягу та параметрів навколишнього середовища (температури, вологості повітря). В пакеті матеріалів для зимового одягу основну функцію теплозахисту складає утеплювальна прокладка. Теплозахисні властивості цієї прокладки в основному залежать від її товщини. Чим більша товщина утеплювальної прокладки тим кращий її теплозахист. Це пояснюється тим, що вона забезпечує більшу величину нерухливого шару повітря в пакеті одягу [1, 2].

В процесі зберігання багато видів зимового одягу спеціального призначення складається в пачках, які зберігаються під деформацією стискання протягом довгого проміжку часу. В процесі такого зберігання одягу товщина утеплювальної прокладки значно зменшується, зменшуючи таким чином його теплозахисні властивості. Для забезпечення збереження теплозахисних властивостей зимового одягу потрібні дослідження впливу деформації стискання на утеплювальні теплозахисні матеріали.

На сьогодні існують різні методи визначення деформаційних характеристик при деформації стискання для різних видів матеріалів. Так для полімерних пористих матеріалів розроблені критерії та метод визначення залишкової деформації у разі стискання визначенні у ДСТУ ISO 1856:2008 «Матеріали полімерні пористі еластичні. Метод визначення залишкової деформації у разі стискання», а для матеріалів з високою щільністю метод визначення характеристик напруження під час деформації стискання визначенні у ДСТУ ISO 3386-2:2008 «Матеріали полімерні пористі еластичні. Метод визначення характеристик напруження під час деформування стисканням. Частина 2. Матеріали з високою щільністю»[4-6]. Розглядаючи ці методи можна зазначити, що вони не враховують особливості зміни структури об'ємних нетканих матеріалів при стисканні їх на протязі довгого проміжку часу, тому розробка достатньо простих та достатньо доступних методик визначення впливу деформації стискання на об'ємні текстильні матеріали є актуальною/

**Результати дослідження.** Для дослідження були використані об'ємні неткані полотна клейового способу виробництва (типу «Синтапон») з 100 % ВПЕ поверхневою густиною 150 та 300 г/м<sup>2</sup>, які широко застосовуються в якості утеплювальних прокладок побутового та спеціального одягу для низьких температур.

Для розробки методу оцінки зміни товщини утеплювальних прокладок при деформації стискання потрібно врахувати всі фактори, які можуть впливати на текстильні матеріали при деформації стискання. Такими факторами є величина навантаження, час дії навантаження та параметри навколишнього середовища (температура, вологість повітря). В процесі дослідження параметри навколишнього середовища були постійними, тому їх вплив на результати був практично відсутнім.

Таким чином основними факторами, які мали вплив на деформаційні властивості об'ємних нетканих полотен та їх механічну напруженість були наступні: величина навантаження та час його дії на матеріал.

Крім цього важливим елементом методу є вибір параметрів елементарної проби. Для зручності підрахунків та мінімізації витрат матеріалу параметри елементарної проби були прийняті 100×100 см.

Для кращого визначення товщини елементарної проби вона укладалася на гладку горизонтальну поверхню з обмежувачем зсуву проби і на неї накладалася паперова накладка

аналогічного з нею розміру, вага якої дорівнювала попередньому навантаженню на пробу, що значно покращувало вимірювання її товщини. Вимірювання товщини проби здійснювали за допомогою штангельциркуля з кожної сторони проби з подальшим усередненням. Для кожного варіанту викроювалися по 3 проби з повтором. Кількість вимірювань в кожному варіанті навантаження становила 12, що забезпечило досить малу статистичну похибку до 5%.

Значення зміни товщини проби в процесі відпочинку (при кожному значенні навантаження) вимірювалися в наступних проміжках часу: 1, 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180 хв. Графік релаксації проби в процесі відпочинку після деформації стискання представлено на рис. 1.

Середньо арифметичні значення вимірів товщини проб порівнювалися між собою за критерієм Стьюдента –  $t$  (при  $P_d = 0,95$ ) [7-10]. В результаті досліджень визначено, що релаксація матеріалу спостерігається вже після 60 хв. відпочинку проби. Подальший час відпочинку (120 та 180 хв.) незначимо впливає на відновлення товщини проби після навантаження при кожному значенні навантаження, тому для вимірювання зміни товщини проби після навантаження достатньо 60 хв. або 1 год. відпочинку.

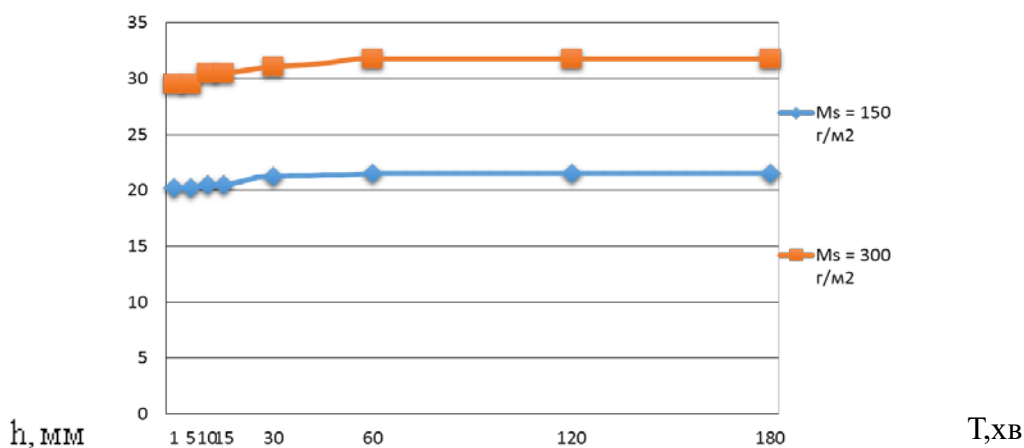


Рис. 1. Графіки зміни товщини проб в процесі відпочинку

Для дослідження впливу зазначених вище факторів на зміну товщини утеплювальних прокладок при деформації стискання було проведено два однофакторних експерименти для кожного значення поверхневої густини утеплювальної прокладки.

У першому експерименті досліджувався вплив величини навантаження на зміну товщини утеплювальних прокладок. Величина навантаження варіювалася від 10 до 50 Н з інтервалом в 10 Н, що забезпечувало значення механічної напруги на пробу відповідно від 1000 до 5000 Н/м<sup>2</sup>. Час навантаження був прийнятий 24 год. або 1 доба. За результатами попереднього експерименту було визначено, що при меншому часі (від 1 до 20 год.) із зазначеними величинами навантаження зміни товщини прокладок були практично відсутні. На рис.2 представлені графіки зміни товщини проби в залежності від величини навантаження.

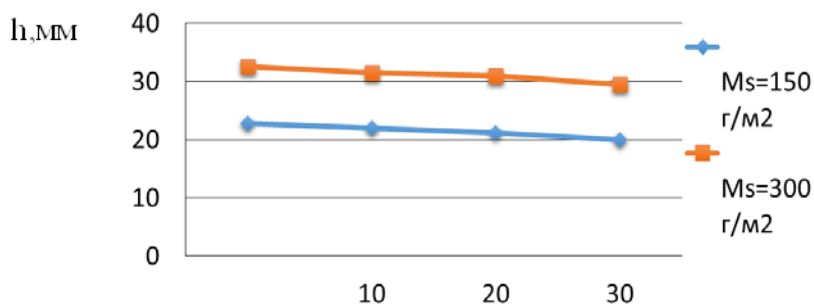


Рис. 2. Графіки залежності зміни товщини проби від величини навантаження

В результаті проведення першого експерименту визначили, що величина навантаження, при встановленому часі навантаження 24 год. (1 доба), значимо впливає на зміну товщини прокладок тільки при значеннях 30, 40 та 50 Н при порівнянні середніх значень за критерієм Стьюдента –  $t$  (при  $P_D = 0,95$ ). При менших значеннях (10 та 20 Н) вплив навантаження не мав значимого впливу. Для подальших досліджень було прийнято оптимальну величину навантаження на пробу, яка дорівнювала 30 Н.

У другому експерименті досліджувався вплив часу навантаження на зміну товщини утеплювальної прокладки. Виходячи з результатів попереднього експерименту значення часу навантаження були прийняті наступні: 1, 2, 3 та 4 доби. Величина навантаження на пробу становила 30 Н, що становить  $3000 \text{ Н/м}^2$  механічної напруги. На рис. 3 представлені графіки зміни товщини проби в залежності від часу навантаження.

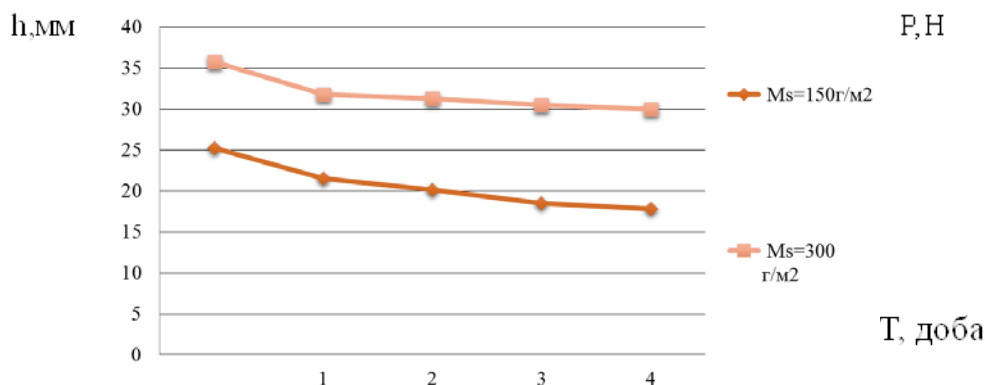


Рис. 3. Графіки зміни товщини проби в залежності від часу навантаження

В результаті дослідження визначили, що значимі зміни товщини проби спостерігаються при усіх значеннях встановленого вище часу навантаження при порівнянні між собою середніх значень за критерієм Стьюдента –  $t$  (при  $P_D = 0,95$ ). Таким чином для методу приймається значення часу навантаження 1 доба, що значно скорочує час проведення дослідження та покращує умови роботи експериментатора.

Для оцінки ступеня зміни товщини проб утеплювальних прокладок після деформації стискання пропонується застосовувати наступний показник – коефіцієнт стискання. Коефіцієнт стискання проби  $K_{CT}$ , %, визначається за наступною формулою:

$$K_{CT} = \frac{h_R}{h_0} \cdot 100, \%$$

де  $h_K$  – кінцева товщина проби після відпочинку, мм;  $h_0$  – початкова товщина проби, мм.

При порівнянні утеплювальних прокладок різної поверхневої густини визначено, що при її збільшенні з 150 до 300 г/м<sup>2</sup> вплив навантаження та часу його дії на матеріал значимо зменшується при порівнянні між собою середніх значень за критерієм Стюдента –  $t$  (при  $P_D = 0,95$ ) майже у два рази, що може пояснюватися суттєвим зменшенням величини механічної напруги на об'єм утеплювальної прокладки, що становить відповідно –  $1,5 \times 10^5$  Н/м<sup>3</sup> та  $0,9 \times 10^5$  Н/м<sup>3</sup>. Коефіцієнт стискання для проби з поверхневою густиною 300 г/м<sup>2</sup> становив 89%, а для проби з поверхневою густиною 150 г/м<sup>2</sup> – 72%, що також пояснюється зазначеною вище причиною.

**Висновки.** Розроблено простий та доступний метод оцінки зміни товщини об'ємних нетканних матеріалів для утеплювальних прокладок, який використовується на низці підприємств України. Час навантаження проб до 20 годин не значимо (при  $P_D = 0,95$ ) впливає на зміну товщини прокладок. При зміні часу від 1 до 3 діб визначено, що ці значення часу навантаження призводять до значимих змін товщини прокладок. Величина навантаження до 30 Н значно збільшує час проведення дослідження, тому доцільно було її збільшувати.

В результаті досліджень запропоновані наступні параметри методу: розміри проби 100×100 мм, значення величини навантаження – 30 Н, а значення часу навантаження – 24 год. (1 доба). Запропоновано оцінювати ступінь зміни товщини проб утеплювальних прокладок після деформації стискання коефіцієнтом стискання.

#### Література

1. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. Швейное производство. М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 448 с.
2. Орленко Л.В., Гаврилова Н.И. Конфекционирование материалов для одежды: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 288 с.
3. Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия). М.: Легпромбытиздат, 1992. – 272 с.
4. ДСТУ ISO 1856:2008 «Матеріали полімерні пористі еластичні. Метод визначення залишкової деформації у разі стискання» - К.: Держспоживстандарт, 2008. – 15-с.
5. ДСТУ ISO 3386-2:2008 «Матеріали полімерні пористі еластичні. Метод визначення характеристик напруження під час деформування стисканням. Частина 2. Матеріали з високою щільністю». - К.: Держспоживстандарт, 2008. – 12-с.
6. Методы испытания и исследования неметаллических материалов / Под ред. Паншина Б. И., Перова Б. В., Шарова М. Я. - М.: Машиностроение, 1973.- Т.3.- 284с.
7. Севостьянов А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических

#### References

1. Buzov B. A, Alymenkova N. D. (2004) *Materyalovedenye production of products in mild industry. GARMENT production.* М.: Publishing. Center "Academy", 448 p.
2. Orlenko L. V, Gavrilov N. I. (2006) *Konfektsyonyrovanye materials for odezhdы: Uchebnoe posobyе.* М.: FORUM: INFRA-M, 288 p.
3. Kukyn G. N, Soloviev A. N. (1992) *Tekstylnoe materyalovedenye (tekstylnye fabric and products.* М.: Lehprombytyzdat, 272 p.
4. DSTU ISO 1856: 2008. *Polymer porous elastic. The method of determining permanent deformation when compression* К.: DSSU, 2008. 15 p.
5. DSTU ISO 3386-2: 2008. *Polymer porous elastic. The method of determining characteristics of strain during compression deformation. Part 2. Materials with high density.* К.: DSSU, 2008. 12 p.
6. Panshina B.I, Perova B.V., Sharova M.Ya. (1973) *Methods of trials and research materials nemetalicheskyh.* М.: Engineering, 284 p.
7. Sevost'yanov A. G. (2007) *Metody ispytaniya i issledovaniya nemetalicheskikh materialov [Methods and Mechanics sredstva research and technological processes tekstylnoy industry].* М.: MSTU them. A. Kosykhyna, 646 p.
8. Asoloviev A. N., Kiryukhin S. M. (1974) *Metody i sredstva issledovaniya mekhaniko-*

процессов текстильной промышленности. — М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, ООО «Совъяж Бево», 2007 - 646 с.

8. Соловьев А. Н., Кирюхин С. М. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1974. – 245 с.

9. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. - М.: «Мир», 1982 - 488 с.

10. Демківський О. Б. та ін. Статистична обробка результатів вимірювань та експериментальних даних в текстильній промисловості. - К.: КНУТД, 2012. – 106 с.

tekhnologicheskikh protsessov tekstil'noy promyshlennosti. [Quality evaluation and standardization of textile materials]. М: Lehkaya Industriia, 245 p.

9. Afifi A., Eyzen S. (1982) *Statysticheskyy analysis. Using Approach with computers*. 488 p.

10. Demkivsky A. B. (2012) *Statystychna obrobka rezultativ vymiryuvan ta eksperymentalnykh danykh v tekstyl'niy promyslovosti* [Statistical analysis of measurement results and experimental data in the textile industry] Kyiv National University of Technologies and Design. 106 p. [in Ukrainian]

### РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛЯЮЩИХ ПРОКЛАДОК ПРИ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТИЯ

СЛИЗКОВ А.Н., ПОПОВ В.П., ГУДЗЕНКО О.С.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Простые и доступные методы оценки изменения толщины утепляющих прокладок для одежды при деформации сжатия практически отсутствуют, поэтому разработка нового метода актуальна.

**Методика.** Используются аналитические, экспериментальные и статистические методы исследования.

**Результаты.** Обоснованы параметры метода определения изменения толщины утепляющих прокладок при деформации сжатия. Предложено оценивать степень изменения толщины проб утепляющих прокладок коэффициентом сжатия.

**Научная новизна.** Определены зависимости изменения толщины утепляющих прокладок от времени и величины нагрузки, а также предложен критерий оценивания этого изменения - коэффициент сжатия

**Практическая значимость.** Разработан простой и доступный метод оценки определения изменения толщины утепляющих прокладок при деформации сжатия.

**Ключевые слова:** деформация сжатия, механическое напряжение, одежда, утепляющая прокладка, метод, среднее арифметическое, коэффициент Стьюдента.

### DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DETERMINING THE CHANGE OF THICKNESS OF THERMAL GASKETS IN THE DEFORMATION OF CONDENSATION

SLIZKOV A.N., POPOV V.P., GUDZENKO O.S.

Kyiv National University of Technology and Design

**Goal.** Simple and affordable methods for assessing the change in the thickness of heat-insulating linings for clothing with compression deformation are practically absent, so the development of a new method is relevant.

**Methodology.** Analytical, experimental and statistical methods of research are used.

**Results.** The parameters of the method for determining the change in the thickness of the heat-insulating pads are deformed under compression deformation. It was proposed to estimate the degree of change in the thickness of the samples of the insulating gaskets by the coefficient of compression.

**Scientific novelty.** Dependencies of the change in the thickness of the heat-insulating pads versus time and the magnitude of the load are determined, and a criterion for estimating this change, the compression coefficient.

**Practical significance.** A simple and accessible method for estimating the change in the thickness of thermal insulation gaskets for compression deformation is developed.

**Key words:** compression deformation, mechanical stress, clothing, heat-insulating pad, method, arithmetic mean, Student's coefficient.

УДК 685.34.016

ЩУЦЬКА Г.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ОСНОВНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ВИРОБІВ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ЗАДАНИМИ ВОЛОГОТРАНСФЕРНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

**Мета.** Огляд розроблених математичних моделей розповсюдження рідини в багатошарових ранових покриттях.

**Методика.** В процесі моделювання структури матеріалів використовувались методи структурного аналізу, для обробки результатів експериментів використовувались сучасні пакети тривимірної графіки.

**Результати.** Наведено короткий огляд робіт автора за тематикою розробки виробів медичного призначення з заданими вологотрансферними характеристиками. Представлено модель тривимірної поверхні розповсюдження рідини в ранових покриттях, описано запропонований фотограмметричний метод для визначення інтенсивності проходження рідини крізь текстильний матеріал.

**Наукова новизна.** Узагальнені розроблені моделі тривимірних анізотропних матеріалів ранових покриттів, які враховують їх дискретні і континуальні властивості. Представлена просторова модель розповсюдження рідини в матеріалі, яка дозволяє визначити як глибину проникнення, так і параметри розповсюдження по площині.

**Практична значимість.** Отримані моделі дозволяють розробити рекомендації для описання процесів вологопереносу в матеріалах медичного призначення, що дає змогу прогнозувати час їх ефективної експлуатації.

**Ключові слова:** математичні моделі, вологоперенос, багатошарові ранові покриття.

**Вступ.** Аналіз асортименту сучасних перев'язочних засобів та ранових покриттів свідчить про те, що більшість з них є багатошаровими текстильними матеріалами, причому однією з провідних вимог до їх функціональної придатності є високі задані вологотрансферні властивості. Між тим слід зазначити, що відсутність надійних методик прогнозування властивостей таких матеріалів обумовлює інтуїтивний підхід до їх розробки і експлуатації. Складність самої постановки задачі дослідження масопереносу в подібних системах призводить до її подрібнення на ряд окремих спеціальних питань, які не об'єднуються потім у виді конкретних рекомендацій практичного вибору матеріалів та способу їх компонування у композиційний матеріал. Широкий спектр розроблених на цей час текстильних матеріалів медичного призначення утруднює чисто експериментальне рішення задачі.

Ефективність перев'язувальних матеріалів для лікування ран в значній мірі обумовлена їх сорбційними властивостями. Обширні рани продукують значну кількість ексудату - до 0,35 мл/см<sup>2</sup> на добу. Видалення ексудату, що виділяється, з поверхні рани, необхідно для запобігання зворотного всмоктування в організм токсичних продуктів розпаду некротичних тканин. Побудова математичних моделей багатошарових матеріалів надає змогу передбачати строк функціонування сучасних перев'язочних засобів, прогнозувати динаміку проходження рідини (лікарських речовин), а також надавати рекомендації по створенню матеріалів з заданими функціями проходження вологи. В попередніх дослідженнях [1-6] нами визначено раціональні умови використання континуальних методів для моделювання процесів тепло – масо переносу в матеріалах для виробів медичного призначення. Чисельне моделювання для дискретного середовища виявило вперше винайдений нами ефект збільшення концентрації рідини всередині

матеріалу, названий нами парадокс внутрішньої концентрації. Цей ефект проявляється в тому, що при певних співвідношеннях дискретних параметрів середовища максимальне розповсюдження рідини відбувається не на поверхні матеріалу, а на певній глибині. Появлення цього ефекту визначається параметром, що пов'язує геометричні властивості матеріалу і дискретні параметри проходження рідини.

При аналізі структурних особливостей виробів медичного призначення слід відзначити фактори складної геометрії зони їх дії, а також порівняно великі товщини даних матеріалів, що у ряді випадків може вимагати використання тривимірних моделей сорбційних процесів. Тривимірні дискретні моделі дозволяють аналізувати процеси, що відбуваються в матеріалах з декількома шарами, врахувати ефекти сорбції рідини у випадку складних геометричних характеристик ран і реальні анізотропні властивості композиційного текстильного матеріалу. На основі створених моделей розв'язана [6] просторова задача розповсюдження рідини в матеріалі, графічно відображена на рис.1, яка дозволяє визначити як глибину її проникнення, так і параметри розповсюдження по площині, визначено взаємовплив напрямів анізотропії на загальний процес переносу.

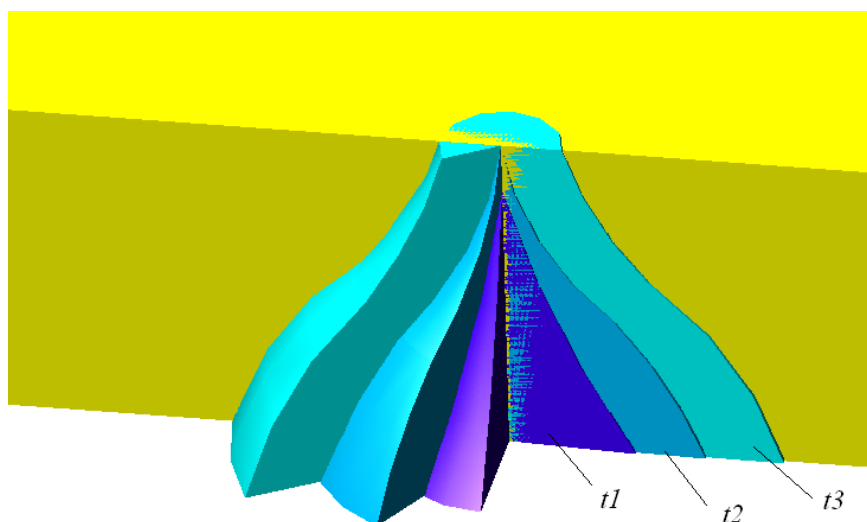


Рис.1. Кінетика розповсюдження рідини по товщині матеріалу ( $t_1 < t_2 < t_3$ )

**Постановка завдання.** Розробити комп'ютерні методи, що дозволять визначати яскравість змочених зон, які будуть використовуватись для оперативного визначення показників матеріалів медичного призначення.

**Результати досліджень.** При розробці ранових покриттів з пролонгованою спрямованою дією для визначення зони дії та необхідної кількості лікарських речовин, що вводяться, бажано знати геометрію рани. На прикладі реальної рани на голени (рис.2,а), контур якої був записаний у вигляді полярних сплайнів, було проведено моделювання проходження метаболічних рідин і лікарських препаратів крізь ранове покриття. На рис.2,б представлена тривимірна поверхня розповсюдження рідини при видаленні метаболічних речовин з рани, на рис.2, в - при транспорті лікарської рідини через матеріал медичного призначення до рани.

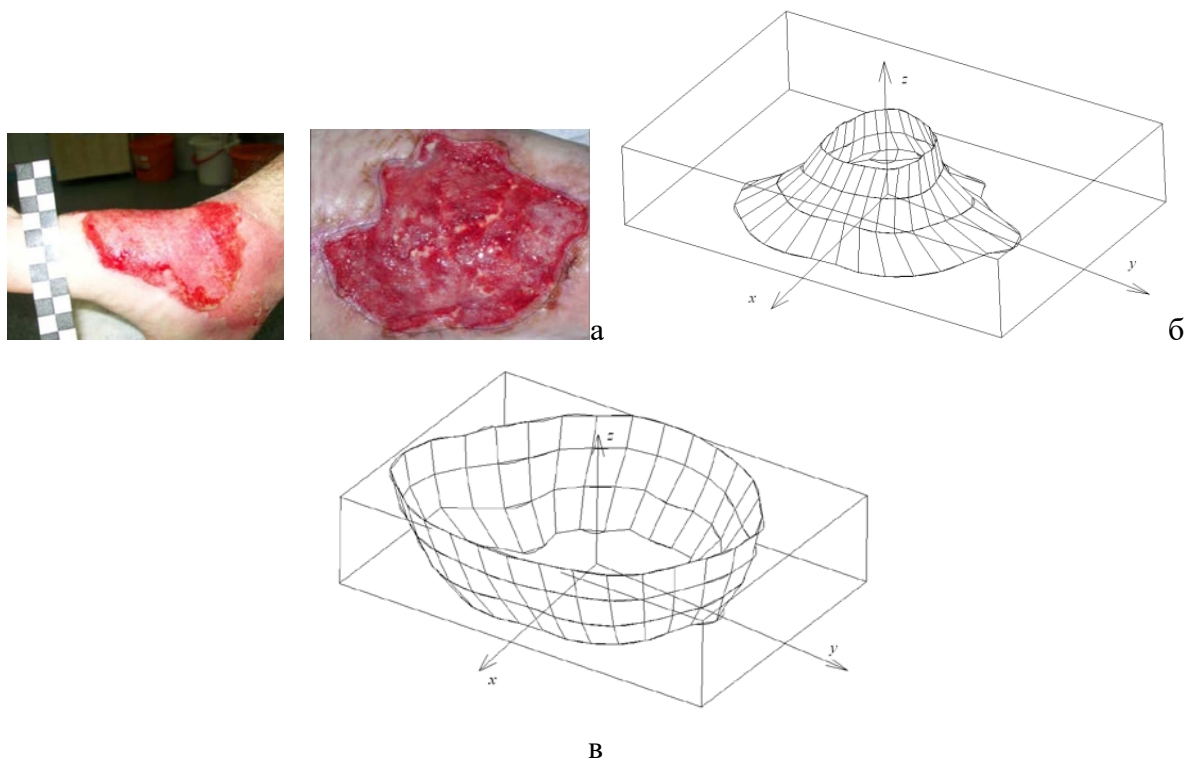


Рис.2. а) Рана голені та її геометрична форма; б) конфігурація змоченої зони при видаленні метаболічних речовин з рани; в) конфігурація змоченої зони при транспорті лікарських речовин в рану

Нами запропоновано [7] використовувати фотограмметричний метод для визначення інтенсивності проходження рідини крізь текстильний матеріал за зміною її концентрації в матеріалі. Слід зазначити, що цей параметр, який є дуже важливим для текстильних основ ранових покриттів, в прямий спосіб визначити досить важко. Фотограмметрія, яка використовує способи і прийоми, запозичені з оптики і проєктивної геометрії, дає можливість визначати і вивчати форми, розміри, просторове положення та ступені зміни в часі різних об'єктів за результатами вимірювань їх фотографічних зображень в візуалізованому або цифровому вигляді. Фотограмметричний метод, наприклад, успішно використовується при проектуванні швейних виробів [8 -9].

Гіпотеза про відповідність яскравості змоченої зони концентрації рідини в ній передбачає визначення концентрації, як відношення поточної яскравості до максимально можливої:

$$u = \frac{J}{J_{\max}}$$

Введемо безрозмірну координату, що дорівнює відношенню поточної координати до максимальної, що досягла рідина:

$$\bar{x} = \frac{x}{X}$$

Проведений регресійно-кореляційний аналіз дозволив вивести рекомендовану залежність для функції розповсюдження рідини в лінійному зразку матеріалу у вигляді:

$$u = e^{-a \frac{x}{t}}$$

де  $u$  – концентрація в точці,  $x$  – лінійна координата,  $t$  – час,  $a$  – константа розповсюдження рідини в матеріалі.

Експериментальне визначення процесу розповсюдження рідини в зразках текстильних матеріалів медичного призначення проводилося за наступною схемою. Одна з границь досліджуваного матеріалу приводилася в контакт з підфарбованою рідиною, яка, завдяки дифузійним властивостям матеріалу, розповсюджувалась вздовж зразка, змінюючи свою яскравість. Порядок експерименту складається в фіксації яскравостей розповсюдження рідини методом фотографування, переведення зображення в комп'ютерний вигляд, розташування елементів з різною яскравістю, визначення яскравості кожного елементу в графічній програмі Adobe Fotoshop, визначення різниці яскравості вихідного матеріалу і зафарбованої частини (Рис.3,а). Визначались також зміни границь змоченої зони при нанесенні краплі рідини на поверхню матеріалу (Рис.3,б).

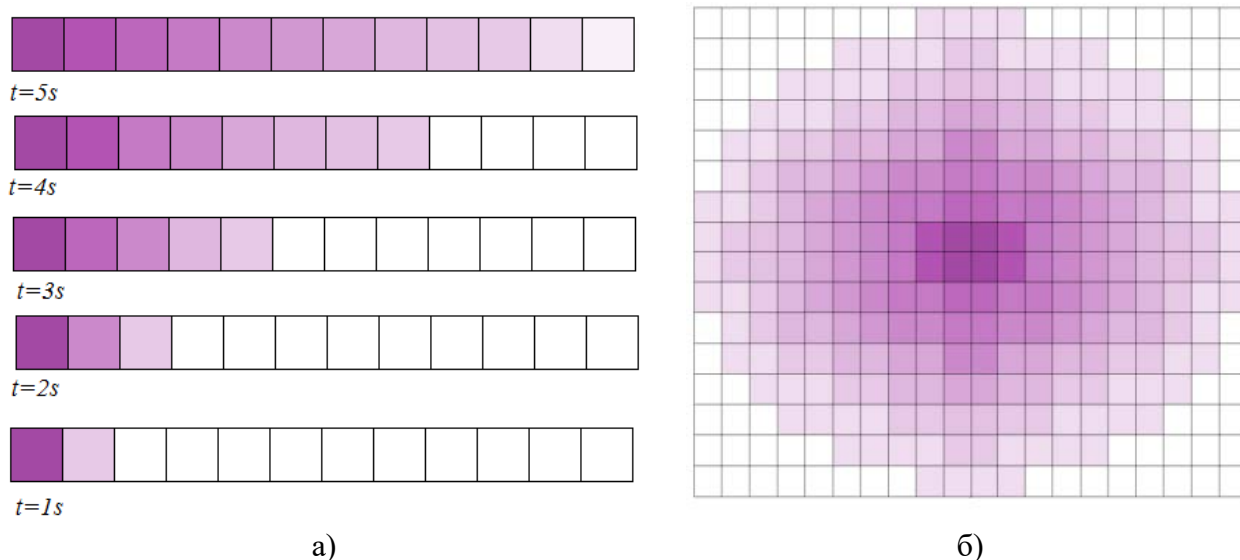


Рис.3. Зміна яскравості при розповсюдженні рідини лінійним зразком:  
 а) різниця яскравості вихідного матеріалу і зафарбованої частини  
 б) зміна границь змоченої зони при нанесенні краплі рідини на поверхню матеріалу

Швидкість зміни граничної зони  $v$  може бути визнана характеристикою матеріалу. Використовуючи експериментальні дані, швидкість наближено може бути знайдена, як відношення прирощення площі змоченої зони  $f$  до проміжку часу  $t$ , в який ця зона реєструється:

$$v = \frac{df}{dt} \approx \frac{f(t + \Delta t) - f(t)}{\Delta t}$$

Приклади зміни швидкостей зміни змоченої зони, визначені для трьох видів лляних тканин, структурні характеристики яких наведені в таблиці 1, представлені на рис.4.

Таблиця 1.

Структурні характеристики тканин

№	Назва зразку	Товщина, мм	Вміст складників сировинного складу, %	Поверхнева густина Ms, г/м <sup>2</sup>	Кількість ниток на 10 см по основі (По)/По утку(Пу)
1 Т	Тканина лляна	0,30	Льон – 100%	157	220/160
2 Т	Тканина лляна (набивна) Арт 5С108	0,50	Льон – 100%	175	190/170
3 Т	Тканина лляна Арт 07С179	0,70	Льон – 100%	212	180/115

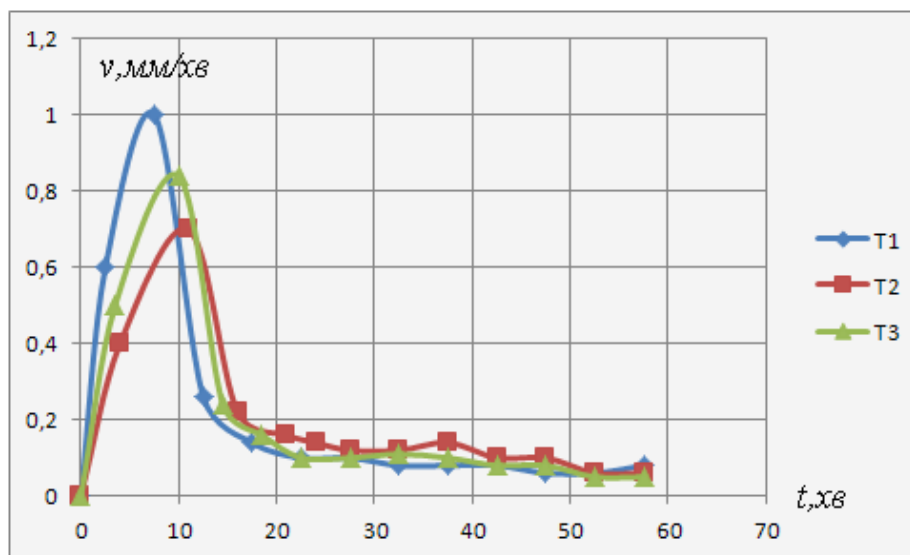


Рис.4. Швидкість зміни змоченої зони для тканин Т1-Т3 по основі

Характерні точки цих кривих – положення і значення максимуму, значення часу, при якому інтенсивність розповсюдження знижується до малої величини, близької до нуля. Вірогідність результатів забезпечується використанням сучасних методів цифрової фотометрії сумісно з апробованими комп'ютерними програмами обробки графічних зображень для визначення яскравостей матеріалів при розповсюдженні рідини.

Результати двомірних випробувань на основі кольорових комп'ютерних методів продемонстрували відмінність від простої суперпозиції двох напрямків розтікання матеріалу (Рис.5), що вимагає врахування анізотропних ефектів при їх проектуванні і експлуатації.

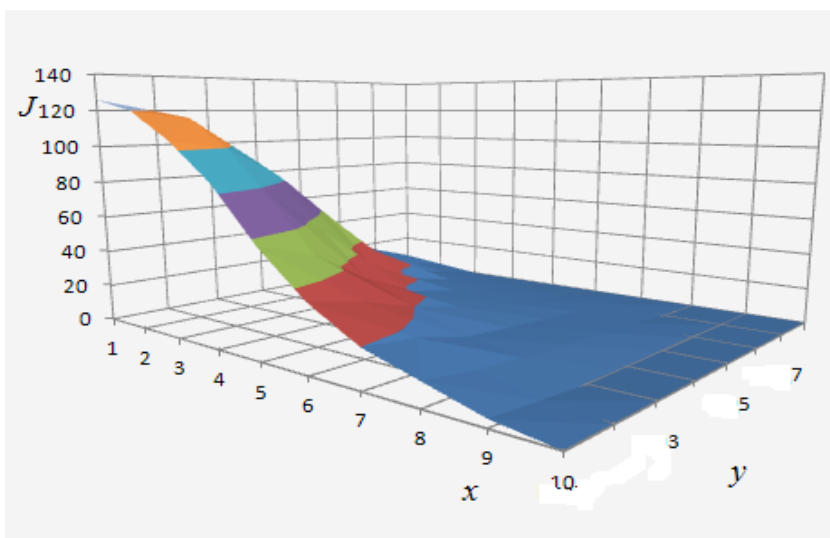


Рис.5. Поверхневий графік зміни концентрацій на площині

**Висновки.** Розроблені комп'ютерні методи, що дозволяють визначати яскравість змочених зон можуть використовуватися для оперативного визначення показників матеріалів медичного призначення. Точність вимірювання при цьому складає 3-5%.

#### Література

1. Shchutska A.V. Some Fundamental Problems of Heat-Mass-Transfer through the Thin Materials //International Journal of Composite Materials. – 2014. - №4(5A). P. 35-40.
2. Щуцька Г.В., Супрун Н.П. Дискретна двовимірна модель розтікання вологи в текстильних матеріалах // Вісник КНУТД. - 2015. - №3. С. 107-113
3. Щуцька Г.В. Метод прогнозування проникнення рідини крізь пористі матеріали// Східно-Європейський журнал передових технологій №3/11(75), 2015. – С.19-24
4. Щуцька Г.В. Теоретичне обґрунтування та практичне визначення границі змоченої зони текстильного матеріалу на основі дискретного моделювання// Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2015. - № 4 (88) - С. 77-83.
5. Супрун Н.П., Щуцька Г.В., Ващенко Ю.О. Теоретичне обґрунтування та моделювання процесів нестационарного розповсюдження рідини в анізотропних текстильних матеріалах// Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. –2015. -№ 1(82).- С.150-156.
6. Супрун Н.П., Щуцька Г.В. Тривимірна дискретна модель розповсюдження вологи у фрактальних матеріалах// Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія "Технічні науки". - 2015. - № 6 (92). - С. 181-186.
7. Shchutska G. Defining the terms of distribution of fluid in textile with photometry technique// EUREKA: Physics and Engineering" №6/1.2016, p.37-45.
8. Медведєва Т.В. Способ преобразования фотограмметрической информации для целей

#### References

1. Shchutska A.V. (2014) Some Fundamental Problems of Heat-Mass-Transfer through the Thin Materials. International Journal of Composite Materials. no. 4 (5A). P. 35-40.
2. Shchutska G.V., Suprun N.P. (2015) *Dyskretna dvovymirna model rozতিকання volohy v tekstylnykh materialakh*. BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical Science Series». no. 3. P. 107-113.
3. Shchutska G.V. (2014) *Metod prohnozuvannia pronyknennia ridyny kriz porysti materialy*. Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii no.3/11(75), P. 19-24
4. Shchutska G.V. (2015) *Teoretychne obgruntuvannia ta praktychne vyznachennia hranytsi zmochenoi zony tekstylnoho material na osnovi dyskretnoho modeliuvannia*. BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical Science Series». no. 4 (88). P. 77-83.
5. Suprun N.P., Shchutska G.V., Vashchenko Yu.O. (2015) *Teoretychne obgruntuvannia ta modeliuvannia protsesiv nestatsionarnoho rozpovciudzhennia ridyny v anizotropnykh tekstylnykh materialakh*. BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical Science Series». no. 1 (82) P. 150-156.
6. Suprun N.P., Shchutska G.V., (2015) *Tryvymirna dyskretna model rozpovciudzhennia volohy u fraktalnykh materialakh*// BULLETIN of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical Science Series». no. 6 (92) P. 181-186.
7. Shchutska G. (2016) Defining the terms of distribution of fluid in textile with photometry technique // EUREKA: Physics and Engineering" no. 6/1. p. 37-45.

автоматизированого проєктирования одєжды // Швейная промышленность. - 1998. - № 5. - С. 35-36.  
9. Лушевська О.М., Пєлюх І.М., Троян О.М. Використання фотограмметричного способу отримання інформації при проєктуванні спеціального одягу.// Вісник ХНУ. – 2009. - С. 183-187.

8. Medvedeva T.V. (1998) *Sposob preobrazovaniya fotogrammetricheskoy informacii dlya czelej avtomatizirovanogo proektirovaniya odezhdyy*// *Shejnaya promy`shlennost`*. no. 5. P. 35-36.

9. Lushchevska O.M., Peliukh I.M., Troian O.M. (2009) *Vykorystannia fotohrammetrychnoho sposobu otrymannia informacii pry proektuvanni spetsialnoho odiahu*// *Visnyk KhNU*. P.183-187.

## ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ЗАДАНЫМ ВЛАГОТРАНСФЕРНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

ЩУЦКАЯ А.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Обзор разработанных математических моделей распространения жидкости в многослойных раневых покрытиях

**Методика.** В процессе моделирования структуры материалов использовались методы структурного анализа, для обработки результатов экспериментов использовались современные пакеты трехмерной графики.

**Результаты.** Приведен краткий обзор работ автора по тематике разработки изделий медицинского назначения из заданными влаготрансферными характеристиками. Представлена модель трехмерной поверхности распространения жидкости в раневых покрытиях, описано предложенный фотограмметрический метод для определения интенсивности прохождения жидкости сквозь текстильный материал.

**Научная новизна.** Обобщены разработанные модели трехмерных анизотропных материалов раневых покрытий, которые учитывают их дискретные и континуальные свойства. Представлена пространственная модель распространения жидкости в материале, которая позволяет определить как глубину так и параметры распространения по плоскости.

**Практическая значимость.** Полученные модели позволяют разработать рекомендации для описания процессов влагопереноса в материалах медицинского назначения, что позволяет прогнозировать время их эффективной эксплуатации.

**Ключевые слова:** математические модели, влагоперенос, многослойные раневые покрытия.

## KEY ASPECTS OF MEDICAL DEVICES DEVELOPMENT WITH GIVEN WET TRANSFER CHARACTERISTICS

SHCHUTSKA G.V.

Kyiv National University of Technology and Design

**Purpose.** It has been considered the developed mathematical models spreading liquid in the multilayer wound coatings.

**Methodology.** In the process of modelling structure of the materials have been used methods of structural analysis, for processing results of experiments have been used modern three-dimensional graphics packages.

**Results.** A brief overview of author works have been given on the subject of medical devices development with given wet transfer characteristics. It has been presented the model of three-dimensional surface spreading liquid in the wound coatings. The proposed photogrammetric methods for intensity definition of passage liquid through textile material has been described.

**Scientific novelty.** There have been generalized the developed three-dimensional models anisotropic materials wound coatings, which consider their discrete and continuum properties. A spatial model of the spreading liquid in the material has been presented, and it determines both penetration well and distribution settings in the space.

**Practical value.** The received models allow to develop recommendations for processes description of moisture transport in the materials of medical devices, that gives an opportunity to predict the time of their effective use.

**Keywords:** mathematical models, moisture transport, multilayer wound coatings.

СУПРУН Н.П.

Київський національний університет технологій та дизайну

## ОСНОВНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ СУЧАСНОГО ШПИТАЛЬНОГО ОДЯГУ

**Мета.** Встановити основні засади розробки сучасного шпитального одягу з урахуванням особливостей умов його експлуатації.

**Методика.** Використана методологія проектування, яка враховує систематизацію умов експлуатації, топографію проведення медичних процедур, розробку відповідних функціонально-конструктивних елементів.

**Результати.** Проаналізовано вимоги та особливості процесу проектування одягу для поранених та шпитального одягу.

**Наукова новизна.** Вперше створено алгоритм розробки сучасного асортименту шпитального одягу з гнучкою морфологічною структурою.

**Практична значимість.** Розроблено та надано в дослідну експлуатацію ряд моделей функціонального шпитального одягу.

**Ключові слова:** шпитальний одяг, алгоритм розробки, функціонально-конструктивні елементи.

**Вступ.** Проблема розробки сучасного шпитального одягу для поранених і травмованих військовослужбців Збройних Сил України є однією із складових завдання необхідності приведення до 2020 р. у відповідність із стандартами НАТО існуючих нормативних документів медичного забезпечення. Одним з невирішених на цей час питань, яке часто виникає у військових шпиталях, особливо у відділеннях травматології, анестезіології, опікових центрах і палатах інтенсивної терапії, є невідповідність існуючого шпитального одягу сучасним технологіям лікування та утримання прооперованих. Між тим відомо, що одяг, який використовується у лікарняних закладах, має великий вплив на якість медичних послуг, визначає психологічний комфорт та самопочуття хворого.

Якість будь-якого спеціального одягу визначається ступенем його відповідності умовам експлуатації, оптимальною конструкцією, цілісністю композиційного і колірного рішення моделі. У порівнянні з побутовим, шпитальний одяг має виконувати ряд специфічних функцій залежно від особливостей протікання конкретного захворювання та його лікування, що зумовлює певний комплекс вимог. Ці вироби, перш за все, повинні забезпечувати нормальне функціонування організму - вільно поглинати та відводити рідку та пароподібну вологу з поверхні тіла, захищати організм від охолодження, перегрівання та забруднення, очищати шкіру від поту та жиру. Крім високої гігієнічності, шпитальний одяг має бути стійкими до багаторазового прання, витирання та багаторазових деформацій згинання та розтягування. Матеріали мають бути м'якими на дотик, легкими, не повинні містити в собі токсичних і алергічних речовин, які могли б негативно впливати на організм або викликати пошкодження ранових ділянок шкіри. Важливим фактором є ціна виробу, що визначає доступність даного одягу для широкого кола споживачів.

**Постановка завдання.** Нами були проведені попередні дослідження, які засвідчили, що шпитальний одяг потребує удосконалення в плані асортименту, розробки нових конструктивних рішень, використання сучасних високотехнологічних матеріалів з наданими специфічними

властивостями. Нажаль, в нашій країні практично не розробляються спеціальні швейні вироби, призначені для поранених та важкохворих, що знаходяться на лікуванні у шпиталях. Вітчизняні публікації, що стосуються дещо схожих питань, які в певній мірі можна використовувати як аналоги розробок шпитального одягу, відносяться до створення виробів для інвалідів та важкохворих [1]. В розділах монографії [2] розглядаються теоретичні основи надання необхідних медико-біологічних властивостей текстильним матеріалам та їх пакетам і наводяться прилади їх цільоспрямованого застосування у функціональних виробках. Питання особливостей розробки сучасного вітчизняного шпитального одягу висвітлені в роботах [3 - 5]. В країнах ЄС та США активні дослідження вчених направлені на створення інноваційних матеріалів і пристосувань, що підвищують рівень проведення медичних процедур, надають текстилю необхідні функціональні властивості, в тому числі, комфортність, здатність забезпечувати бактеріологічний бар'єр та ін. Наукових робіт, безпосередньо присвячених розробці шпитального одягу та виробів для поранених, у відкритому доступі практично немає, хоча на важливість обгрунтованого вибору матеріалів та конструкцій цих виробів наголошується у літературі, присвяченій медичному та військовому текстилю (наприклад, [6 - 7]). Питання проектування одягу для людей, які страждають різними видами захворювань, створення медичного текстилю нового покоління з наданими властивостями (бактерицидними, лікувальними та ін.), розглядаються в роботах [8 - 12]. Однак, незважаючи на певну кількість публікацій за тематикою проблеми, слід відзначити, що задача проектування одягу для людей, які знаходяться на лікуванні у шпиталях, мало вивчена і переважно зведена до розробок виробів для людей з обмеженими руховими можливостями.

Забезпечення поранених та важкохворих зручним одягом могло б послужити важливою допомогою в проведенні їх післяопераційного лікування. Розробка ергономічного, прилаштованого до умов експлуатації шпитального одягу з наданими захисними, лікувальними та реабілітаційними функціями покращить умови перебування поранених на лікуванні у медичних закладах і сприятиме наданню їм кваліфікованої спеціалізованої медичної допомоги на сучасному рівні.

**Результати досліджень.** В результаті проведених нами попередніх опитувань медичних працівників та пацієнтів шпиталів встановлено, що в існуючих виробках недостатньо використовуються можливості композиційно-конструктивних елементів. Методологія проектування шпитального одягу має базуватися на систематизації характеристик, визначення умов та топографії проведення медичних процедур, розробці відповідних функціонально-конструктивних елементів і деталей виробів, універсальних для широкого спектру захворювань, на створенні варіабельних композиційних рішень шляхом комбінування і трансформації уніфікованих елементів одягу. Сучасний шпитальний одяг повинен не тільки враховувати особливості перебігу захворювання та умови його використання, але бути функціональним, ергономічним і забезпечувати комфорт хворому, захищати його від інфекції, бажано, надавати реабілітуючий вплив на організм хворої людини, дозволяти медичному персоналу якісно проводити лікувальні процедури. Рішення поставленої задачі потребує розробки спеціальних конструктивно-технологічних рішень на визначених топографічних ділянках поверхні тіла людини з урахуванням функціональної специфіки, яка обумовлена особливостями перебігу і лікування захворювання.

Алгоритм розробки сучасного асортименту шпитального одягу, на нашу думку, має складатися з наступних основних етапів:

✓ аналіз світового досвіду та сучасного стану забезпечення в Україні одягом та приналежностями із текстилю поранених та важкохворих;

✓ визначення необхідного асортименту швейних виробів для різних відділень військових клінічних шпиталів;

✓ встановлення особливостей вимог до шпитального одягу, які накладаються травмами, викликаними різним видами поранень, і потребують необхідності їх урахування при виборі конструкцій та матеріалів.

✓ з використанням методу експертного опитування медичних працівників та хворих розробка номенклатури та визначення найбільш вагомих показників якості матеріалів швейних виробів для поранених і травмованих;

✓ розробка базових конструкцій, визначення особливостей технології виготовлення та надання необхідних властивостей виробам для поранених та шпитальної білизни з урахуванням особливостей їх експлуатації, специфіки проведення лікувальних процедур, рекомендацій медиків, зауважень та побажань хворих;

✓ проведення обґрунтованого вибору сировинного складу і структури матеріалів та їх пакетів у швейні вироби для поранених і шпитальної білизни з відповідними санітарно-гігієнічними та антимікробними властивостями;

✓ визначення раціональних методів оцінки якості зразків шпитального одягу, який призначений для конкретного захворювання;

✓ проведення оцінки гігієнічних, ергономічних та експлуатаційних властивостей виробів;

✓ виготовлення та передання в дослідну експлуатацію партії одягу для поранених та шпитальної білизни;

✓ проведення узагальнення результатів дослідної експлуатації, розробка технічних описів та вихідних даних для технологічного регламенту.

Структура асортименту шпитального одягу може бути представлена класами

✓ одягу загального призначення;

✓ спеціалізованого одягу з наявністю великої кількості функціонально-конструктивних елементів; виробами короткострокового використання (наприклад, з'ємні жилети з елементами, які підтримують пошкоджений хребет, чинять оздоровчий та масажний вплив, розвивають дрібну моторику пальців рук для хворих після інсульту та ін.);

✓ виробами локального використання (наприклад, утепленні вироби для кінцівок для хворих після інсульту);

✓ виробами короткострокового використання (наприклад, одягом для транспортування поранених з місця бойових дій, терактів і т.п до стаціонарних лікарняних закладів).

З урахуванням викладеної концепції на кафедрі матеріалознавства, товарознавства та експертизи текстильних матеріалів КНУТД було розроблено та виготовлено ряд моделей сучасного одягу для поранених та шпитального одягу з гнучкою морфологічною структурою, зовнішній вигляд якого та особливості запропонованих конструкційних

елементів представлені на рис. 1. Такий одяг не потрібно знімати для проведення медичних маніпуляцій - достатньо лише розстебнути текстильну застібку, блискавку або кнопку на потрібному місці, щоб провести огляд, взяти аналіз або зробити ін'єкцію. Розроблені вироби надано в дослідну експлуатацію в умовах стаціонарних шпиталів.



Рис.1. Моделі сучасного одягу для поранених та шпитального одягу

**Висновки.** Створення ергономічного та естетичного шпитального одягу з функціонально-конструктивними елементами, які полегшують проведення медичних процедур з урахуванням особливостей перебігу лікування, буде не тільки сприяти реабілітації пацієнтів, але дозволить підвищити рівень соціальної захищеності та якість життя кожної конкретної людини під час захворювання, що визначає актуальність досліджуваної наукової проблеми.

### Література

1. Супрун Н.П., Власенко В.І., Арабулі С.І. Текстиль та багатофункціональні текстильні композиційні матеріали у виробках для інвалідів та важко хворих. Київ. КНУТД. - 2011. - 360 с.
2. Волокнисті матеріали та виробы легкої промисловості з прогнозованими бар'єрними медико-біологічними властивостями». Монографія в 2 ч. Ч.1. Теоретичні засади технологій виробництва волокнистих матеріалів з прогнозованими бар'єрними медико-біологічними властивостями // Березненко С.М., Власенко В.І., Ігнат'єва І.А. та ін.–К.:КНУТД. - 2014. - 404 с.
3. Литвинова О.І., Мархай М.А., Супрун Н.П. Розробка нового асортименту шпитального одягу//Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2015. - № 6 (92). - С. 206-211.
- 4 Щуцька Г.В., Супрун Н.П., Пономаренко Т.Н. Розробка післяопераційного взуття для хворих після операцій на нижніх кінцівках. Вісник КНУТД. – 2015. -№ 2 (76), - С. 69-72.
5. Супрун Н.П., Литвинова О.І., Кушнір О.В. Загальні аспекти розробки одягу для поранених.// Розділ в колективній монографії «Перспективні полімерні матеріали та технології». Київ: КНУТД. - 2015. – С. 287-290.
6. E. Wilusz. Military textiles. Woodhead Publishing, Cambridge, England. – 2010.- 346 P.
7. Advanced textile for wound care. Ed. By S. Rajendran. - Woodhead Publishing, Cambridge, England. - 2009. -321 P.
8. Кричевский Г.Е. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды. – М.: 2011. - 528с. ,
9. Мокеева Н.С. Концепция разработки одежды для людей с различными заболеваниями / Н.С. Мокеева, Т.В. Глушкова, О.Н. Харлова, С.В. Дударева и др. // Швейная промышленность. 2003. - № 2. - С.30-31.
10. Харлова О.Н. Разработка колористического решения комплектов одежды для больных / О.Н. Харлова, Е.Г. Андреева, Л.А. Шпагина, Т. В. Климчук // Швейная промышленность. 2009. - № 2. - С.29-31.
11. Мокеева Н.С. Разработка одежды для людей, больных диабетом / Н.С. Мокеева, Т.В. Глушкова, О.Н. Харлова, С.В. Дударева, О.В. Сазонова // Швейная промышленность. 2003. - № 2. - С. 32-33.
12. Савельева Н.Ю. Разработка общей модели процесса проектирования функциональной

### References

1. Suprun N.P., Vlasenko V.I., Arabuli S.I. Tekstyl' ta bahatofunktsional'ni tekstyl'ni kompozytsiyni materialy u vyrobakh dlya invalidiv ta vazhko khvorykh. Kyiv. KNUTD. - 2011. - 360 s.
2. Voloknysti materialy ta vyroby lehkoyi promyslovosti z prohnzovanymy bar"yernymy medyko-biolohichnymy vlastyvostyamy». Monohrafiya v 2 ch. CH.1. Teoretychni zasady tekhnolohiy vyrobnytstva voloknystykh materialiv z prohnzovanymy bar"yernymy medyko-biolohichnymy vlastyvostyamy // Bereznenko S.M., Vlasenko V.I., Ihnat'yeva I.A. ta in.–K.:KNUTD. - 2014. 404 s.
3. Lytvynova O.I., Markhay M.A., Suprun N.P. Rozrobka novoho asortymentu shpytal'noho odyahu//Visnyk Kyivs'koho natsional'noho universytetu tekhnolohiy ta dyzaynu. - 2015. - № 6 (92). - С. 206-211.
- 4 Shchuts'ka H.V., Suprun N.P., Ponomarenko T.N. Rozrobka pislyaoperatsiynoho vzuttya dlya khvorykh pislya operatsiy na nyzhnikh kintsivkakh. Visnyk KNUTD. – 2015. -№ 2 (76), - S. 69-72.
5. Suprun N.P., Lytvynova O.I., Kushnir O.V. Zahal'ni aspekty rozrobky odyahu dlya poranenykh.// Rozdil v kolektyvnyi monohrafiyi «Perspektyvni polimerni materialy ta tekhnolohiyi». Kyiv: KNUTD. - 2015. – S. 287-290.
6. E. Wilusz. Military textiles. Woodhead Publishing, Cambridge, England. – 2010.- 346 P.
7. Advanced textile for wound care. Ed. By S. Rajendran. - Woodhead Publishing, Cambridge, England. - 2009. -321 P.
8. Krichevskiy G.Ye. Nano-, bio-, khimicheskiye tekhnologii v proizvodstve novogo pokoleniya volokon, tekstilya i odezhdyy. – М.: 2011. - 528s.
9. Mokeyeva N.S. Kontseptsiya razrabotki odezhdyy dlya lyudey s razlichnymi zabolevaniyami / N.S. Mokeyeva, T.V. Glushkova, O.N. Kharlova, C.B. Dudareva i dr. // Shveynaya promyshlennost'. 2003. - № 2. - S.30-31.
10. Kharlova O.N. Razrabotka koloristicheskogo resheniya komplektov odezhdyy dlya bol'nykh / O.N. Kharlova, Ye.G. Andreyeva, L.A. Shpagina, T. V. Klimchuk // Shveynaya promyshlennost'. 2009. - № 2. - S.29-31.
11. Mokeyeva N.S. Razrabotka odezhdyy dlya lyudey, bol'nykh diabetom / N.S. Mokeyeva, T.V. Glushkova, O.N. Kharlova, C.B. Dudareva, O.V. Sazonova // Shveynaya promyshlennost'. 2003. - № 2. - S. 32-33.
12. Savel'yeva N.YU. Razrabotka obshchey modeli protsessa proyektirovaniya funktsional'noy odezhdyy

одежды для людей с ограниченными  
двигательными возможностями / Н.Ю.  
Савельева, О.В. Приходченко // Швейная  
промышленность. - 2007. - № 3. - С. 42 -46.

dlya lyudey s ogranichennymi dvigatel'nymi  
vozmozhnostyami / N.YU. Savel'yeva, O.V.  
Prihodchenko // Shveynaya promyshlennost'. -  
2007. - № 3. S. 42 -46

## ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННОЙ ГОСПИТАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ СУПРУН Н.П.

*Київський національний університет технологій та дизайну*

**Цель.** Установить основные принципы разработки современной госпитальной одежды с учетом особенностей ее эксплуатации.

**Методика.** Использована методология проектирования, учитывающая систематизацию условий и топографию проведения медицинских процедур, разработку соответствующих функционально-конструктивных элементов.

**Результаты.** Проанализированы требования и особенности процесса проектирования одежды для раненых и госпитальной одежды.

**Научная новизна.** Впервые создан алгоритм разработки современного ассортимента госпитальной одежды с гибкой морфологической структурой.

**Практическая значимость.** Разработан и предоставлен в опытную эксплуатацию ряд моделей функциональной госпитальной одежды.

**Ключевые слова:** госпитальная одежда, алгоритм разработки, функционально-конструктивные элементы.

## KEY ASPECTS OF DEVELOPMENT OF MODERN HOSPITAL CLOTHING SUPRUN N.

*Kiev National University of Technologies and Design*

**Purpose.** To estimate the basic principles of development of modern hospital clothing taking into consideration the peculiarities of their exploitation.

**Methodology.** Was used the methodology of design that allows to systematisate conditions and topography of medical procedures, the development of appropriate functional and structural elements.

**Results.** Was analyzed the requirements and characteristics of the process of designing clothes for the wounded and the hospital clothing.

**Scientific novelty.** First established algorithm of design of the range of modern hospital clothing with flexible morphological structure.

**The practical significance.** A number of models of functional hospital clothing was elaborated and provided for trial operation.

**Keywords:** hospital clothing, algorithm of development, functional-constructive elements.

УДК 687.12.016

НІКУЛІНА А.В., ЄГОРОВА Т.Г.

Українська інженерно-педагогічна академія

## ФОРМУВАННЯ МОДЕЛЬНОГО РЯДУ ЖІНОЧИХ СУКОНЬ НА ОСНОВІ МОДУЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

**Мета.** Визначення принципів трансформації творчого джерела у костюмні форми та розробка модельного ряду жіночих суконь на основі модульного проектування.

**Методика.** У проведенні досліджень використано поняття модульного проектування, метод системно-структурованого аналізу для характеристики принципів трансформації творчого джерела у костюмні форми.

**Результати.** На основі проведеного аналізу розроблено модельний ряд жіночих суконь на основі модульного проектування.

**Наукова новизна.** Розроблено варіативність модельний ряду суконь жіночих на основі модульного проектування, розвинуто теоретичні основи та удосконалено обґрунтування методу модульного проектування, систематизовано принцип трансформації у костюмні форми.

**Практична значимість.** Запропоновані принципи трансформації можуть бути використані в процесі проектування модельного ряду різноманітного асортименту на основі дослідження різних видів творчого джерела.

**Ключові слова:** творче джерело, метод модульного проектування, сукня жіноча, геометричні фігури, принципи трансформації.

**Вступ.** У процесі проектування модельного ряду різноманітного асортименту питання вибору і застосування методів проектування, що розглядається, постає перед розробником і вимагає від нього як усвідомлення проектних завдань, так і розуміння можливостей вжитих методів. Метод модульного проектування розроблений для практичного застосування в текстильному і модному дизайні. Відмінною особливістю модульного проектування в порівнянні з традиційними методами конструювання та моделювання є побудова об'ємної форми за допомогою простих геометричних форм, що у своїх працях розглядають Г. Гусейнов, В. Єрмілова, Є. Рачинська.

Аналіз актуальних досліджень з теми засвідчує, що тією чи іншою мірою проблему взаємодії творчого процесу з методами проектування в дизайні одягу у своїх дослідженнях розкривають такі автори, як: Д. Єрмілова, М. Кілошенко, З. Кукушкіна, Г. Петушкова, В. Сидоренко, З. Тканко, О. Коровицький.

Тому доцільно проаналізувати метод модульного проектування та можливості формування модельного ряду різного асортименту, що дає можливість експериментувати, створювати незвичайні образи, завдяки своїй здатності винаходити і перебудовувати виріб з використанням різних оздоблювальних елементів.

**Постановка завдання.** Мета статті полягає у формуванні принципів трансформації творчого джерела (метод модульного проектування) у костюмні форми модельного ряду жіночих суконь. Отримання можливостей варіацій модельного ряду жіночих суконь може досягатися постійною зміною конструкції виробу, конструктивним моделюванням, додаючи різні елементи, деталі та оздоблення в різних композиційних рішеннях.

**Результати дослідження.** Проведення дослідження засвідчило, що методика модульного проектування заснована на глибокому аналізі та систематизації знань про формоутворюючі та художньо - конструктивні ознаки одягу. Використання модульного

принципу спрощує стандартизацію та уніфікацію виробів легкої промисловості та дозволяє скоротити трудомісткість на етапі виготовлення одягу та часові витрати на етапі проектування. Варто зазначити, що застосування елементарної комбінаторики і варіантних перетворень вихідних уніфікованих елементів дозволяє отримати при мінімальних затратах велику кількість моделей з високими естетичними та експлуатаційними характеристиками.

Особлива роль надана модульним системам проектування, які мають можливість створити власний одяг та трансформувати його, що дозволяє адаптуватися до численних стилів моди, через складання та розбирання модульної конструкції, яка може потенційно мінімізувати надмірне споживання. Модульні системи охоплюють концепцію мінімальної інвентаризації та максимальної різноманітності, що пов'язанні з архітектурою, технологіями та інженерними науками. Модульна конструкція прагне розвивати співпрацю дизайну з модою, яка дозволить споживачам проектувати свої вироби, надаючи їм дизайнерську вільність, власну ідею та різноманітні застосування модульних конструкцій одягу. Зазначимо, що система поділяється на ряд уніфікованих модулів, які можуть бути незалежно об'єднані в різні конфігурації, створювати різні структурні форми. Ці модульні частини можуть об'єднуватися, розбиратися, додаватися за бажанням споживача. Окремі модулі можуть створювати різні шаблони, колірні схеми, які здатні повністю змінювати форму та призначення виробів [2].

У процесі дослідження встановлено, що засобом гармонізації цілого і його частин є модуль, застосування якого несе художні вихідні дані. Модуль розглядаємо як вихідну величину, що прийнята за основу розрахунку розмірів об'єкта і служить для вираження кратних співвідношень розмірів об'єкта і його частин. У дизайні модуль характеризується величиною, яка приймається за основу розрахунку розмірів будь-якого асортименту виробів, а також їх деталей, вузлів і елементів, які завжди кратні обраному модулю. Це вихідна одиниця виміру, яка повторюється і укладається без залишку в цілісній формі, відома у всіх сферах людської діяльності.

Підкреслимо, що головною особливістю модуля в дизайні одягу є те, що він технологічно обробляється бездоганно зі зворотної сторони. Важливим є вибір способу з'єднання простих модулів у вигляді квадратів, трикутників, ромбів, кіл. Форма модулів може бути і більш складна: у вигляді квітів, листя, метеликів. З них створюються красиві ажурні композиції. З отриманого ажурного полотна можна моделювати вставки або цілком вироби. Також додатковий ефект можна створити завдяки поєднанню модулів з різнокольорових тканин, що дозволить створити певний орнамент. Для того, щоб з'єднати модулі непомітно застосовуються велкро, гачки, супутні застібки. Якщо для з'єднання модулів вибираються зав'язки, стрічки, банти, то їх кінці можуть створювати додатковий декоративний ефект [5].

У дизайні одягу даний метод зазвичай використовується в стилях гранж, вінтаж, у виробках в стилі печворк, і має багато спільного з методом трансформації та дає необмежені можливості для створення форм одягу, які здатні трансформуватися, з метою зміни часу експлуатації форми, призначення, асортименту.

Відповідно до зазначеного розглянемо відомі приклади сучасних дизайнерів, які досліджують тему модульного проектування в одязі - Balgooi, Soepboer і Rosenfeld. Модульна серія одягу Balgooi і Soepboer, «Fragment Textiles», дозволяє споживачеві брати

участь в дизайні одягу. У співпраці з Soerboer, Balgooi розробив дві модульні плитки з тканини, засновані на квадраті та зірці, які можуть бути об'єднані для створення великої кількості тканин, які повністю конфігуруються в кольорах і формі. «Модульна серія» Розенфельда - це своєрідна математика, мода і майстерність, що використовує геометричні принципи в своїх проектах, де частини засновані на більш складних модулях, які можна розділити на два типи компонентів: базові одиниці, які утворюють повторювані елементи, для створення довжин тканини і спеціальні блоки [2].

При проектуванні модельного ряду жіночих суконь на основі модульного проектування ми обрали готовий елемент однакового розміру – цеглина. Модуль - цеглина має просту геометричну форму - прямокутник, яка обирається в залежності від антропології людського тіла і оптимальних розмірів майбутнього готового одягу. Гнучкість моделей створюється за допомогою структурного порядку і адаптації геометричних форм. Кожен модуль має форму цеглини, яку можна комбінувати різними способами, щоб створити мозаїчну модульну конструкцію ідеальну для проектування. Конструктивні елементи, модулі, можуть бути прямими або вигнутими, можуть одноразово або багаторазово з'єднуватися між собою, при цьому можуть розташовуватися зі зміщенням або в одному напрямку. Зв'язок моделей у модельному ряді здійснюється за допомогою послідовної та поступової трансформації ступеня подібності форм моделей та їх елементів [3,4]. Трансформація творчого джерела в конкретну форму проходить три основні етапи (Рис.1).

Розроблений модельний ряд жіночих суконь на основі модульного проектування є надзвичайно актуальним в перспективному розвитку художнього проектування (Рис.2). Базується на антропологічних особливостях сучасного населення, композиція суконь узгоджена не тільки з зовнішніми ознаками (будовою обличчя, кольором волосся, зачіскою, статуєю), а й з постановкою фігури, манерою рухатися тощо. Ескізи передають повну інформацію про форми суконь, силуети, декоративні і конструктивні рішення моделей, фактури тканини, з яких планується виготовлення сукні [1].

Для виготовлення даної колекції суконь була обрана костюмна напіввовняна тканина. Ця тканина має гарний естетичний вид, високу зносостійкість, володіє гігієнічними та високими експлуатаційними та теплозахисними властивостями. Склад костюмною тканини може бути різноманітним. Тканина може виготовлятися повністю з натуральних або штучних волокон або містити синтетичні добавки. У якості фурнітури в даному випадку застосовуються для з'єднання модулів сукні металеві люверси круглої форми, діаметром 3,5 мм та поліефірний шнур діаметром 3 мм.

Для побудови креслень конструкції рекомендуємо застосовувати методику «Мюлер і син», що дає змогу контролювання прибавки, тому що вони задаються окремо по кожній конструктивній ділянці, зручно проводити розрахунки на окремих конструктивних ділянках що зіставляються з конкретними антропометричними даними фігури. Актуальність системи крою «Мюллер і син» пояснюється тим, що фахівці фірми кожного року пропонують методики конструювання моделей одягу різного асортименту з урахуванням напряму моди, використовуючи величини прибавок і особливості конфігурації ліній пройми, величини довжини плеча та інших параметрів, актуальних на даний період.

Розглядаючи технологію виготовлення даного модельного ряду зазначимо, що наявність уніфікованих вузлів і деталей і установка їх в різних поєднаннях дозволяють

перетворювати конструкції одних виробів в інші. Основний принцип уніфікації проєктованого модельного ряду суконь жіночих є різноманітність продуктів дизайну при мінімальному використанні уніфікованих модулів, тому що модульне проєктування передбачає конструктивну, технологічну і функціональну завершеність.



Рис.1. Етапи трансформації творчого джерела у костюмні форми суконь



Рис. 2. Жіночі сукні на основі модульного проєктування

**Висновки.** Аналізуючи наукові джерела за обраною проблемою, можна зазначити, що модульне проектування є можливістю для довговічного, багатофункціонального дизайну, який має потенціал для збільшення варіативності асортиментних рішень та допомагає дизайнеру втілити свій задум у життя. Аналіз результатів впровадження становить, що одяг з модулів легко трансформується, ускладнюючи і набуваючи нового значення, тому що складається з модулів однакового розміру, який вибирається в залежності від антропології людського тіла і оптимальних розмірів готового одягу.

Перспективу подальшого пошуку вважаємо у використанні для прогнозування модних тенденцій в майбутньому, що є актуальним як для масового так і для індивідуального виробництва одягу в ручному та автоматизованих режимах.

### Література

1. Агапова Т. П. Комбінаторні засоби формоутворення одягу : навч. посіб. / Т. П. Агапова, А. В. Шопіна. – Х. : ХНПУ ім. Г. С. Сковороди ; Колегіум, 2013. – 148 с.
2. Брезгіна С.А. Основы модульного проектирования в женской одежде сложных форм [Электронный ресурс] / С.А. Брезгіна. – Режим доступу: <http://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-modulnogo-proektirovaniya-v-zhenskoy-odezhde-slozhnykh-form>
3. Ніколаєва Т. В. Тектоніка формоутворення костюма : навч. посіб. / Т. В. Ніколаєва. – К. : Арістей, 2011. – 340 с.
4. Пармон Ф. М. Композиция костюма : учеб. для вузов / Ф. М. Пармон. – М. : Легпромбытиздат, 1997. – 318 с.
5. Рачицкая Е. И. Моделирование и художественное оформление одежды / Е. И. Рачицкая, В. И. Сидоренко. – Ростов н/Д. : Феникс, 2002. – 608 с.

### References

1. Ahapova T. P. (2013) *Kombinatorni zasoby formoutvorenniya odyahu. navch. posib.* / T. P. Ahapova, A. V. Shopina. Kh. : KhNPU im. H. S. Skovorody ; Kolehium, 148 p.
2. Brezgina S.A. *Osnovy modul'nogo proektirovaniya v zhenskoy odezhde slozhnykh form [Elektroniy resurs. Rezhim dostupu: http://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-modulnogo-proektirovaniya-v-zhenskoy-odezhde-slozhnykh-form*
3. Nikolayeva T.V. (2011) *Tektonika formoutvorenniya kostyuma. navch. posib.* K. Aristey, 340 p.
4. Parmon F. M. (1997) *Kompozitsiya kostyuma : ucheb. dlya vuzov.* 318 p.
5. Rachitskaya E. I., Sidorenko V. I. (2002) *Modelirovanie i khudozhestvennoe oformlenie odezhdy.* Rostov n/D.: Feniks, 608 p.

## ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЬНОГО РЯДА ПЛАТЬЕВ ЖЕНСКИХ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

НИКУЛИНА А.В., ЕГОРОВА Т.Г.

Украинская инженерно-педагогическая академия

**Цель.** Определение принципов трансформации творческого источника в костюмные формы и формирование модельного ряда женских платьев на основе модульного проектирования.

**Методика.** В проведении исследований использовано понятие модульного проектирования, метод системно-структурного анализа для характеристики принципов трансформации творческого источника в костюмные формы.

**Результаты.** На основе проведенного анализа разработан модельный ряд женских платьев на основе модульного проектирования.

**Научная новизна.** Разработано вариативность модельного ряда платьев женских на основе модульного проектирования, сформированы теоретические основы и усовершенствовано обоснование метода модульного проектирования, систематизировано принцип трансформации в костюмные формы.

**Практическая значимость.** Предложенные принципы трансформации могут быть использованы в процессе проектирования модельного ряда разнообразного ассортимента на основе исследования различных видов творческого источника.

**Ключевые слова:** творческий источник, метод модульного проектирования, платье женское, геометрические фигуры, принципы трансформации.

## FORMATION A MODEL ROW OF WOMEN'S DRESSES ON THE BASIS OF MODULAR DESIGN

NIKULINA A.V., EGOROVA T.G.

Ukrainian Engineering Pedagogic Academy

**Purpose.** Definition of principles of transformation of a creative source into suit forms and designing a model row of women's dresses on the basis of modular design.

**Methodology.** In the research carried out the concept of modular design, the method of system-structural analysis for characterizing the principles of transformation of a creative source into costume forms.

**Results.** Based on the analysis carried out, a model row of women's dresses on the basis of modular design.

**Scientific novelty.** The variability of the women's model dresses is developed on the basis of the modular design, theoretical foundations are developed and the substantiation of the modular design method is improved, the principle of transformation into suit forms is systematized.

**Practical significance.** The proposed principles of transformation can be used in the process of designing a model row of a diverse assortment based on research of various types of creative source.

**Keywords:** creative source, modular design method, women's dress, geometric figures, principles of transformation.

УДК 678.7

НОВАК Д. С., БЕЙКО Н. М., САЙТАРЛИ С. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОЕЛАСТОПЛАСТІВ НА ОСНОВІ СУМІШЕЙ ПОЛІПРОПІЛЕНУ З ЕЛАСТОМЕРОМ

**Мета.** Одержати термоеластомерні матеріали на основі сумішей поліпропілену з пропілен-октенблоксополімером «Vistamaxx 6102» й дослідити вплив вмісту еластомеру на їх реологічні і фізико-механічні властивості.

**Методика.** Значення показників текучості розплаву, ударної в'язкості, межі міцності та відносного видовження при розтягуванні композицій визначено за стандартними методиками.

**Результати.** Визначено залежності показників текучості розплаву, ударної в'язкості, межі міцності та відносного видовження при розтягуванні композицій від вмісту еластомеру.

**Наукова новизна.** Встановлено, що збільшення вмісту еластомеру в діапазоні від 0 до 30 % призводить до монотонного підвищення ударної в'язкості композицій на основі сумішей поліпропілену з еластомером і монотонного зниження їх межі міцності та відносного видовження при поперечному розтягуванні. Збільшення вмісту еластомеру в діапазоні від 0 до 15 % не призводить до змінення показника текучості розплаву. Також незмінним є значення відносного видовження при повздовжньому розтягуванні при вмісті еластомеру від 0 до 25 %. Подальше збільшення вмісту еластомеру до 30 % призводить до значного зменшення цих показників.

**Практична значимість.** Отримані дані можуть бути застосовані при виборі раціонального складу термоеластопластів на основі сумішей поліпропілену з пропілен-октенблоксополімером «Vistamaxx 6102» із заданими реологічними та фізико-механічними властивостями.

**Ключові слова:** властивості, еластомер, композиція, поліпропілен, термоеластопласт.

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку полімерних матеріалів велика увага приділяється створенню композицій, які одночасно проявляли б властивості термопластів та еластомерів, так званих термоеластопластів (ТЕП). Термоеластоласти можна переробляти як методами, звичайними для термопластів (лиття під тиском, екструзія), так і методами, характерними для еластомерів – вальцюванням, каландруванням. На відміну від каучуку, ТЕП переробляються в гумові вироби, минаючи стадію вулканізації. При цьому можлива багаторазова повторна переробка відходів при виготовленні виробів. ТЕПи поєднують властивості вулканізованих каучуків при нормальній і низькій температурах, з властивостями термопластів при 120-200 ° С [1-3]. Галузі використання ТЕП досить різноманітні: виробництво герметиків та ущільнювачів для машинобудування і будівельної індустрії, виробництво шлангів, мембран, кабельної ізоляції, взуттєвих підошв, кровельних матеріалів, конвеєрних стрічок, медичних товарів, термоклеїв, основ для килимових покриттів, герметизуючих шарів для соекструдованих плівок. Високій рівень фізико-механічних та пласто-еластичних властивостей робить термоеластоласти перспективними матеріалами для виготовлення промислових і побутових виробів [4-6].

Для виготовлення ТЕП можуть використовуватись синтетичні каучуки: бутадієнстірольний (БСК), хлоропреновий (ГПК); бутадієн-нітрильний (БНК); етіленпропілен-дієновий (ЕПДК), кремнійорганічний (силіконовий або силіконових) (КК), фторкаучук (ФК), а правильний вибір його типу і марки в значній мірі визначає термін експлуатації виробу. Виходячи з економічної та екологічної точки зору, часткова заміна первинних компонентів ТЕП вторинною сировиною є дуже важливою. Головною задачею

при отриманні такої композиції є забезпечення сумісності між наповнювачем та полімером, яка значною мірою визначає рівень експлуатаційних властивостей ТЕП. Це залежить від цілого ряду причин: марки каучуку, типу полімерної матриці, ступеня наповнення композиції, природи модифікатора, методу отримання суміші тощо [5, 6].

#### **Постановка завдання.**

Мета роботи – одержати термоеластомерні матеріали на основі сумішей поліпропілену з пропілен-октенблоксополімером «Vistamaxx 6102» й дослідити вплив вмісту еластомеру на їх реологічні і фізико-механічні властивості. Для досягнення поставленої в даній роботі мети необхідно було визначити залежності показника текучості розплаву (ПТР), ударної в'язкості, межі міцності та відносного видовження при розтягуванні композицій на основі сумішей поліпропілену з пропілен-октенблоксополімером «Vistamaxx 6102» від вмісту еластомеру.

**Результати дослідження.** Для дослідження було обрано поліпропілен (ПП) марки 21020, який на відміну від інших поліолефінів, особливо поліетилену (ПЕ) та сополімерів етилену, є більш легким, жорстким та прозорим полімером, має блиск та високі механічні властивості (найкраща міцність при вигині серед термопластів) [7, 8].

Як еластомер використали пропілен-октенблоксополімер «Vistamaxx 6102», який є напівкристалічним сополімером пропілену та етилену. Використання даного наповнювача в композиції з ПП обумовлено досягненням більшої ударної міцності та еластичності в порівнянні з чистим ПП [9, 10].

Змішування компонентів композиції здійснювали на лабораторному змішувачі. Після змішування суміш потрапляла до черв'ячного екструдера ЧП 25X20, а потім, виходячи з формуючої головки у вигляді стренг, надходила до водяної ванни охолодження (температура води 50-70 °С). На вихідній частині ванни було встановлено вентилятор для обдуву стренг та видалення з їх поверхні вологи. Готова стренга потрапляла на намотувальний пристрій, де намотувалася на барабан.

Після виготовлення зразки композиції направлялися на дослідження реологічних та фізико-механічних властивостей. Дослідження ПТР здійснювали за ГОСТ 11645-73 на приладі "ИИРТ" при температурі 230 °С та масі наважки 2,16 кг.

Визначення ударної в'язкості базується на визначенні кількості роботи, необхідної для руйнування зразка, який вільно лежить на двох опорах, при випробуванні його на вигин ударним навантаженням. Для випробування використовували маятниковий копер жорсткої конструкції. Випробування проводили за ГОСТ 4647-80 при температурі 23±2 °С і відносній вологості 50±5 %.

Залежності ПТР та ударної в'язкості композицій на основі сумішей ПП з «Vistamaxx» від вмісту еластомеру показано на рис. 1.

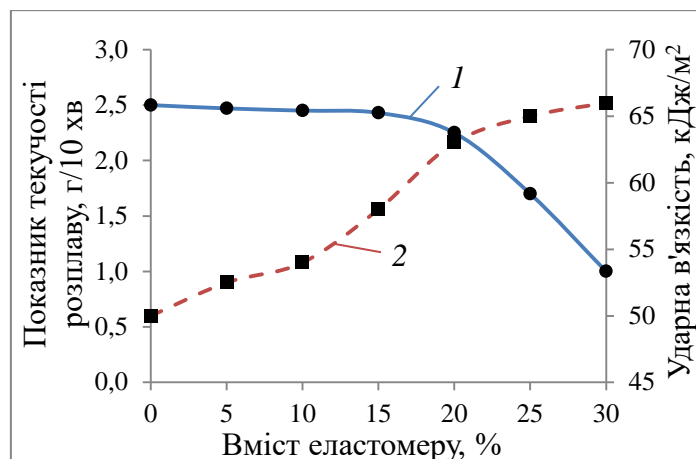


Рис. 1. Залежності ПТР (1) та ударної в'язкості (2) для композицій від вмісту еластомеру

Із наведених залежностей випливає, що при вмісті еластомеру до 15 % значення ПТР є практично сталим, а при подальшому збільшенні вмісту еластомеру різко зменшується від 2,45 до 1,05 г/10 хв. При збільшенні вмісту еластомеру зменшується вміст здатного до в'язкої течії термопласта, що призводить до зниження значень ПТР.

Одержані експериментальні дані наглядно ілюструють тенденцію зростання показника ударної в'язкості при введенні до ПП еластомеру. Для композиції з вмістом еластомеру 30 % значення ударної в'язкості становить 66 кДж/м<sup>2</sup>, тобто спостерігається зростання ударної в'язкості у 1,3 рази порівняно з чистим полімером. Це можна пояснити утворенням еластомерної фази, яка здатна розсіювати енергію удару, тим самим зменшуючи крихкість вихідного полімеру.

Залежності межі міцності при розтягуванні та відносного видовження зразків композицій на основі сумішей ПП з «Vistamaxx» від вмісту еластомеру показано на рис. 2. Відносне видовження при поздовжньому розтягуванні зразків композицій на основі сумішей ПП з «Vistamaxx» при вмісті еластомеру менше 25 % знаходиться на рівні 410 %, при збільшенні наповнення до 30 % спостерігається різке зниження відносного видовження до 350 %.

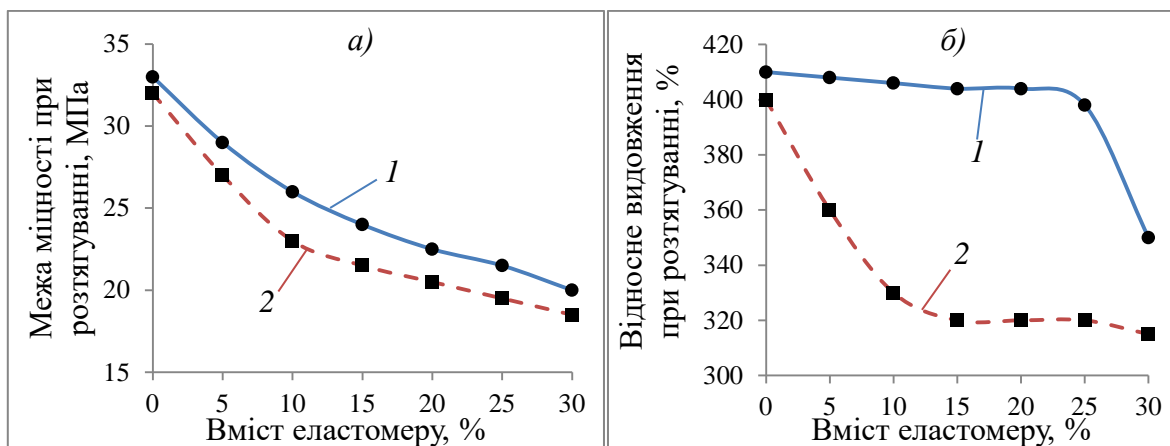


Рис. 2. Залежності межі міцності (а) та відносного видовження (б) при розтягуванні зразків композицій від вмісту еластомеру (1 - вздовж, 2 - поперек)

Відносно видовження при поперечному розтягуванні зразків композицій зі збільшенням вмісту еластомеру до 15 % зменшується від 400 до 320 %. При подальшому збільшенні вмісту до 30 % цей показник незначно зменшується (до 315 %).

**Висновки.** Визначено залежності реологічних і фізико-механічних властивостей композицій на основі сумішей поліпропілену з пропілен-октенблоксополімером «Vistamaxx 6102» від вмісту еластомеру. Встановлено, що збільшення вмісту еластомеру до 30 % призводить до монотонного підвищення ударної в'язкості, монотонного зниження межі міцності та відносного видовження при поперечному розтягуванні досліджуваних зразків. Збільшення вмісту еластомеру до 15 % не призводить до змінення показника текучості розплаву. Також незмінним є значення відносного видовження при розтягуванні у повздожньому напрямку при вмісті еластомеру до 25 %. Подальше збільшення вмісту еластомеру до 30 % призводить до значного зменшення значень цих показників.

Отримані результати експериментальних досліджень можуть бути застосовані при виборі раціонального складу термоеластоластів на основі сумішей поліпропілену з пропілен-октенблоксополімером «Vistamaxx 6102» із заданими реологічними та фізико-механічними властивостями.

#### Література

1. Полімерні композити на основі термоластів та дисперсної гумової крихти / В. Д. Мишак, В. Є. Лебедев, А. В. Баранцова та ін. // Полімерний журнал. – 2006. – №3. – С. 246-254.
2. Использование гидрированных эластомеров в смесевых и динамических термоэластопластах / Д. Н. Земский, В. П. Иванов, Ю. М. Казаков и др. // Каучук и резина. – 2005. – №2. – С. 27-29.
3. Євдокименко Н. М. Полімерні суміші та композити: монографія / Н. М. Євдокименко, М. В. Бурмістр, Ю. Ш. Ващенко, Ю. Л. Котов. – Дніпропетровськ : УДХТУ, 2003. – 223 с.
4. Термические и физико-механические свойства термопластичных эластомеров на основе вторичного полиэтилена и резиновой крошки / Е. П. Мамуня, И. Н. Бей, А. Л. Толстов и др. // Полімерний журнал. – 2005. – №2. – С. 117-122.
5. Модификация резиновой крошки для использования в композициях резинопластов / В. П. Бойко, В. В. Агеева, Л. В. Ермольчук и др. // Полімерний Журнал. – 2007. – №2. – С. 137-142.
6. Моисеев В. В. Термоэластоласты / В. В. Моисеев. – М.: Химия, 1985. – 184 с.
7. Изучение свойств полипропилена, модифицированного этиленпропиленовыми каучуками / Маунг Тве Тин, Д. В. Болеева, И. Ю. Мамонова и др. // Пластические массы. – 2007. – №2. –

#### References

1. Myshak V. D., Lebediev V. Ie., Barantsova A. V. (2006) *Polimerni kompozyty na osnovi termoplastiv ta dyspersnoi gumovoi krykhty* [Polymer composites based on thermoplastics and dispersed rubber crumb] / ta in. // *Polimernyi zhurnal*. no.3. P. 246-254. [in Ukrainian].
2. Zemskiy D. N., Ivanov V. P., Kazakov Yu. M. (2005) *Ispol'zovanie gidrirovannykh elastomerov v smesevykh i dinamicheskikh termoelastoplastakh* [The usage of hydrogenated elastomers in the mixed and dynamic thermoplastic elastomers] *Kauchuk i rezina*. No. 2. P. 27-29. [in Russian].
3. Yevdokymenko N. M., Burmistr M. V., Vashchenko Iu. Sh., Kotov Iu. L. (2003) *Polimerni sumishi ta kompozyty. Monohrafiia*. [Polymer blends and composites. Monograph.] *Dnipropetrovsk : UDKhTU*,. 223 p. [in Ukrainian].
4. Mamunya E. P., Bey I. N., Tolstov A. L. (2005) *Termicheskie i fiziko-mekhanicheskie svoystva termoplastichnykh elastomerov na osnove vtorichnogo polietilena i rezinovoy kroskhi* [Thermal and physical-mechanical properties of thermoplastic elastomers based on recycled polyethylene and rubber crumb] *Polimernyi zhurnal*. No.2. P. 117-122. [in Russian].
5. Boyko V. P., Ageeva V. V., Ermol'chuk L. V. (2007) *Modifikatsiya rezinovoy kroskhi dlya ispol'zovaniya v kompozitsiyakh rezinoplastov* [Modification of rubber crumb for use in rubber moldings] *Polimernyy Zhurnal*. No. 2. P. 137-142. [in Russian].
6. Moiseev V. V. (1985) *Termoelastoplasty* [Thermoplastic elastomers] M. : *Khimiya*, 1985. 184 p. [in Russian].
7. Maung Tve Tin, D. V. Boleeva, I. Yu. Mamonova. (2007) *Izuchenie svoystv polipropilena, modifitsirovannogo*

С. 36-39.

8. Влияние отходов резины на свойства ПП композиций / Б. М. Савченко, В. М. Гриненко, А. В. Пахаренко и др. // Пластические массы. – 2007. – №1. – С. 31-33.

9. Пахаренко В. А. Переработка полимерных композиционных материалов / В. А. Пахаренко, Р. А. Яковлева, А. В. Пахаренко. – К. : Воля, 2006. – 552 с.

10. Данилова-Волковская Г. М. Исследование свойств полипропилена модифицированного эластомерами / Г. М. Данилова-Волковская // Пластические массы. – 2005. – №5. – С. 31-34.

*etilenpropilenovymi kauchukami* [The study of the properties of polypropylene modified by ethylene-propylene rubbers] *Plasticheskie massy*. No.2. P. 36-39. [in Russian].

8. Savchenko B. M., Grinen'ko V. M., Pakharenko A. V. (2007) *Vliyanie otkhodov reziny na svoystva PP kompozitsiy* [The effect of rubber wastes on the properties of PP compositions] *Plasticheskie massy*. No.1. P. 31-33. [in Russian].

9. Pakharenko V. A., Yakovleva R. A., Pakharenko A. V. (2006) *Pererabotka polimernykh kompozitsionnykh materialov* [The processing of polymer composite materials] / К. : Volya, 552 p. [in Russian].

10. Danilova-Volkovskaya G. M. (2005) *Issledovanie svoystv polipropilena modifitsirovannogo elastomerami* [Research of properties of polypropylene modified by elastomers] *Plasticheskie massy*. No.5. P. 31-34. [in Russian].

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ НА ОСНОВЕ СМЕСЕЙ ПОЛИПРОПИЛЕНА С ЭЛАСТОМЕРОМ

НОВАК Д. С., БЕЙКО Н. Н., САЙТАРЛЫ С. В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Получить термоэластомерные материалы на основе смеси полипропилена с пропилен-октенблоксополимером «Vistamaxx 6102» и исследовать влияние содержания эластомера на их реологические и физико-механические свойства.

**Методика.** Значения показателей текучести расплава, ударной вязкости, предела прочности и относительного удлинения при растяжении композиций определены по стандартным методикам.

**Результаты.** Определены зависимости показателей текучести расплава, ударной вязкости, предела прочности и относительного удлинения при растяжении композиций от содержания эластомера.

**Научная новизна.** Установлено, что увеличение содержания эластомера в диапазоне от 0 до 30% приводит к монотонному повышению ударной вязкости композиций на основе полипропилена с эластомером и монотонного снижения их предела прочности и относительного удлинения при поперечном растяжении. Увеличение содержания эластомера в диапазоне от 0 до 15% не приводит к изменению показателя текучести расплава. Также неизменным является значение относительного удлинения при продольном растяжении при содержании эластомера от 0 до 25%. Дальнейшее увеличение содержания эластомера до 30% приводит к значительному уменьшению этих показателей.

**Практическая значимость.** Полученные данные могут быть использованы при выборе рационального состава термоэластопластов на основе смеси полипропилена с пропилен-октенблоксополимером «Vistamaxx 6102» с заданными реологическими и физико-механическими свойствами.

**Ключевые слова:** свойства, эластомер, композиция, полипропилен, термоэластопласт.

---

---

## RESEARCH OF THERMOPLASTIC ELASTOMERS BASED ON POLYPROPYLENE WITH ELASTOMER

NOVAK D., BEYKO N., SAITARLY S.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Goal.** *Obtaining of thermoelastomeric materials based on polypropylene with propylene-octene block copolymer «Vistamaxx 6102» blends. Investigating of the elastomer content effect on rheological and physico-mechanical properties of the obtained materials.*

**Methods.** *The values of the melt flow indexes, impact strength, tensile strength and elongation at stretching of the compositions were determined by standard methods.*

**Results.** *The dependences of the melt flow indexes, impact strength, tensile strength and elongation at stretching of compositions on the elastomer content were determined.*

**Scientific novelty.** *It was found that an increase of the elastomer content in the range from 0 to 30% leads to monotonous increase in the toughness of the compositions based on polypropylene with elastomer and to monotonic decrease of their strength and elongation at transverse stretching. An increase of the elastomer content in the range from 0 to 15 % does not lead to a change in the melt flow index. In addition, the value of the relative elongation at longitudinal stretching with elastomer content from 0 to 25 % is unchanged. Further increase of the elastomer content to 30% leads to a significant decrease in these parameters.*

**Practical significance.** *The obtained data can be used to select the rational composition of thermoplastic elastomers based on polypropylene with propylene-octene block copolymer «Vistamaxx 6102» with specified rheological and physico-mechanical properties.*

**Keywords:** *properties, elastomer, composition, polypropylene, thermoplastic elastomer.*

УДК 677.494

КУЧЕРЕНКО Є.В., БУДАШ Ю.О., ПЛАВАН В.П.,  
ЛИТВИНОВА О.І.

Київський національний університет технологій та дизайну

## РЕГУЛЮВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НЕТКАНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВОЛОКНИСТИХ ВІДХОДІВ

**Мета.** Дослідження можливості регулювання фізико-механічних властивостей нетканних матеріалів за рахунок введення додаткового волокнистого компонента.

**Методика.** Неткані матеріали отримували з волокнистих відходів, що склалися з поліуретану (ПУ) та поліаміду 6,6 (ПА-6,6) у співвідношенні 70/30. В якості додаткового волокнистого компоненту до складу нетканних матеріалів вводилися штапельні волокна поліетилентерефталату (ПЕТФ). Фізико-механічні властивості досліджували на розрив на машині типу РМ-30.

**Результати.** Встановлено, що додавання в вихідну сировину волокон ПЕТФ дозволяє регулювати фізико-механічні властивості нетканних матеріалів дослідженого складу в широких межах.

**Наукова новизна.** Показано, що збільшення додаткового компонента ПЕТФ від 20-50% підвищує розривне навантаження зразків нетканого матеріалу у 1,5-3 рази. При цьому анізотропія цього показника вздовж і поперек напрямку прочісування суттєво зменшується, що свідчить про зростання однорідності матеріалу.

**Практична значимість.** Неткані матеріали, отримані з волокнистих відходів, можна використовувати у різних галузях промисловості: тепло- та звукоізоляція у будівництві, одяг і спорядження для військових, наповнювачі різного призначення у текстильній промисловості.

**Ключові слова:** нетканний матеріал, фізико-механічні властивості, міцність, волокнисті відходи, волокна ПЕТФ.

**Вступ.** Зростання виробництва нетканних матеріалів пояснюється їх невисокою, порівняно з текстильними матеріалами, вартістю, а також можливістю використання замість тканин аналогічного призначення [1]. Крім того, цикл виробництва нетканних матеріалів в декілька разів коротший порівняно з класичними технологіями виробництва тканин і трикотажу [2]. Продуктивність окремих способів нетканого виробництва значно вища ніж текстильного [3], та дозволяє надавати матеріалам більш широкий спектр унікальних властивостей, для забезпечення різноманітних потреб багатьох галузей промисловості [4]. Зокрема, неткані матеріали можна використовувати для тепло- та звукоізоляції в будівництві, для виготовлення одягу і спорядження з унікальними властивостями для військових [5], наповнювачів різного призначення для отримання композитних матеріалів [6]. Можливість використання різноманітних відходів текстильної промисловості для отримання нетканних матеріалів, не тільки сприяє їх здешевленню, але й вирішує проблеми утилізації волокнистої сировини [7].

Фізико-механічні і пружно-пластичні властивості нетканних матеріалів обумовлюються способами їх виробництва [8,9]. На властивості нетканних матеріалів важливий вплив мають також їх будова і структурні особливості, що обумовлені використанням різноманітних вихідних матеріалів (волокон, ниток, трикотажу, плівки, різних сполучних речовин, тощо). Основними показниками якості для нетканних матеріалів являються товщина, поверхнева щільність, номінальна міцність при розриві, питоме розривне навантаження, модуль пружності [10]. Можливість регулювання фізико-механічних властивостей нетканних матеріалів створює перспективи для нових напрямків їх застосування.

**Постановка завдання.** *Мета роботи* – дослідження можливості регулювання фізико-механічних властивостей нетканих матеріалів шляхом введення додаткового волокнистого компонента.

**Об’єкт та методи дослідження.** В роботі використовували:

- волокнисті відходи текстильної промисловості, які являли собою плутанку високооб’ємних комбінованих петельних ниток, що склалися з двох компонентів: комплексних волокон Lysra 162C (лінійна густина 4,4 текс), та текстурованих комплексних волокон Nylon 6.6 f20/1 (лінійна густина 3,3 текс) (ПУ/ПА) у співвідношенні 70/30 %;
- текстуровані штапельні ПЕТФ волокна, довжина різки – 65 мм, лінійна густина елементарного волокна – 0,33 текс.

Для формування волокнистого матеріалу використовували чесальну машину марки ЧБВ. Отримане полотно піддавали операції голкопробивання на машині ВП-1. Фізико-механічні властивості досліджували на розривній машині типу РМ-30, відповідно стандарту [6]. Розривне навантаження вздовж та поперек напрямку прочісування нетканого матеріалу (Р, Н) визначали для елементарної проби шириною 5 см, при попередньому навантаженні 100 сН та швидкості опускання нижнього зажиму 100 мм/хв. Питоме розривне навантаження нетканого матеріалу (Р<sub>0</sub>, Н·м/г) розраховували за формулою:

$$P_0 = P/(M \cdot B)$$

де Р - розривне навантаження, Н; М - поверхнева щільність нетканого матеріалу, г/м<sup>2</sup>; В - ширина елементарної проби, м;

**Результати дослідження.** Результати дослідження фізико-механічних властивостей нетканих матеріалів з різним вмістом додаткового компонента залежно від напрямку прочісування наведені в табл. та на рис. 1 і 2.

Таблиця.

**Фізико-механічні властивості досліджуваних зразків**

№	Склад нетканого матеріалу, %	Поверхн. щільн., г/м <sup>2</sup>	Розрив. навантаж. (вздовж), Н/5 см	Розрив. навантаж. (поперек), Н/5 см	Анізотр. міцності	Розрив. видовж. (вздовж), %	Розрив. видовж. (поперек), %	Анізотр. видовж.
1	ПУ/ПА-6,6	233	49,0	2,4	20,4	208	168	1,2
2	(ПУ/ПА6,6)/ПЕТФ,80/20	276	49,0	7,6	6,5	184	184	1,0
3	(ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ,70/30	307	124,9	19,6	6,4	193	182	1,1
4	(ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 60/40	311	169,0	28,1	6,0	193	191	1,0
5	(ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 50/50	329	154,3	39,2	3,9	196	197	1,0

На рис. 1 представлена залежність розривного навантаження нетканих матеріалів від вмісту ПЕТФ у вихідній сировині.

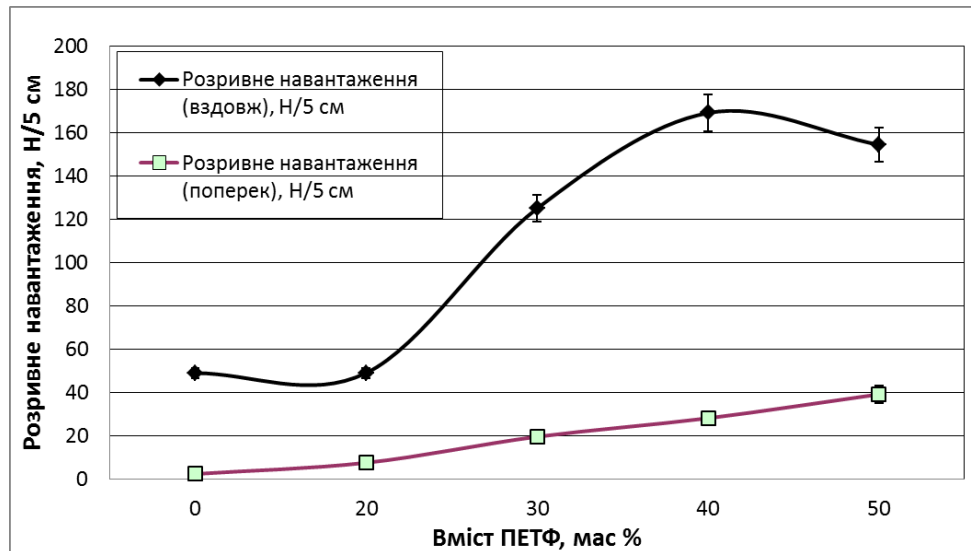


Рис.1. Залежність розривного навантаження нетканих матеріалів вздовж та поперек напрямку прочісування від вмісту ПЕТФ

Можна бачити, що при додаванні 20% ПЕТФ, міцність вздовж напрямку прочісування майже не змінюється, в той час, як в поперечному напрямку зростає ~ в 3 рази. Як результат, суттєво зменшується показник анізотропії, що свідчить про зростання однорідності нетканого матеріалу.

При збільшенні вмісту ПЕТФ до 30% відбувається суттєве зростання міцності як вздовж так і поперек напрямку прочісування (у 2,5 рази). Як наслідок, анізотропія для цього показника майже не змінюється в порівнянні з попереднім зразком.

Збільшення ПЕТФ в нетканому матеріалі до 40-50% приводить до подальшого зростання його міцності. Але це зростання не настільки суттєве, як у попереднього зразка. В той же час, розривне навантаження в поперечному напрямку продовжує збільшуватись в 1,5-2 рази в порівнянні зі зразком №3 (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ,70/30).

Для зразків, що вміщують 40-50% ПЕТФ, темп зростання міцності у напрямку, перпендикулярному прочісуванню (~1,9-2 рази), починає перевищувати міцність в продольному напрямку (~1,2-1,3 рази). Це призводить до зменшення анізотропії цього показника, яке досягає свого мінімального значення для зразка №5 (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 50/50).

Як можна бачити з табл., розривне видовження при додаванні ПЕТФ змінюється не так суттєво, як міцність. Наприклад, при введенні у нетканый матеріал 20% ПЕТФ розривне видовження у паралельному напрямку прочісування зменшується на 12%, а у перпендикулярному – збільшується приблизно на 9%. Як результат, відбувається зменшення анізотропії цього показника на 20%. Подальше збільшення концентрації ПЕТФ у нетканому матеріалі не чинить суттєвого впливу на розривне видовження та анізотропію цього показника.

Залежність питомого розривного навантаження зразків нетканого матеріалу в різних напрямках при додаванні у вихідну сировину волокон ПЕТФ представлено на рис. 2.

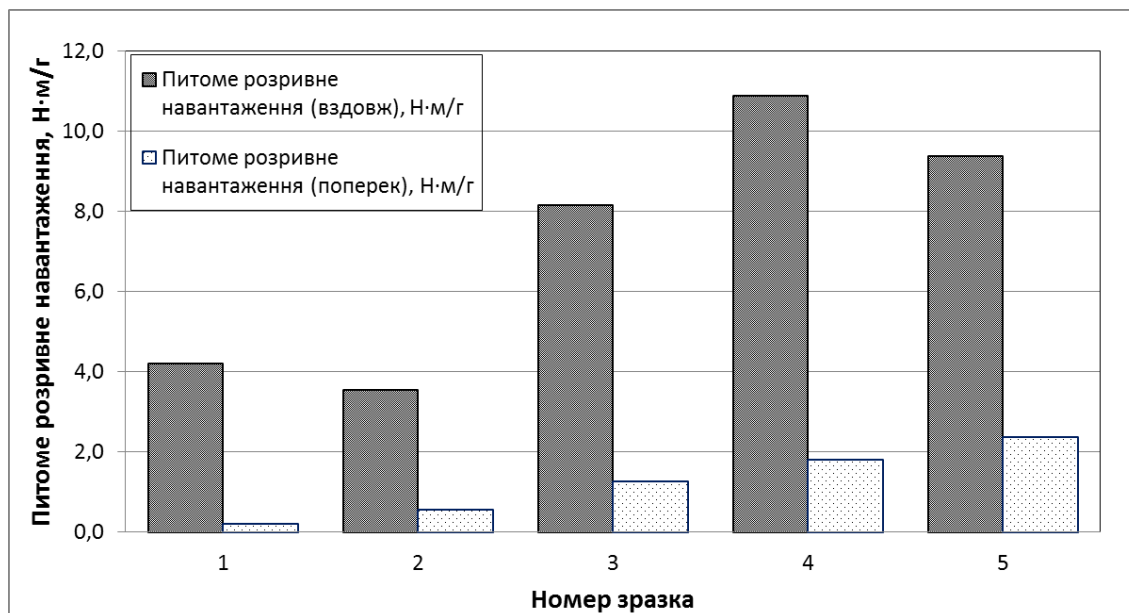


Рис. 2. Гістограма питомого розривного навантаження вздовж та поперек напрямку прочісування для зразків нетканих матеріалів складу: 1) ПУ/ПА-6,6; 2) (ПУ/ПА6,6)/ПЕТФ, 80/20; 3) (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 70/30; 4) (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 60/40; 5) (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ, 50/50

Можна бачити, що при додаванні у вихідну суміш 20% ПЕТФ, питоме розривне навантаження зразка вздовж напрямку прочісування (в порівнянні з вихідним зразком) зменшується (~ на 20%), в той час як у перпендикулярному - суттєво збільшується (~ 3 рази). Це призводить до еквівалентного зменшення показника анізотропії питомого розривного навантаження.

При збільшенні ПЕТФ до 30% можна спостерігати стрімке зростання показників питомого розривного навантаження як паралельно, так і перпендикулярно напрямку прочісування (~ у 2 рази). При цьому показник анізотропії міцності майже не змінюється.

Подальше збільшення ПЕТФ у суміші до 40-50%, призводить до підвищення питомого розривного навантаження вздовж напрямку прочісування в 1,1-1,3 рази. В той же час, питоме розривне навантаження перпендикулярно прочісуванню також зростає, але більш суттєво (в 1,4-1,8 рази) в порівнянні зі зразком №3 (ПУ/ПА-6,6)/ПЕТФ,70/30. Анізотропія питомого розривного навантаження при таких концентраціях ПЕТФ (50%) знижується ~ на 40%.

При вмісті 40% ПЕТФ у вихідній волокнистій суміші, як розривне, так і питоме розривне навантаження нетканого матеріалу досягають максимального значення в порівнянні з вихідним зразком.

**Висновки.** Досліджені можливості регулювання фізико-механічних властивостей нетканих матеріалів, на основі відходів високооб'ємних комбінованих петельних ниток (ПУ/ПА6,6), за рахунок введення додаткового волокнистого компонента (ПЕТФ). Встановлено, що додавання у вихідну ПУ/ПА-6,6 волокнисту суміш 20-50% волокон ПЕТФ дозволяє суттєво (~ до 3 разів) підвищити міцність нетканого матеріалу, а також зменшити його анізотропію за цим показником.

*Подяка.* Автори статті дякують завідувачу кафедрою матеріалознавства, товарознавства та експертизи текстильних матеріалів д.т.н., професору Супрун Н.П. за допомогу у виготовленні зразків і дослідженні їх властивостей.

### Література

1. Applications of nonwovens in technical textiles: Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 102 /Ed. By R. A. Chapman. – Woodhead Publishing Limited, 2010. – 226 p.
2. Arifuzzaman K. Studies on the mechanical properties of woven jute fabric reinforced poly(l-lactic acid) composites. / Engineering Sciences, 2016. – Vol. 28 (1), – P. 69–74.
3. Chena W., Clauserb J. Selection and fabrication of a non-woven polycarbonate urethane cover for a tissue engineered airway stent. / International Journal of Pharmaceutics, 2016. Vol. 514, – P. 255–262.
4. Пушкар Г. О., Семак Б. Д. Сучасний асортимент і властивості нетканих текстильних матеріалів інтер'єрного призначення / Вісник Львівської комерційної академії . – 2011. – Вип. 12. – С. 15-21.
5. Sparks E. Advances in military textiles and personal equipment. / Woodhead Publishing Limited, 2012. – p. 64.
6. Мэттьюз Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология. М.: Техносфера, 2004. — 408 с.
7. Одержання та властивості нетканих матеріалів із волокнистих відходів [Текст] / Є. В. Кучеренко, Ю. О. Будащ, В. П. Плаван, О. І. Литвинова // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2016. – № 4 (100). – С. 99-106.
8. Lee, K.H., Kin, H.Y. Mechanical behavior of electrospun fiber mats of poly(vinyl chloride)/polyurethane polyblends. /J. Polym. Sci. Part B Polym. Phys. – 2003, – Vol.41, P. 1256–1262.
9. Zhao B. Modeling polypropylene polymer air drawing in the spunbonding nonwoven process / B. Zhao // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2014. – Vol. 26, No. 2. — P. 184–194.
10. ДСТУ ISO 9073-3:2003 Матеріали текстильні. Методи випробування нетканих матеріалів. Частина 3. Визначення розривального навантаження та видовження під час розриву.

### References

1. Applications of nonwovens in technical textiles: Woodhead Publishing Series in Textiles: Number 102 /Ed. By R. A. Chapman. – Woodhead Publishing Limited, 2010. – 226 p.
2. Arifuzzaman K. Studies on the mechanical properties of woven jute fabric reinforced poly(l-lactic acid) composites. / Engineering Sciences, 2016. - Vol. 28 (1), - P. 69–74.
3. Chena W., Clauserb J. Selection and fabrication of a non-woven polycarbonate urethane cover for a tissue engineered airway stent. / International Journal of Pharmaceutics, 2016. Vol. 514, - P. 255–262.
4. Pushkar H. O., Semak B. D. Suchasnyi asortyment i vlastyvoli netkanykh tekstylnykh materialiv interiernoho pryznachennia / Visnyk Lvivskoi komertsiinoi akademii . – 2011. – V. 12. – C. 15-21.
5. Sparks E. Advances in military textiles and personal equipment. / Woodhead Publishing Limited, 2012. – p. 64.
6. Мэттиуз Ф., Ролынхс Р. Композитные материалы. Механика и технология. М.: Техносфера, 2004. — 408 с.
7. Oderzhannia ta vlastyvoli netkanykh materialiv iz voloknystrykh vidkhodiv [Tekst] / Ye. V. Kucherenko, Yu. O. Budash, V. P. Plavan, O. I. Lytvynova // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Tekhnichni nauky. – 2016. – № 4 (100). – С. 99-106.
8. Lee, K.H., Kin, H.Y. Mechanical behavior of electrospun fiber mats of poly(vinyl chloride)/polyurethane polyblends. /J. Polym. Sci. Part B Polym. Phys. - 2003, - Vol.41, P. 1256–1262.
8. Zhao B. Modeling polypropylene polymer air drawing in the spunbonding nonwoven process / B. Zhao // International Journal of Clothing Science and Technology. - 2014. - Vol. 26, No. 2. — P. 184–194.
9. DSTU ISO 9073-3:2003 Матеріали текстильні. Методи випробування нетканих матеріалів. Частина 3. Визначення розривального навантаження та видовження під час розриву.

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ

КУЧЕРЕНКО Е.В., БУДАШ Ю.О., ПЛАВАН В.П., ЛИТВИНОВА О.И.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Исследование возможности регулирования физико-механических свойств нетканых материалов за счет введения дополнительного волокнистого компонента.

**Методика.** Нетканые материалы получали из волокнистых отходов, которые состояли из полиуретана и полиамида 6,6 в соотношении 70/30. В качестве дополнительного волокнистого компонента в состав нетканых материалов вводились штапельные волокна полиэтилентерефталата (ПЭТФ). Физико-механические свойства на разрыв исследовали на машине типа РМ-30.

**Результаты.** Установлено, что добавление в исходное сырье волокон ПЭТФ позволяет регулировать физико-механические свойства нетканых материалов исследованного состава в широких пределах.

**Научная новизна.** Показано, что увеличение дополнительного компонента ПЭТФ от 20-50% повышает разрывные нагрузки образцов нетканого материала в 1,5-3 раза. При этом анизотропия этого показателя вдоль и поперек направления прочесывания существенно уменьшается, что свидетельствует о росте однородности материала.

**Практическая значимость.** Нетканые материалы, полученные из волокнистых отходов, можно использовать в различных отраслях промышленности: тепло- и звукоизоляция в строительстве, одежда и снаряжение для военных, наполнители различного назначения в текстильной промышленности.

**Ключевые слова:** нетканый материал, физико-механические свойства, прочность, волокнистые отходы, волокна ПЭТФ.

## REGULATION OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF NONWOVEN MATERIALS BASED ON FIBER WASTES

KUCHERENKO E.V., BUDASH Y. A., PLAVAN V.P., LITVINOVA O.I.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Investigation of the possibility of regulating the physical and mechanical properties of nonwoven materials by introducing an additional fibrous component.

**Method.** Nonwoven materials were obtained from fibrous waste, which consisted of polyurethane and polyamide 6.6 in a ratio of 70/30. Staple fibers of polyethyleneterephthalate (PET) were used as a additional component. They were incorporated into the non-woven fabric. The physical and mechanical properties at the rupture were examined on a PM-30 machine.

**Results.** It has been established that the addition of PET fibers to the feedstock makes it possible to regulate the physicomechanical properties of the nonwoven materials of the investigated composition over a wide range.

**Scientific innovation.** It is shown that an increase in the additional PET component from 20-50% increases the tensile load of non-woven fabric samples by a factor of 1.5-3. In this case, the anisotropy of this index along and across the carding direction decreases substantially, which indicates an increase in the homogeneity of the material.

**Practical value.** Nonwoven materials obtained from fibrous waste can be used in various industries: heat and sound insulation in construction, clothing and equipment for the military, fillers for various purposes in the textile industry.

**Key words:** nonwoven material, physical and mechanical properties, strength, fibrous waste, PET fibers.

УДК 677-19.001.5

РЕЗАНОВА Н.М, БУЛАХ В.Ю., САВЧЕНКО Б.М.,  
ТАТАРЕНКО В.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

### ЗАКОНОМІРНОСТІ ТЕЧІЇ ТА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В КОМПАТИБІЛІЗОВАНИХ СУМІШАХ ПОЛІМЕРІВ

**Мета.** Дослідження впливу добавок компатибілізатора – поліпропілену зі щепленим малеїновим ангідридом (ППІgМА) на закономірності течії та структуроутворення в розплаві суміші поліпропілен/співполіамід (ПП/СПА).

**Методика.** Суміші одержували попереднім змішуванням гранул у лопатевидному турбозмішувачі та диспергуванням у розплаві на одношнековому екструдері. Реологічні властивості розплавів вивчали методом капілярної віскозиметрії. Процеси структуроутворення в екструдатах сумішей досліджували за допомогою мікроскопу шляхом визначення середнього діаметра мікрОВОЛОКОН і масової долі кожного типу структури. Здатність розплавів до поздовжньої деформації оцінювали за величиною максимальної фільтрної витяжки.

**Результати.** Показана можливість регулювання мікро- та макрореологічних властивостей розплавів сумішей ПП/СПА за рахунок введення компатибілізатора ППІgМА. Встановлено, що при переробці вихідної і модифікованої композицій на одношнековому екструдері реалізується процес волокнутворення поліпропілену в матриці співполіаміду.

**Наукова новизна.** Вперше для суміші ПП/СПА як компатибілізатор запропоновано поліпропілен зі щепленим малеїновим ангідридом. Показано, що його компатибілізуюча дія проявляється в покращенні процесу волокнутворення: зменшується середній діаметр ПП мікрОВОЛОКОН та збільшується їх масова доля в модифікованих сумішах.

**Практична значимість.** Показано, що для компатибілізованої суміші підвищується в'язкість розплаву та зменшується здатність до поздовжньої деформації. Це не впливає на стабільність її переробки на екструзійному обладнанні у волокна і плівки.

**Ключові слова:** суміші, компатибілізатор, в'язкість, фільтрна витяжка.

**Вступ.** Завдання створення полімерних матеріалів з комплексом нових наперед заданих характеристик вирішується шляхом їх зішнування та регулювання фазової структури за рахунок введення модифікаторів (пластифікатори, компатибілізатори, наповнювачі тощо). Властивості таких систем визначаються їх структурою, формування якої пов'язане з термодинамічною сумісністю або несумісністю компонентів, та процесами деформації, розпаду і коалесценції крапель полімеру дисперсної фази в умовах приготування композиції та її переробки у виробі. Морфологія несумісних сумішей залежить від багатьох факторів: складу, відносної в'язкості компонентів, величини поверхневого натягу на межі поділу фаз, термодинамічної нестабільності, часу і швидкості змішування, геометрії і розмірів шнеку екструдера. Вирішальним чинником при створенні гетерогенної морфології в сумішах полімерів є відповідний ступінь сумісності компонентів. Підвищенню взаємодії між фазами та утворенню більш тонкої стабільної дисперсії сприяє введення в суміш третього компоненту – компатибілізатора [1-4]. Найбільш ефективними сполуками для компатибілізації полімерів є амфіпатичні (в перекладі з грецького: “такий, що має почуття до обох”), блокспівполімери та прищеплені полімери [1,4-6]. Вказані речовини мають фрагменти макромолекул з різним ступенем спорідненості до компонентів суміші. Один із ланцюгів цих співполімерів є частково або повністю сумісним з одним із полімерів суміші, а другий – з іншим. При цьому важливими є питання впливу компатибілізатора на реологічні властивості компонентів і їх суміші та на здатність полімерної системи до переробки у виробі.

**Постановка завдання.** Переробка сумішей полімерів методами екструзії і лиття під тиском стимулювала до вивчення їх реологічних властивостей і морфології, яка значною мірою формується за їх течії і визначає характеристики виробів. Важливість вказаної проблеми полягає в тому, що знання перерахованих взаємозв'язків і закономірностей дозволяє свідомо керувати властивостями полімерних композицій. Незважаючи на велику кількість публікацій щодо течії полімерних систем, наші знання в цій галузі недостатні: емпіричний пошук випереджає розвиток теорії. Багатофазні і багатокомпонентні полімерні композиції є ще більш складними у реологічному аспекті системами, ніж бінарні суміші. В'язкість розплаву суміші полімерів залежить від багатьох факторів. Хімічна природа, просторова структура молекулярного ланцюга, молекулярна маса, молекулярно-масовий розподіл, умови деформування визначають в'язкість розплаву індивідуального полімеру. На реологічні властивості розплавів таких композицій додатково впливають фактори, які пов'язані з двофазністю системи, а саме: склад суміші, спосіб змішування, процеси структуроутворення, властивості змішуваних полімерів, явища на межі поділу фаз і ступінь диспергування.

В найпростішому випадку розплав суміші полімерів – це дисперсія крапель одного полімеру в масі іншого. Властивості такої системи можна розглядати на двох рівнях: макрореологічному, за якого визначаються в'язкість та еластичність композиції в цілому, і мікрореологічному, що передбачає дослідження процесів деформації, орієнтації, розподілу і коалесценції крапель дисперсної фази в дисперсійному середовщі, які значною мірою визначають кінцеву морфологію системи.

Мета роботи – дослідження впливу добавок компатибілізатора – поліпропілену зі щепленим малеїновим ангідридом (ППгМА) на закономірності течії та процеси структуроутворення в розплаві суміші поліпропілен/співполіамід (ПП/СПА).

**Результати досліджень.** Для дослідження використані промислові зразки полімерів, а саме: ізотактичний поліпропілен та співполіамід (співполімер капролактаму і гексаметиленадіпінату у співвідношенні 50:50), бінарна суміш ПП/СПА складу 20/80 мас. % та трикомпонентна, яка містила 3,0 мас. % компатибілізатора. Поліпропілен зі щепленим малеїновим ангідридом синтезували методом твердофазного щеплення. Вільно-радикальний ініціатор (дикумилпероксид) попередньо розчиняли у вазеліновому маслі у співвідношенні 1:2 за температури 80 °С та змішували з подрібненими гранулами ПП у міксері протягом 20 хвилин за тієї ж температури. До отриманої суміші додавали малеїновий ангідрид, нагрівали до 120 °С та постійно перемішували протягом 12 годин. З метою запобігання деструкції ПП та окислення МА в міксер подавали азот. Після закінчення реакції в системі створювався вакуум для видалення залишків непрореагованого ангідриду. Вміст прищепленого малеїнового ангідриду, визначений методом титрування, складав 2,6 мас. %. Вихідну та модифіковану суміші одержували шляхом змушування у розплаві. Вміст компатибілізатора (ППгМА) складав 3,0 мас. %. Для покращення однорідності змішування вихідний ПП подрібнювали – еквівалентний діаметр 93 % частинок складав від 0,9 до 2,3 мм. Гранули ПП і ППгМА попередньо змішували у лапатевидному турбозмішувачі періодичної дії марки Henschel, а потім диспергували у розплаві на одношнековому екструдері (діаметр шнека – 47 мм, L/D = 30) за тиску  $70 \cdot 10^5$  Па. Одержані гранули ПП з добавками змішували на тому ж екструдері з попередньо висушеним СПА. Стренги суміші витягували з фільтрною витяжкою

200 %. Реологічні властивості розплавів – в'язкість ( $\eta$ ) та режим течії ( $n$ ) досліджували за допомогою капілярного мікровіскозиметра МВ-2 за температури 190 °С в діапазоні напруг зсуву  $\tau$  (0,10÷5,69)  $10^4$  Па. Режим течії ( $n$ ) визначали за тангенсом кута нахилу дотичної до осі абсцис у даній точці кривої течії. Еластичність розплавів оцінювали за величиною рівноважного розбухання екструдатів «В» за методикою [7]. Здатність розплавів до поздовжньої деформації характеризували величиною максимального ступеня витяжки, який визначали, як відношення швидкості прийому струменя до лінійної швидкості розплаву у фільтрі ( $F_{max}$ ). Мікроструктуру екструдатів сумішей досліджували за допомогою оптичного мікроскопу марки МБД-15 шляхом підрахунку кількості всіх типів структур поліпропілену та визначення їх розмірів у залишку після екстракції матричного полімеру. Експериментальні дані обробляли методами математичної статистики, в результаті чого розраховували середній діаметр мікрОВОЛОКОН і частинок ( $d$ ) та масову долю кожного типу структури.

Виконані дослідження показали, що розплави вихідних ПП, СПА і модифікованого поліпропілену є типовими неньютонівськими рідинами (рис., табл.1). При цьому вплив швидкості деформації на ефективну в'язкість співполіаміду значно менший, ніж поліпропілену, про що свідчить величина показника « $n$ », який характеризує ступінь відхилення від ньютонівського механізму течії. На кривих залежності  $\lg \eta = f(\lg \tau)$  для ПП і ПП/ІМА «структурна» ділянка різко виражена, порівняно з кривою для СПА (рис.). При введенні компатибілізатора в розплав ПП відбувається руйнування надмолекулярної структури полімеру, що зменшує ступінь відхилення режиму його течії до ньютонівської рідини (табл 1).

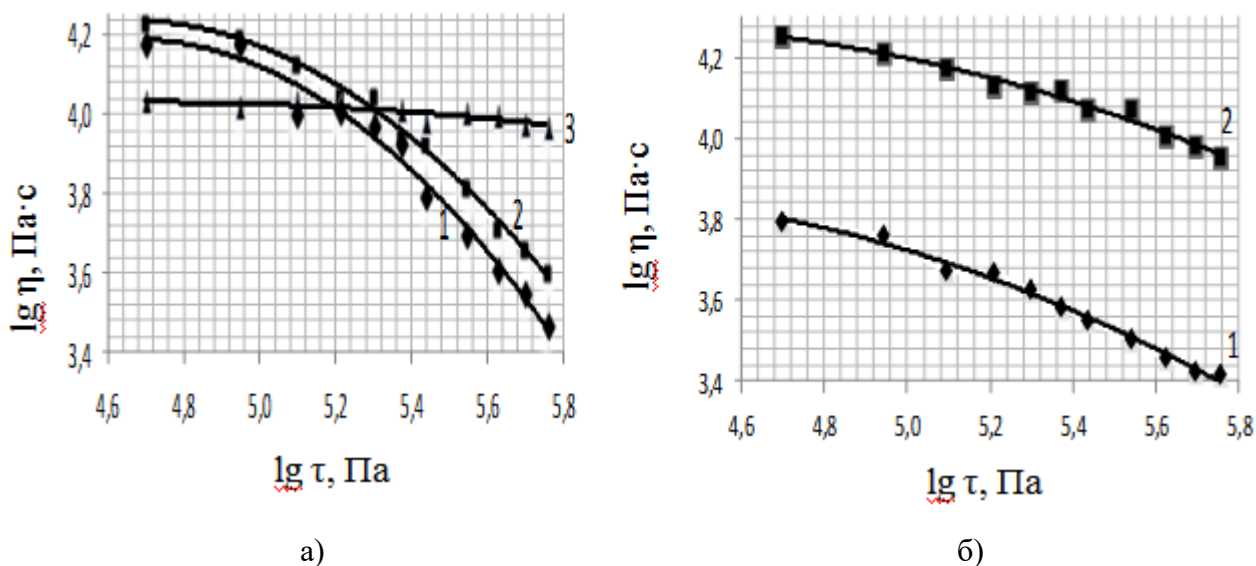


Рис. Залежність ефективної в'язкості від напруги зсуву в логарифмічних координатах: а) вихідні полімери ПП(1); ПП/ППгМА (2); СПА (3); б) суміші ПП/СПА (1); ПП/СПА/ППгМА (2)

Характер течії розплавів вихідної і модифікованої сумішей близький до матричного полімеру (СПА). Це узгоджується з раніше зробленим висновком про те, що для багатьох полімерних дисперсій реологічні характеристики визначаються властивостями компоненту, який в суміші є безперервним середовищем [6,8].

Дані табл. 1 свідчать, що додавання до співполіаміду вихідного поліпропілену з меншою в'язкістю зумовлює різке падіння  $\eta$  розплаву композиції. Зменшення в'язкості розплавів сумішей є характерним для термодинамічно несумісних полімерів. Це може бути пов'язано з тим, що в процесі течії краплі компоненту дисперсної фази не зберігають сферичну форму, а деформуються в напрямку течії і зливаються з утворенням рідких струменів (мікрОВОЛОКОН).

Таблиця 1.

**Вплив добавок компатибілізатора на реологічні властивості розплавів ПП та суміші ПП/СПА**

Назва полімеру, суміші	$\eta$ , Па·с	n	B	F <sub>max</sub> , %
ПП	310	2,1	1,8	17810
ПП/ППІgМА	400	1,8	1,3	4090
СПА	930	1,2	1,4	61300
ПП/СПА	260	1,2	5,6	7230
ПП/СПА/ППІgМА	900	1,4	2,1	7930

На думку ряду вчених, орієнтація і анізотропія частинок дисперсної фази викликають зниження в'язкості розплаву полімерної системи, оскільки для забезпечення течії розплаву суміші з краплями, які деформуються, потрібен менший перепад тиску (що відповідає нижчій в'язкості), ніж при течії індивідуальних полімерів [1,6,8]. Введення 3, 0 мас. % компатибілізатора (ППІgМА) обумовлює зростання в'язкісних характеристик потрійної системи (табл. 1). Цей ефект може бути пов'язаний зі структурними особливостями модифікованої суміші, а саме зі специфічною взаємодією функціональних груп малеїнового ангідриду з аміногрупами СПА у міжфазному шарі, оскільки структурування розплаву і утворення переплетеної морфології зумовлює більший опір течії, внаслідок чого в'язкість розплаву суміші суттєво зростає [1,6].

Характерною особливістю, що має місце при витіканні розплавів полімерів та їх сумішей із формувального отвору з будь-яким профілем, є збільшення поперечного перетину струменю (розбухання), в порівнянні з розмірами фільєри. Основною причиною цього є релаксація високоеластичних деформацій, накопичених у розплаві під час течії по каналу, і особливо у вхідній зоні. Відомо, що ці деформації не релаксують миттєво. Опосередковано їх можна оцінити за показником розбухання екструдатів «В», відпалених у вільному стані [7]. Рівноважні значення «В» екструдатів сумішей полімерів, для яких реалізується волокноутворення, в декілька разів вищі, ніж індивідуальних полімерів [3]. Деформація рідких струменів полімеру дисперсної фази вносить основний вклад в загальну еластичність їх розплавів. Показано, що для сумішей поліпропілен/співполіамід величини розбухання опосередковано характеризують процес структуроутворення компоненту дисперсної фази: максимальні значення «В» досягаються, коли рідкі струмені (мікрОВОЛОКНА) є єдиним або основним типом структури в екструдаті, а їх діаметри мінімальні [2,3]. Відмінною особливістю розплаву компатибілізованої суміші ПП/СПА/ППІgМА є більш низькі, в порівнянні з вихідною, величини рівноважного розбухання, хоча для них також реалізується

волокнуутворення ПП в матриці СПА (табл.1). Це може бути пов'язано з утворенням густої сітки зв'язків між функціональними групами компонентів суміші.

Проведені дослідження мікроструктури екструдатів показали, що для вихідної і компатибілізованої сумішей реалізується волокнуутворення ПП в матриці СПА (табл.2).

Таблиця 2.

**Характеристики мікроструктури екструдатів вихідної та модифікованих сумішей**

Назва суміші	Мікроволокна		Частинки		Плівки, мас. %
	d, мкм	мас. %	d, мкм	мас. %	
ПП/СПА	2,6	64,1	0,8	2,1	33,8
ПП/СПА/ППgMA	2,1	80,3	1,0	7,7	11,8

В присутності компатибілізатора ППgMA має місце вдосконалення матрично-фібрилярної морфології: зменшуються середній діаметр мікроволокон та масова доля інших типів структур (частинки, плівки). Підвищення ступеня диспергування крапель ПП досягається завдяки покращенню спорідненості між компонентами на межі поділу фаз та зниженню затрат енергії на утворення нових поверхонь дисперсної фази. Можливість регулювання морфології та ступеня спорідненості термодинамічно несумісних сумішей полімерів за рахунок введення компатибілізаторів описані в роботах [9,10]. Так, при додаванні в суміш ПП/поліамід 6 (ПА-6) як компатибілізатора поліпропілену зі щепленим малеїновим ангідридом розмір крапель ПА-6 зменшився у 12 разів [9]. В сумішах ПП/поліетилентерефталат (ПЕТФ) зіна довжини і діаметрів фібрил ПЕТФ у матриці ПП досягалася за рахунок введення компатибілізатора ППgMA [10].

Важливою характеристикою розплавів є здатність до поздовжньої деформації при переробці у волокна і плівки. Додавка компатибілізатора значною мірою знижує здатність до переробки розплаву ПП, судячи з величин максимальної фільтрної витяжки (табл 1), що обумовлено ростом структурної неоднорідності розплаву. Прядомість бінарної композиції ПП/СПА також погіршується, в порівнянні з вихідними компонентами, що є наслідком двофазності системи та зменшення в'язкості її розплаву. Введення компатибілізатора дещо покращує деформацію струменів розплавів у розтягуючому полі, що є результатом зміни процесів структуроутворення ПП в матриці СПА, оскільки відомо, що збільшення кількості та зменшення розмірів анізотропних структур підвищує здатність розплаву до поздовжньої деформації [15].

**Висновки.** Встановлено, що використання як компатибілізатора поліпропілену зі щепленим малеїновим ангідридом призводить до підвищення ступеню диспергування та деформації у рідкі струмені крапель компоненту дисперсної фази в суміші поліпропілен/співполіамід і, як результат, зумовлює вдосконалення матрично-фібрилярної структури в трикомпонентній композиції: зменшується середній діаметр ПП мікроволокон та зростає їх масова доля. Показано, що в присутності компатибілізатора змінюються такі макрореологічні характеристики розплаву як в'язкість і еластичність. Різке підвищення в'язкості та зменшення рівноважної величини розбухання екструдатів компатибілізованої суміші обумовлено структуроутворенням розплаву за рахунок утворення специфічних зв'язків між функціональними групами малеїнового ангідриду та аміногрупами співполіаміду у міжфазному шарі.

Література

1. Utracki L.A., Wilkie C.A. Polymer blends handbook. London: Springer New York Heidelberg Dordrecht. – 2014. – 2373 p.
2. Rezanova V.G., Tsebrenko M.V. Influence of binary additives of compatibilizers on the micro- and macrorheological properties of melts of polypropylene-copolyamide mixtures // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2009. – Vol. 81. – №4. – P.766 -773.
3. Глубіш П.А., Ірклєй В.М., Клейнер Ю.Я., Резанова Н.М., Цебрєнко М.В., Кернер С.М., Омєльченко В.Д., Турчанєнко Ю.Т. Високотехнологічні, конкурентоспроможні екологічно орієнтовані волокнисті матеріали та вироби з них. – К.: Арістей, 2007. 263 с.
4. Shi D., Ke Z., Gao Y., Wu J., Rheology and morphology of reactively compatibilized PP/PA6 blends, *Macromolecules*, No.35: 8005-8012 (2002).
5. Russell T.P. Copolymers at surfaces and interfaces, *Curr. Opin. in Colloid and Interface Sci.*, V.1 No. 1: 107-115 (1996).
6. Полимерные смеси. Т. 1: Систематика / под ред. Д.Р. Пола, К.Б. Баклелла. Пер. с англ. В.Н. Кулезнева. СПб: Научные основы и технологии. 618 (2009).
7. Utracki L., Bakerdjiane Z., Kamal M. A method for the measurement of the true die swell of polymer melts, *J. Appl. Polym. Sci.*, V. 19, No.2: 481-501 (1975).
8. Han C.D. Multiphase flow in polymer processing. – New York: Academic Press, 459 (1981).
9. Sangroniz L., Palacios J. K., Fernandez M., Eguiazabal J.I., Santamaria A., Muller A.J. Linear on non-linear rheological behavior of polypropylene/polyamide blends modified with a compatibilizer agent and nanosilica and its relationship with the morphology, *European Polym. J.*, No.83: 10-21 (2016).
10. Li W., Karger-Kocsis J., Schlarb A.K. Dispersion of TiO<sub>2</sub> Particles in PET/PP/TiO<sub>2</sub> and PET/PP/PP-g-MA/TiO<sub>2</sub> Composites Prepared with Different Blending Procedure, *Macromol. Mater. Eng.*, No.294: 582-589 (2009), 1973. – 320 с.

References

1. Utracki L.A., Wilkie C.A. (2014) Polymer blends handbook. London: *Springer New York Heidelberg Dordrecht*. 2373 p.
2. Rezanova V.G., Tsebrenko M.V. (2009) Influence of binary additives of compatibilizers on the micro- and macrorheological properties of melts of polypropylene-copolyamide mixtures. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. Vol. 81 no. 4: 766 -773.
3. Hlubish P.A., Irklei V.M., Kleiner Iu.Ia., Rezanova N.M., Tsebrenko M.V., Kerner S.M., Omelchenko V.D., Turchanenko Iu.T (2007) *Vysokotekhnologichni, konkurentospromozhni ekolohichno oriientovani voloknysti materialy ta vyroby z nykh* [High-tech, competitive eco-friendly fiber materials and products from them] *K.: Aristei*, 263 p. [in Ukraine]
4. Shi D., Ke Z., Gao Y., Wu J., Rheology and morphology of reactively compatibilized PP/PA6 blends, *Macromolecules*, No.35: 8005-8012 (2002).
5. Russell T.P. (1996) Copolymers at surfaces and interfaces, *Curr. Opin. in Colloid and Interface Sci.* V.1 no.1:107-115
6. Pola D.R., Baklella K.B. (2009) *Polimernye smesi*. [Polymeric mixtures] T.1, 618 p.
7. Utracki L., Bakerdjiane Z., Kamal M. (1975) A method for the measurement of the true die swell of polymer melts, *J. Appl. Polym. Sci.*, V.19, no.2: 481-501.
8. Han C.D. (1981) Multiphase flow in polymer processing. – New York: Academic Press, 459.
9. Sangroniz L., Palacios J. K., Fernandez M., Eguiazabal J.I., Santamaria A., Muller A.J. (2016) Linear on non-linear rheological behavior of polypropylene/polyamide blends modified with a compatibilizer agent and nanosilica and its relationship with the morphology, *European Polym. J.*, no.83: 10-21.
10. Li W., Karger-Kocsis J., Schlarb A.K. (2009) Dispersion of TiO<sub>2</sub> Particles in PET/PP/TiO<sub>2</sub> and PET/PP/PP-g-MA/TiO<sub>2</sub> Composites Prepared with Different Blending Procedure, *Macromol. Mater. Eng.*, no.294: 582-589.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕЧЕНИЯ И СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В  
КОМПАТИБИЛИЗИРОВАННЫХ СМЕСЯХ ПОЛИМЕРОВ**  
РЕЗАНОВА Н.М., БУЛАХ В.Ю., САВЧЕНКО Б.М., ТАТАРЕНКО В.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** Исследование влияния добавок компатибилизатора - полипропилена с привитым малеиновым ангидридом (ППгМА) на закономерности течения и структурообразования в расплаве смеси полипропилен / сополиамид (ПП/СПА).

**Методика.** Смеси получали предварительным смешением гранул в лопатевидному турбосмесителе и диспергированием в расплаве на одношнековом экструдере. Реологические свойства расплавов изучали методом капиллярной вискозиметрии. Процессы структурообразования в экструдатах смесей исследовали с помощью микроскопа путем определения среднего диаметра микроволокон и массовой доли каждого типа структуры. Способность расплавов к продольной деформации оценивали по величине максимальной фильерной вытяжки.

**Результаты.** Показана возможность регулирования микро- и макрореологических свойств расплавов смесей ПП/СПА за счет введения компатибилизатора ППгМА. Установлено, что при переработке исходной и модифицированной композиций на одношнековом экструдере реализуется процесс волокнообразования полипропилена в матрице сополиамида.

**Научная новизна.** Впервые для смеси ПП/СПА как компатибилизатор предложено полипропилен с привитым малеиновым ангидридом. Показано, что его компатибилизирующее действие проявляется в улучшении процесса волокнообразования: уменьшается средний диаметр ПП микроволокон и увеличивается их массовая доля в модифицированной смеси.

**Практическая значимость.** Показано, что для компатибилизированных смесей повышается вязкость расплава и уменьшается способность к продольной деформации. Это не влияет на стабильность ее переработки на экструзионном оборудовании в волокна и пленки.

**Ключевые слова:** смеси, компатибилизатор, вязкость, фильерная вытяжка.

**REGULARITIES OF THE MELT AND STRUCTURAL FORMATION IN  
COMPATIBILIZED MIXTURES OF POLYMERS**

REZANOVA N.M., BULAKH V. Yu., SAVCHENKO B.M., TATARENKO V.V.

*Kyiv National University of Technology and Design*

**Purpose.** Investigation of the additives of the compatibilizer effect of polypropylene with grafted maleic anhydride (PPgMA) on the regularity of the flow and structure formation in the melt of a mixture of polypropylene / copolyamide (PP / CPA).

**Methodology.** Mixtures were prepared by premixing the granules in a blade-paddle turbomixer and dispersing in a melt on a single-screw extruder. The rheological properties of the melts were studied by the method of capillary viscometry. The processes of structure formation in extrudates were examined by means of a microscope by determining the average diameter of microfibers and the mass fraction of each type of structure. The ability of melts for longitudinal deformation was estimated from the maximum jet drawing.

**Findings.** Study shows the possibility of regulating micro- and macro-rheological properties of melts of PP/CPA mixtures due to the introduction of the PPgMA compatibilizer. During processing of the initial and modified compositions on a single-screw extruder, we can perform the process of fiber formation of polypropylene in the matrix of copolyamide.

**Originality.** For the first time for the PP/CPA mixture as a compatibilizer, polypropylene with grafted maleic anhydride is proposed. It is shown that its compatibilizing effect occurs in the improvement of the fiber formation process: the average diameter of the PP of microfibers decreases and their mass fraction in the modified mixtures increases.

**Practical value.** For the compatibilized mixtures, the viscosity of the melt increases and the capacity for longitudinal deformation decreases. This does not affect the stability of its processing on extrusion equipment in fibers and films.

**Keywords:** mixtures, compatibilizer, viscosity, jet drawing.

УДК 664.231

ЩЕНКО О.В., ПЛАВАН В.П., ЛЯШОК І.О., ШМІДТ І.В.,  
КРАВЕЦЬ О.А.

Київський національний університет технології та дизайну

## ОТРИМАННЯ НЕТКАНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ БІОСУМІСНИХ ВОЛОКОН

**Мета.** Визначення оптимального складу композиції для отримання текстильних нетканих матеріалів медичного призначення з необхідними фізико-хімічними характеристиками на основі біосумісних полімерів.

**Методика.** Отримання нетканих текстильних матеріалів медичного призначення здійснювали методом електроформування, з наступним аналізом морфології матеріалів.

**Результати.** Одержано неткані матеріали на основі ПВС марки 16/1 (масова частка ацетатних груп, не більше 0,9-1,7%) з додаванням комплексу йоду та полівінілпіролідону. Встановлено оптимальний склад композиції у співвідношенні ПВС і комплексу йоду та полівінілпіролідону 2:1. Визначено оптимальні параметри електроформування для отримання нетканих матеріалів в залежності від складу композиції.

**Наукова новизна.** Встановлено придатність застосування комплексу йоду та полівінілпіролідону для отримання нетканих текстильних матеріалів з антисептичними та дезінфікуючими властивостями.

**Практична значимість.** Використання методу електроформування для отримання нетканих матеріалів дозволяє одержати покриття з великою питомою поверхнею та повітропроникністю для отримання терапевтичних систем, а додавання комплексу йоду та полівінілпіролідону дозволить підвищити ефективність лікування інфікованих ран.

**Ключові слова:** покриття для ран, текстильні неткані матеріали медичного призначення, полівініловий спирт, комплекс йоду та полівінілпіролідону.

**Вступ.** Проблема лікування ран та ймовірність розвитку інфекційного процесу є завжди актуальною. В наш час для захисту і лікування ран широко використовують текстильні перев'язувальні матеріали (бинти, марлі та інше). В якості дезінфікуючих засобів використовують розчини спиртів, але вони не мають тривалої дії, що пов'язано з їх швидким випаровуванням. Спиртові розчини антисептиків (йод, діамантового зеленого) мають більш тривалу дію, але забарвлюють шкіру пацієнта, що ускладнює спостереження за процесом загоювання.

Використання текстильних матеріалів в медицині зумовлено наступними їх властивостями: високою сорбційною ємністю, еластичністю, приляганням до поверхні складної форми, повітропроникністю, легкістю та іншими цінними якостями [1]. На сьогоднішній день спільні зусилля хіміків, біологів та медиків зосереджені на проблемі надання перев'язувальним матеріалам додаткових лікувальних властивостей, зокрема антимікробних [2] шляхом пролонгації дії лікарських препаратів або прояву лікувального ефекту у самій полімерній композиції.

Аналіз літератури [3, 4] за останні роки показує, що велика кількість патентів та публікацій присвячена отриманню ультратонких волокнистих матеріалів медичного призначення методом електроформування. Серед основних напрямків використання ультратонких волокон є виготовлення раневих покриттів, як систем з контрольованим вивільненням ліків, захисних засобів і одягу медичного персоналу та хворих у стаціонарах.

В залежності від призначення до матеріалу висуваються певні вимоги до морфології волокнистого матеріалу, волокнуутворюючого полімеру і застосовуються спеціальні підходи до процесу переробки полімерів методом електроформування [4].

**Постановка завдання.** Мета роботи – визначення оптимального складу композиції для отримання текстильних нетканих матеріалів медичного призначення з необхідними фізико-хімічними характеристиками на основі біосумісних полімерів.

**Методологія досліджень.** В роботі досліджували полімерні композиції на основі полівінілового спирту (ПВС), полівінілпіролідону та йоду для створення нетканого текстильного матеріалу, отриманого методом електроформування, який можна використовувати в якості носія лікарського препарату. Вибір цих полімерів зумовлений тим, що вони мають волокнуутворюючі властивості, здатні проявляти сорбційний та лікувальний ефекти. Складові композиції широко застосовуються в медицині, в харчовій і фармацевтичній промисловості.

Електроформування стало спеціалізованою технологією для формування субмікронних волокон (як правило, від 100 нм до 1  $\mu$  м в діаметрі), з високою питомою площею поверхні, високою пористістю і малим розміром пор. Ця технологія дозволяє отримати нові нановолокнисті матеріали з контрольованою пористою структурою.

Окрім цього електроформування є економічним і простим способом отримання полімерних волокон. Як правило, волокна, отримані цим способом, мають значно менші діаметри, ніж ті, які отримуються за допомогою стандартних технологій [3]. В процесі електроформування висока напруга використовується для створення електрично зарядженого струменя розчину полімеру. Електроформування волокон проходить знизу вгору, що дозволяє отримати нетканий волокнистий матеріал без падіння крапель розчину полімеру на нього.

Морфологічні характеристики полімерних волокон, отриманих методом електроформування, залежать від параметрів, які можна поділити на три групи:

- властивості розчину (в'язкість, концентрація полімеру, молекулярна маса полімеру, електропровідність, пружність і поверхневий натяг розчину);
- умови переробки (відстань між електродами, напруга електричного струму, діаметр капіляру);
- умови навколишнього середовища (температура, вологість).

Одним з найбільш важливих параметрів, що впливають на діаметр волокна є в'язкість розчину [4]. Підвищення в'язкості призводить до збільшення діаметра волокна.

Щоб бути ефективним, раневе покриття повинно бути максимально подібним до живої матерії [5, 6] у зв'язку з цим покриття для ран мають бути біосумісними, атоксичними, атравматичними (зокрема не прилипати до рани), повітропроникними, зручними при використанні, легко накладатись і замінюватись самим пацієнтом, мати можливість нанесення лікарських речовин, забезпечувати створення сприятливого мікросередовища для швидкого загоєння ран.

Включення лікарських препаратів у раневі покриття забезпечує доставку ліків безпосередньо у зону ураження, що усуває або знижує їх побічні дії, які спостерігаються при прийомі пігулок або ін'єкціях, коли дія лікарських речовин поширюється на весь організм.

Дане дослідження було спрямоване на визначення впливу різних факторів на стабільність електроформування ПВС волокон з додаванням йоду та полівінілпіролідону.

Полівініловий спирт – синтетичний водорозчинний полімер аліфатичного ряду, що має гідроксильні групи і належить до полімерів і співполімерів вінілацетату. Наявність гідроксильних груп зумовлює високу реакційну здатність цього полімеру. У водних розчинах ПВС здатний створювати комплекси з йодом, борною кислотою та їх похідними, солями різних металів і органічних сполук.

У виробництві ліків ПВС застосовують як дезінтоксикатор, емульгатор, загущувач і стабілізатор суспензій, пролонгатор дії ліків, плівкоутворювач для капсул і таблеток, складовий компонент мазевих основ тощо. Плівки на основі ПВС з антибіотиками та іншими ліками мають пролонговану дію, легко піддаються регулюванню їх еластичних властивостей; з них добре вивільняються й всмоктуються діючі речовини [7].

Полівінілпіролідон – синтетичний полімер, який складається переважно з лінійних 1-вініл-2-піролідонових груп, з середньою молекулярною масою від 10 000 до 700 000. Для виробництва ліків використовується полівінілпіролідон з молекулярною масою < 70 000, який отримують за спеціальною технологією та піддають ультрафільтрації крізь гідрофільні мембрани. Полівінілпіролідон використовується як допоміжна речовина (носій, стабілізатор, пролонгатор, солюбілізатор, диспергатор) для отримання іммобілізованих продуктів (з антибіотиками, ферментами й іншими речовинами); як покриття для таблеток, для збільшення в'язкості фармацевтичних препаратів та іншого.

Цей полімер має антисептичну, дезінфекційну, протигрибкову, антипротозойну, антимікробну дію. У медичній практиці застосовують для лікування опіків, саден, різаних ран та інших пошкоджень шкіри. Основна перевага полівінілпіролідону – розчинність у воді та інших розчинниках, гідрофільність, висока схильність до комплексоутворення.

Комплекс йоду з полівінілпіролідоном виявляє високу бактерицидну і фунгіцидну ефективність без подразливої й припікаючої дії. Застовується для дезінтоксикації, а також у розчинах, таблетках, аерозолях, мазях, ветеринарних лікарських препаратів [7,8].

Елементарний йод чинить бактерицидну дію, має широкий спектр протимікробної дії щодо бактерій, вірусів, грибків та найпростіших мікроорганізмів. Механізм дії: вільний йод здійснює швидкий бактерицидний ефект, а полімер є депо для йоду. При контакті зі шкірою та слизовими оболонками з полімера виділяється значні кількості йоду.

Йод реагує з окислювальними-сульфідними (SH) та -гідроксильними (ОН)-групами амінокислот, що входять до складу ферментів і структурних білків мікроорганізмів, інактивуючи чи руйнуючи ці білки. Більшість мікроорганізмів знищуються при дії *in vitro* менш ніж за хвилину, а основна руйнівна дія відбувається у перші 15-30 секунд. При цьому йод знебарвлюється, у зв'язку з чим зміна насиченості коричневого кольору є індикатором його ефективності.

Комплекс йоду та полівінілпіролідону має широкий антимікробний спектр дії, а саме – діє на грампозитивні та грамнегативні бактерії (бактерицидний), на віруси (віруліцидний), на грибки (фунгіцидний) та спори грибків (спорицидний), а також на деякі простіші мікроорганізми (протозойний) [9,10].

Розчин ПВС марки 16/1 (масова частка ацетатних груп не більше 0,9-1,7%) готували шляхом розчинення ПВС порошку (20,0 г) у дистильованій воді (80,0 г) на водяній бані 85-90

$^{\circ}\text{C}$ , протягом 40-50 хв при постійному перемішуванні, поки не утворився прозорий розчин, охолоджували до кімнатної температури та додавали комплекс йоду та полівінілпіролідону 10 % за рецептурним складом зразків (табл. 1).

Для електроформування використовували капіляри діаметрами 0,8 та 1,1 мм при напрузі електричного струму 30 кВ, та регулювалася відстань між електродами від 12-15 см (табл. 2).

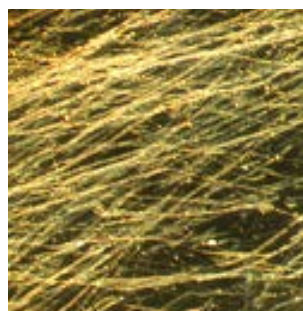
Морфологічні дослідження здійснювали на оптичних мікроскопах МБС-9, МБД-15.

Таблиця 1

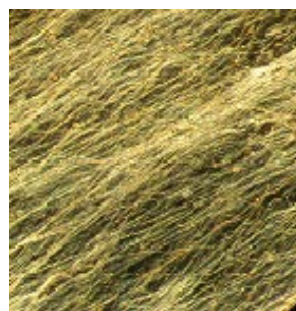
Рецептурний склад зразків (на 100 мл готового розчину)

№ зразка	ПВС, г	Комплекс йоду та полівінілпіролідону, г	Дистильована вода, мл
1	12	4	84
2	10	5	85
3	9	2,5	88,5
4	2,5	9	88,5

**Результати досліджень.** В результаті проведених досліджень визначили, що додавання 10 % розчину йоду та полівінілпіролідону зменшує в'язкість прядильного розчину на основі ПВС. На рис. 1-3 показані зображення волокнистих нетканих матеріалів, які отримані з розчинів за рецептурним складом, з різними діаметрами капілярів.

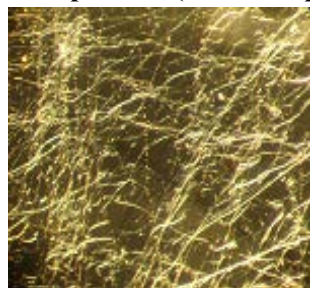


а)

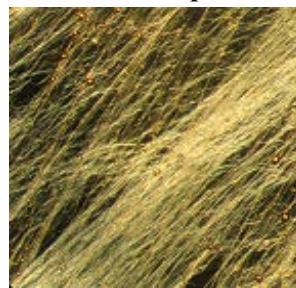


б)

Рис. 1. Зразок 1 (а- капіляр  $\varnothing$  1,1 мм; б –капіляр  $\varnothing$  0,8 мм)



а)



б)

Рис. 2. Зразок 2 (а- капіляр  $\varnothing$  1,1 мм; б –капіляр  $\varnothing$  0,8 мм)

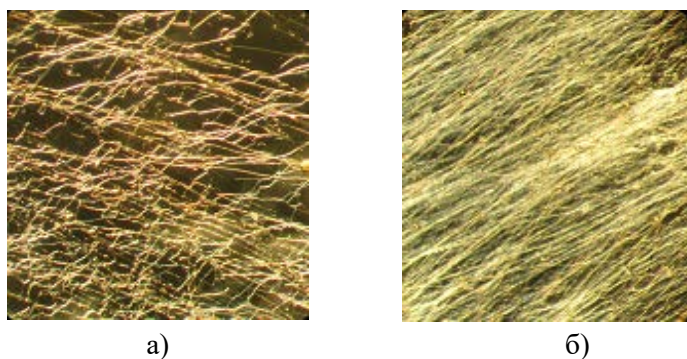


Рис. 3. Зразок 3 (а- капіляр Ø 1,1 мм; б –капіляр Ø 0,8 мм)

Аналогічні дослідження проводилися на оптичному мікроскопі МБД-15 для точнішої оцінки морфології волокнистого матеріалу та діаметра волоконцець. Спостерігається наявність намистинок, які формуються при більшому діаметрі капіляру для більш в'язких розчинів. У той же час форма гранул поступово змінюється від сферичної до веретеноподібної при зменшенні в'язкості. Діаметри отриманих волокон коливаються у діапазоні 0,6-3,3 мкм. На рис. 4 наведена мікрофотографія волокон, одержаних при електроформуванні.

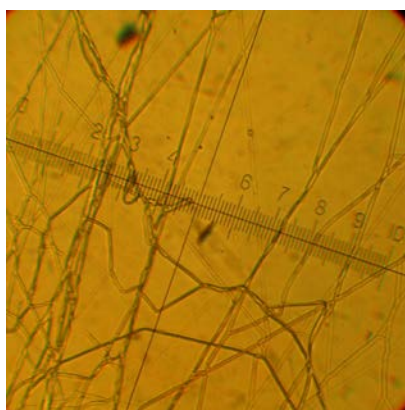


Рис. 4. Зображення волокон зразка 2 на оптичному мікроскопі МБД-15 (капіляр Ø 0,8 мм, ціна поділки 3,3 мкм)

Таблиця 2

**Параметри електроформування при напрузі 30 Кв**

№ зразка	Ø капіляра	Відстань між електродами	Стабільність електроформування
1	1,1	12	±
	0,8	15	+
2	1,1	15	±
	0,8	15	+
3	1,1	12	±
	0,8	12	+
4	0,8	12-15	-

З таблиці 2 видно, що стабільне електроформування спостерігається при використанні капіляра меншого діаметру, а збільшення вмісту комплексу йоду та полівінілпіролідону зменшує в'язкість композиції та погіршує стабільність електроформування.

**Висновки.** Досліджено процеси отримання нетканих матеріалів методом електроформування на лабораторній установці капілярного типу. Визначено параметри отримання волокон із полівінілового спирту з додаванням комплексу йоду та полівінілпіролідону. Встановлено оптимальну напругу електричного поля 30 кВ та відстань між електродами 12-15 см, з використанням капілярів діаметрами 0,8 та 1,1 мм. Доведено, що при даних параметрах електроформування отримуються волокна з діаметром від 0,6 до 3,3 мкм. Використання капіляру меншого діаметру призводить до отримання паралельно розташованих волокон, та зменшує вірогідність утворення бісеру та бісерних ниток. Оптимальний склад композиції при відношенні ПВС до комплексу йоду та полівінілпіролідону відповідно 2:1. Текстильні неткані матеріали, отримані методом капілярного електроформування на основі біосумісних полімерів з необхідними фізико-хімічними характеристиками можуть використовуватись для підвищення ефективності лікування інфікованих ран.

### Література

1. Advanced structural and functional materials for protection. Edited by W.Lau, S.H. Min, L.N. Sua, M.Jan, A. Tok. – Trans Tech Publications, 2008. – 202 p.
2. Ковальчук В.П. Експериментальне дослідження властивостей антимікробних текстильних матеріалів // Вісник Вінницького державного медичного університету. – 1998. -№1. – С. 134-135.
3. Haghı A. K. Electrospinning of nanofibers in textiles // Apple Academic Press. – Toronto, - 2012. – 139 p.
4. Zhang C. Study on morphology of electrospun poly(vinyl alcohol) mats // C. Zhang, X.Yuan, L. Wu, Y. Han, J. Sheng/ European Polymer Journal, 41 (2005), 3, pp. 423 - 432
5. Галатенко Н.Л. Створення перев'язного плівкового засобу з широким спектром дії для лікування ран та опіків / Н.Л. Галатенко // Клінічна терапія. – Київ, 2006. – № 11–12. –С. 52.
6. Олтаржевская Н.Д. Текстиль и медицина. Перевязочные материалы с пролонгированным лечебным действием / Н. Д. Олтаржевская, М. А. Коровина, Л. Б. Савилова // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2002. – Т. XLVI: № 1. – С. 133–141.
7. Допоміжні речовини та їх застосування в технології лікарських форм: Довідковий посібник / Ф. Жогло, В. Возняк, В. Попович [та ін.]. - Львів, 1996. - 96 с.
8. Handbook of Pharmaceutical Excipients / Edit by R.C. Rowe, P.J. Sheskey, S.C. Owen. — London-Chicago, American Pharmaceutical Association, 2006, 375 p.
9. Фармацевтичні та медико-біологічні аспекти

### References

1. Advanced structural and functional materials for protection. Edited by W.Lau, S.H. Min, L.N. Sua, M.Jan, A. Tok. – Trans Tech Publications, 2008. – 202 p.
2. Koval'chuk, V.P. (1998) Eksperymental'ne doslidzhennya vlastyvostey antymikrobnnykh tekstyl'nykh materialiv. Visnyk Vinnyts'koho derzhavnoho medychnoho universytetu. no.1. P. 134-135.
3. Haghı A. K. (2012) [Electrospinning of nanofibers in textiles]. Apple Academic Press. Toronto. 139 p.
4. Zhang C. (2005) [Study on morphology of electrospun poly (vinyl alcohol) mats] S. Zhang, X.Yuan, European Polymer Journal, 41, 3, pp. 423 – 432.
5. Halatenko N.L. (2006) *Stvorennya perev'yaznoho plivkovoho zasobu z shyrokym spektrom diyi dlya likuvannya ran ta opikiv*. Klinichna terapiya. Kyiv, 2006. No. 11-12. P. 52.
6. Oltarzhevskaya N.D., Korovina M. A., Oltarzhevskaya N. D., Savilova L. B. (2002) *Tekstil' i meditsina. Perevyazochnye materialy s prolongirovannym lechebnym deystviem*. Ros. khim. zh. (Zh. Ros. khim. ob-va im. D.I. Mendeleeva). T. XLVI: no. 1. P. 133–141.
7. Zhohlo F., Voznyak V., Popovych V. (1996) *Dopomizhni rehovyny ta yikh zastosuvannya v tekhnolohiyi likars'kykh form*. Dovidkovyyu posibnyk 96 p.
8. Rowe R.C., Sheskey P.J., Owen S.C. (2006) [Handbook of Pharmaceutical Excipients] London-Chicago, American Pharmaceutical Association, 375 p.
9. Farmatsevychni ta medyko-biolohichni aspekty

ліків / За ред. проф. І.М. Перцева. — Вінниця, Нова книга, 2007. - 728 с.  
10. Плата Н. А. Физиологически активные полимеры / Н. А. Плата, А. Е. Васильев // М.: Химия, - 1986. - 296 с.

likiv / Za red. prof. I.M. Pertseva. Vinnytsya, Nova knyha, 2007. 728 p.  
10. Plata N. A. (1986) *Fyzyolohychesky aktyvnie polymery* /N. A.Plata, A. E.Vasylyev. M.: Khymyua, 296 p.

## ПОЛУЧЕНИЕ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ БИОСОВМЕСТИМЫХ ВОЛОКОН

ИЩЕНКО Е.В., ПЛАВАН В.П., ЛЯШОК И.А., ШМИДТ И.В., КРАВЕЦ О.А.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

**Цель.** *Определение оптимального состава композиции для получения текстильных нетканых материалов медицинского назначения с необходимыми физико-химическими характеристиками на основе биосовместимых полимеров.*

**Методика.** *Получение нетканых текстильных материалов медицинского назначения проводили методом электроформования с последующим анализом морфологии материалов.*

**Результаты.** *Получено нетканые материалы на основе ПВС марки 16/1 (массовая доля ацетатных групп, не более 0,9-1,7%) с добавлением комплекса йода и поливинилпирролидона. Установлен оптимальный состав композиции в соотношении ПВС и комплекса йода и поливинилпирролидона 2:1. Определены оптимальные параметры электроформования для получения нетканых материалов в зависимости от состава композиции.*

**Научная новизна.** *Установлена возможность применения комплекса йода и поливинилпирролидона для получения нетканых материалов с антисептическими и дезинфицирующими свойствами.*

**Практическая значимость.** *Использование метода электроформования для получения нетканых материалов позволяет получить покрытие с большой удельной поверхностью и воздухопроницаемостью для получения терапевтических систем, а добавление комплекса йода и поливинилпирролидона позволит повысить эффективность лечения инфицированных ран.*

**Ключевые слова:** *покрытие для ран, текстильные нетканые материалы медицинского назначения, поливиниловый спирт, комплекс йода и поливинилпирролидона.*

## PRODUCTION OF NONWOVEN MATERIALS BASED ON POLYMERIC BIOCOMPATIBLE FIBERS

ISHCHENKO O.V., PLAVAN V.P., LYASHOK I.O., SHMIDT I.V., KRAVETS O.A.

*Kyiv National University of Technologies And Design*

**Purpose.** *To determine an optimal composition for production of textile nonwoven materials intended for medical purposes based on biocompatible polymers having necessary physical and chemical properties.*

**Methodology.** *Nonwoven textile materials intended for medical purposes were produced using electrospinning approach with following analysis of materials morphology.*

**Findings.** *Nonwoven materials obtained based on PVA (16/1, mass fraction of acetate groups is less than 0.9-1.7%) with addition of iodine and polyvinylpyrrolidone complex. Optimal composition determined having PVA to complex of iodine and polyvinylpyrrolidone proportion as 2:1. Determined optimal parameters of electrospinning for production of nonwoven materials depending on composition used.*

**Originality.** *Found applicability of iodine and polyvinylpyrrolidone complex usage for production of nonwoven materials with antiseptic and disinfectant properties.*

**Practical value.** *Usage of electrospinning approach for production of nonwoven materials makes it possible to get coatings with large surface area and high air permeability for application in therapeutic systems. Addition of iodine and polyvinylpyrrolidone complex allows to improve the efficiency of infected wounds treatment.*

**Keywords:** *wounds coating, textile nonwoven materials intended for medical purposes, polyvinyl alcohol, iodine and polyvinylpyrrolidone complex.*

УДК 687.016

ПОПОВА Т.І., ЛОСЬ М.В.

Українська інженерно-педагогічна академія

### ФОРМУВАННЯ НАПРЯМІВ ДИЗАЙН-ПРОЕКТУВАННЯ ЖІНОЧОГО ДІЛОВОГО ОДЯГУ НА ОСНОВІ ПРИНЦИПІВ ТРАНСФОРМАЦІЇ

***Мета.** Розгляд передумов формування напрямів дизайн-проекткування жіночого ділового одягу на основі принципів трансформації.*

***Методика.** Огляд літературних джерел, аналіз виявлених тенденцій та закономірностей, метод системного аналізу.*

***Результати.** В ході проведення дослідження було виявлено види класичного стилю одягу та їх відповідність дрес-кодам, різновиди ділового стилю, класифікацію методів та принципи трансформації одягу.*

***Наукова новизна.** На основі аналізу було виявлено та охарактеризовано різновиди ділового стилю, виділено класифікацію методів, принципи трансформації одягу. Доведено, що для задоволення потреби в діловому одязі, який міг би поєднувати в собі різні функції, при його розробці доцільно використовувати принцип трансформації.*

***Практична значимість.** Одержані результати можна застосувати для проектування жіночого ділового одягу, які здатні виконувати декілька функцій та підтримувати динамічний спосіб життя, який характеризується частотою зміною подій.*

***Ключові слова:** діловий одяг, класичний стиль, формальний діловий стиль, стиль вільна п'ятниця, трансформація, костюм-трансформер, жінка.*

**Вступ.** На сьогоднішній день існує тенденція до збільшення кількості жінок в бізнесі. За даними Звіту із глобального гендерного розриву за 2016 рік (Global Gender Gap Report 2016), що був підготовлений Світовим економічним форумом (World Economic Forum), індекс гендерної рівності в Україні за показником «Економічна участь та можливості» становить 0,722 (0,00 – нерівність, 1,00 – рівність). В цьому звіті зазначається, що 31,5% фірм в нашій країні очолюють жінки, а рівень здібності жінок підійматися на позиції керівника підприємства становить 0,64 (з максимальних 1,00) [1].

5 квітня 2017 року Кабінет Міністрів своїм розпорядженням затвердив Концепцію Державної соціальної програми забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків на період до 2021 року, яка передбачає вживання заходів щодо удосконалення національного механізму забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків у всіх сферах життя суспільства та впровадження європейських стандартів рівності [2].

Діловий одяг – окрема категорія жіночого одягу, в набагато меншому ступені підвладна впливу мінливої моди. Суворі правила ділового дрес-коду, які змушені дотримуватися багато сучасних жінок, практично не змінюються з часом. Дослідники відзначають, що однією з основних проблем при створенні образу компетентної ділової жінки є те, що довгий час керівні пости займали переважно чоловіки, і всі сформовані оцінки орієнтовані на чоловічу психологію. Позитивний імідж чоловіка - динамічний, напористий, агресивний, - відповідає образу компетентного професіонала. Позитивний імідж жінки в суспільстві: ніжна, лагідна - тобто слабка і некомпетентна в діловій сфері. Стиль ділової жінки - стримана елегантність. Високий рівень стилю викликає довіру, симпатію, повагу партнера або підлеглих [3].

Існує декілька проблем. По-перше, відсутня достатня кількість пропозицій серед жіночих ділових костюмів порівняно з діловим одягом для чоловіків. Більшість комплектів

одягу, що пропонуються діловим жінкам, можна віднести скоріше до неформального ділового стилю. По-друге, у жінки є необхідність проявляти свою індивідуальність, але універсальність ділового одягу не дозволяє цього зробити. До того ж, правилами ділового етикету забороняється приходити на роботу в одному костюмі два дні поспіль. По-третє, діловим жінкам іноді протягом одного дня приходиться відвідувати декілька різнопланових заходів, які потребують використання різного по стилю одягу, що вимагає змінити підхід до дизайн-проекування жіночого ділового одягу з урахуванням принципів трансформації.

**Постановка завдання.** Мета роботи – розгляд передумов формування напрямів дизайн-проекування жіночого ділового одягу на основі принципів трансформації.

**Результати дослідження.** Службова обстановка накладає певні вимоги до зовнішнього вигляду ділової людини. В світі моди давно склалося певне поняття – «діловий костюм». Він, звичайно, враховує останні тенденції в моді, але при цьому залишається певною мірою строгим і консервативним. Дослідники відзначають, що здійснюючи підбір костюма в широкому сенсі (тобто враховуючи всі супутні компоненти), потрібно керуватись такими загальними правилами [5]:

- єдність стилю;
- відповідність стилю конкретній ситуації;
- розумна мінімізація колірної гами («правило трьох кольорів»);
- зіставність кольорів в кольоровій гаммі;
- сумісність фактури матеріалу;
- зіставність характеру малюнка в різних компонентах одягу;
- відповідність якісного рівня аксесуарів (взуття, папки для паперів, портфеля і т.п.) якості основного костюма.

З'ясовано, що стиль в костюмі – це сукупність виразних прийомів і художніх засобів, яка забезпечує єдність образного звучання одягу. Стиль безпосередньо пов'язаний з модою, але істотно відрізняється від неї насамперед тим, що мода є постійну мінливість, тоді як стиль характеризується постійністю і стійкістю [6].

Зараз найпоширенішою є така класифікація стилів одягу: класичний, романтичний, спортивний і фольклорний. Класичний стиль відображає уявлення широких мас людей про традиційні форми різних видів одягу. Він вважається одним з найстаріших стилів у світі сучасної моди. Одяг у класичному стилі - це строгість, практичність, простота, елегантність, ідеальний крій одягу і відчуття міри у виборі аксесуарів. Силует одягу класичного стилю прямий або напівприлеглий. До одягу класичного стилю належать такі різновиди: жакет шанель, болеро, спенсер, кардиган, костюм англійський, фрак, блузка, пальто класичне, спідниця пряма тощо. Класичний костюм в основному виготовляють з однотонної тканини, але іноді використовують тканину в тонку смужку, клітинку або курячу лапку. Аксесуарами до одягу класичного стилю можуть бути строгі головні убори, шарфи, хустки і взуття (туфлі-човник на невисоких підборах). Іноді класичний стиль називають респектабельний, стиль класицизм, англійський, елегантний, аристократичний, але це все побутові назви деяких стилів одягу, пов'язаних у першу чергу з офіційним одягом, тобто з класичним костюмом [7].

Ділове життя не вичерпується лише роботою в офісі, організації, діловими зустрічами. Воно включає також офіційні прийоми [5]. До одягу для офіційних прийомів

пред'являють інші вимоги, ніж для робочого ділового костюму. Тому, на наш погляд, слід розглянути варіанти класичного стилю одягу.

Спеціалісти з моделювання одягу та дослідники ділової етики та етикету пропонують різні класифікації сучасних стилів одягу. Так, дослідники ділової етики виділяють такі різновиди ділового стилю [8]:

Формальний діловий стиль (Business Formal). Включає діловий костюм неяскравого приглушеного кольору. Обидві частини костюма (верхня і нижня) пошиті з тканини одного кольору, фактури і рисунка.

Звичайний діловий стиль (Business General). Він відрізняється від попереднього послабленням обмежень у виборі тканин і складових частин костюмів як для чоловіків, так і для жінок. Для чоловіків пропонується костюм стилю City – піджак, брюки, джемпер або жилет, сорочка і краватка. Для жінок склад костюму близький до формально- ділового стилю (спідниця, брюки, строга сукня з піджаком), але дозволяється використовувати тонкий шовковистий трикотаж.

Стиль «вільна п'ятниця» (Business Casual). Менш офіційний, ніж попередній, тому в ньому допускаються твідовий піджак, брюки-слакси, трикотаж (у жінок – трикотажні «двійки»), блузи сорочечного типу, брюки прямого крою без піджака з трикотажем, спідниці із вовни.

Дослідження Кротової Т.Ф. показують, що призначення костюма і його відповідність певному дрес-коду обумовлюють три основні типи костюмів: *формальні* (візитка, смокінг і фрак), *ділові* (з одно- або двобортним піджаком або жакетом, що відповідає дрес-кодам "Business Best" і "Business Traditional") та *неформальні*, об'єднані різними напрямками стилю "Casual", що відповідають дрес-кодам "Business Casual", "Office Casual", "Sport Casual", "All-out Casual" [9].

Спосіб життя ділової людини дуже швидкий: в бізнесі передбачаються не тільки робота в офісі, але і ділові зустрічі, конференції, урочисті прийоми. За один день може бути заплановано декілька різних заходів, кожен з яких диктує свої правила дрес-коду.

Таким чином, є очевидним, що на сьогоднішній день існує потреба в розробці такого одягу для ділової жінки, який міг би поєднувати в собі різні функції та підтримувати динамічний спосіб життя, який характеризується частою зміною подій.

На сьогоднішній день у проектуванні сучасного одягу дуже широко використовується принцип трансформації. Зокрема, такий принцип використовується у виготовленні урочистого одягу, дитячих виробів, одягу спортивного стилю, повсякденного одягу, захисного одягу.

Поняття «трансформація» в проектуванні одягу є складним та широким через великий спектр впливу. «Трансформація» (новолатинське Transformatio, від trans – через, і formatio – утворення вигляду) – перетворення, зміна вигляду, форми, істотних властивостей чого-небудь, перетворення однієї форми на іншу [10].

Трансформація – це здатність швейного виробу суттєво змінювати свою форму, силует, функціональне призначення та властивості за допомогою рухомої конструкції, тобто це здатність одягу до видозмінення і перетворення. Метою проектування багатофункціонального одягу-трансформера, який спеціально створюється для динамічного

способу життя та різноманітних ситуацій використання, є забезпечення багатьох важливих функцій життєдіяльності людини.

Одяг-трансформер – це одна річ в декількох оригінальних варіантах, що є особливо важливим для жителів мегаполісів, так як економить час, дозволяючи змінювати стиль протягом всього дня та виглядати доречно у будь-якому оточенні за будь-яких обставин. Такий одяг є просто незамінним для любителів подорожувати, так як не вимагає багато місця в багажі. Також він сподобається тим, хто не любить або не може витратити багато коштів на придбання одягу, адже купуючи одну річ ми насправді купуємо декілька речей, які можуть існувати як разом в одному комплекті, так і без окремих своїх складових [11].

Існує класифікація методів трансформації предметів і елементів одягу, яка є вихідною інформацією для проектування сучасних трансформованих виробів різного функціонального, ергономічного і естетичного призначення, що представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Класифікація методів трансформації предметів і елементів одягу**

Комбінаторний метод			Модульний метод			Метод плоского крою			Кінетизм		
Геометричний	Кольоровий	Конструктивний	Конструктивний	Технологічний	Функціональний	Один або різний асортимент	Різні по формі виробу	Сяючі об'єкти	Світлодіоди	Автономне освітлення	Обертвові і рухомі предмети

У ході дослідження було виділено вісім базових принципів трансформації одягу [11]:

1. поява-зникнення об'єму всього виробу;
2. відділення-приєднання деталей або елементів одягу;
3. регулювання-фіксація величини, об'єму, форми, силуету виробу і деталей виробу;
4. згортання-розгортання деталей та елементів виробу;
5. розтягування-стягування деталей або частин виробу;
6. заміщення елементів та деталей виробу іншими елементами та деталями;
7. суміщення-розсування частин виробу;
8. трансформація виробу за рахунок оздоблення.

**Висновки.** Отже, існує проблема формування ефективного іміджу ділової жінки в зв'язку з тим, що кількість працюючих жінок постійно збільшується, а всі сформовані вимоги до ділового одягу орієнтовані на чоловічу психологію. Спосіб життя ділової людини дуже швидкий: в бізнесі передбачаються не тільки робота в офісі, але і ділові зустрічі, конференції, урочисті прийоми. За один день може бути заплановано декілька різних заходів, кожен з яких диктує свої правила до ділового одягу. Це питання можна вирішити розробкою ділового одягу, використовуючи принцип трансформації – цей принцип широко використовується в сучасному побутовому, урочистому, спортивному та спеціальному одязі. Цей принцип дозволяє спроектувати багатофункціональний одяг - трансформер, який

створюється для динамічного способу життя та різноманітних ситуацій використання, що забезпечує багато важливих функцій життєдіяльності людини.

### Література

1. The Global Gender Gap Report 2016. – Geneva: World Economic Forum, 2016. – Режим доступу: [http://www3.weforum.org/docs/GGGGR16/WEF\\_Global\\_Gender\\_Gap\\_Report\\_2016.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GGGGR16/WEF_Global_Gender_Gap_Report_2016.pdf)
2. Про схвалення Концепції Державної соціальної програми забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків на період до 2021 року [Електронний ресурс] : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 5 квітня 2017 р. № 229-р. – Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=249890469>
3. Фалько Л. Ю. Индивидуальный стиль в одежде / Л. Ю. Фалько. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2010. – 140 с.
4. Дахно, І. І. Ділова кар'єра : навч. посіб. / І. І. Дахно. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 528 с.
5. Лесько О. Й. Етика ділових відносин : навч. посібник / Лесько О. Й., Прищак М. Д., Залюбівська О. Б., Рузакова Г. Г. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 320 с.
6. Бердник Т. О. Моделирование и художественное оформление одежды / Т. О. Бердник. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. – 352 с.
7. Колосніченко М. В. Мода і одяг. Основи проектування та виготовлення одягу. / М. В. Колосніченко, К.Л. Процик. – К.: КНУТД, 2011. – 238 с.
8. Ушакова Н. В., Стрижова А. Ф. Имиджология: Учебное пособие / Н. В. Ушакова, А. Ф. Стрижова // М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и Ко", 2009. – 280 с.
9. Кротова Т. Ф. Класичний костюм в європейській моді ХІХ – початку ХХІ століття: еволюція форм і художньо-стильові особливості : автореф. дис. ... д-ра мистецтвознавства : 17.00.06 / Т. Ф. Кротова; Львів. нац. акад. мистецтв. – Львів, 2015. – 32 с.
10. Нагорна З. В. Класифікація методів трансформативного формоутворення в дизайні одягу / З. В. Нагорна // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. Мистецтвознавство. Архітектура. – 2013. – № 2. – С. 87–90.
11. Привала В. О. Систематизація способів здійснення трансформації сучасного одягу / В. О. Привала, Л. В. Буханцова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – №2. – С. 65–68.

### References

1. The Global Gender Gap Report 2016. Geneva: World Economic Forum, 2016. Rezhym dostupu: [http://www3.weforum.org/docs/GGGR16/WEF\\_Global\\_Gender\\_Gap\\_Report\\_2016.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GGGR16/WEF_Global_Gender_Gap_Report_2016.pdf)
2. Pro sxvalennya Konceptiyi Derzhavnoi social'noyi programy` zabezpechennya rivny`x prav ta mozhly`vostej zhinok i cholovikiv na period do 2021 roku [Elektronny`j resurs] : Rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukrayiny` vid 5 kvitnya 2017 r. # 229-r. – Rezhym dostupu: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=249890469>
3. Fal'ko L. Yu. (2010) *Y`ndy`vy`dual`nyj sty`l v odezhdе. Vlady`vostok: Y`zd-vo VGUЭС*, 140 p.
4. Daxno, I.I. (2011) *Dilova kar`yera : navch. posib.* K.: Centr uchbovoyi literatury. 528 p.
5. Les`ko O. J., Pry`shhak M. D., Zalyubiv`ska O. B., Ruzakova G. G. (2011) *Ety`ka dilovy`x vidnosy`n: navch. posibny`k.* Vinny`cya : VNTU. 320 p.
6. Berdny`k T. O. (2001) *Modely`rovany`e y` xudozhestvennoe oformleny`e odezhdы.* Rostov-na-Donu: Feny`ks, 352 p.
7. Kolosnichenko M. V., Kolosnichenko M. V., Procy`k K.L. (2011) *Moda i odyag. Osnovy` proektuvannya ta vy`gotovlennya odyagu.* Kyiv National University of Technologies and Design 238 p.
8. Ushakova N. V., Stry`zhova A. F. *Y`my`dzhelogy`ya: Uchebnoe posoby`e / N. V. Ushakova, A. F. Stry`zhova // M.: Y`zdatel`sko-torgovaya korporacy`ya "Dashkov y` Ko", 2009. – 280 s.*
9. Krotova T. F. (2015) *Klasy`chny`j kostyum v yevropejs`kij modi XIX – pochatku XXI stolittya: evolyuciya form i xudozhn`o-sty`l`ovi osobly`vosti.* L`viv. nacz. akad. my`stecztv. 32 p.
10. Nagorna Z. V. (2013) *Klasy`fikaciya metodiv transformaty`vnogo formoutvorennya v dy`zajni odyagu.* Visny`k Xarkivs`koyi derzhavnoi akademiyi dy`zajnu i my`stecztv. My`stecztvoznnavstvo. Arxitektura. No. 2. P. 87–90.
11. Pry`vala V. O. (2012) *Sy`stematy`zaciya sposobiv zdijsnennya transformaciyi suchasnogo odyagu / V. O. Pry`vala, L. V. Buxanczova // Visny`k Xmel`ny`cz`kogo nacional`nogo universy`tetu. No. 2. P. 65–68.*

## ФОРМИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕЛОВОЙ ОДЕЖДЫ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ТРАНСФОРМАЦИИ

ЛОСЬ М. В., ПОПОВА Т. И.

Украинская инженерно-педагогическая академия

**Цель.** Рассмотрение предпосылок формирования направлений дизайн-проектирования женской деловой одежды на основе принципов трансформации.

**Методика.** Обзор литературных источников, анализ выявленных тенденций и закономерностей, метод системного анализа.

**Результаты.** В ходе проведения исследования были выявлены виды классического стиля одежды и их соответствие дресс-кодам, разновидности делового стиля, классификация методов и принципы трансформации одежды.

**Научная новизна.** На основе анализа были выявлены и охарактеризованы разновидности делового стиля, выделена классификация методов, принципы трансформации одежды. Доказано, что для удовлетворения потребности в деловой одежде, которая могла бы объединять в себе разные функции, при её разработке целесообразно использовать принцип трансформации.

**Практическая значимость.** Полученные результаты можно применить для проектирования женской деловой одежды, которая способна выполнять несколько функций и поддерживать динамический способ жизни, который характеризуется частой сменой событий.

**Ключевые слова:** деловая одежда, классический стиль, формальный деловой стиль, стиль свободная пятница, трансформация, костюм-трансформер, женщина

## FORMATION OF COURSES OF BUSINESS CLOTHES DESIGNING BASED ON THE PRINCIPLES OF TRANSFORMATION

LOS M., POPOVA T.

Ukrainian Engineering Pedagogics Academy

**Purpose.** Consideration of the prerequisites for the formation of design directions for women's business clothing based on the principles of transformation.

**Methodology.** Review of references, analysis of the revealed tendencies and regularities, the method of systems analysis.

**Results.** In the course of the research, the types of classical style of clothing and their conformity to dress codes, varieties of business style, classification of methods and principles of clothing transformation were identified.

**Scientific novelty.** On the basis of the analysis, varieties of business style were identified and characterized, classification of methods, principles of clothing transformation was highlighted. It is proved that to satisfy the need for business clothes, which could combine different functions, it is expedient to use the principle of transformation when developing it.

**Practical value.** The results obtained can be applied to the design of women's business clothes, which is able to perform several functions and maintain a dynamic way of life, which is characterized by a frequent change of events.

**Keywords:** business clothes, classical style, formal business style, Free Friday style, transformation, transformer suit, woman

УДК 685.34.013

НАДОПТА Т.А.

Хмельницький національний університет

## ПРИНЦИПИ АНАЛІТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АБРИСІВ ПРОТОТИПУ ВЗУТТЯ

**Мета.** Формування принципів аналітичного моделювання абрисів прототипу взуття; обґрунтування концепції прототипу взуття; розробка інформаційної структури формування аналітичної моделі проектування деталей верху взуття.

**Методика.** Використано теоретичні та практичні основи проектування взуття, математичної статистики, комп'ютерних та інформаційних технологій.

**Результати.** Сформовано принципи аналітичного моделювання; розроблено інформаційну структуру аналітичної моделі проектування деталей взуття, яка враховує анатомо-морфологічні особливості стопи і підвищує продуктивність конструкторських робіт.

**Наукова новизна.** Методично обґрунтовано принципи побудови аналітичних моделей абрисів прототипу взуття.

**Практичне значення.** Розроблена інформаційна структура досліджувати взаємозв'язок між антропометричними дослідженнями стоп та рівняннями опису абрисів прототипу взуття та базової основи, а також встановити координати керуючих точок абрисів прототипу взуття та базової основи, що підвищить точність побудови та дозволить створити умови для автоматизації процесу проектування.

**Ключові слова:** аналітична модель, прототип взуття, модель, взуття.

**Вступ.** Сучасний стан розвитку легкої промисловості вимагає переходу до нових перспективних, інноваційних систем проектування, що дасть змогу виготовляти конкурентоспроможну продукцію, особливо при виході її на світовий ринок і сертифікацію на відповідність міжнародним стандартам. Цей процес обумовлений цілою низкою причин, серед яких значне місце займають задачі проектування та виготовлення взуття. Одним з ключових моментів виготовлення такого взуття є якомога точніше врахування анатомічних характеристик стоп на всіх етапах проектування, застосування сучасного високотехнологічного обладнання, забезпечення якості продукції.

Таким чином, впровадження на підприємстві автоматизованих систем проектування нерозривно пов'язане з використанням нових прогресивних технологій з використанням основ аналітичної геометрії [1-3]. Рішення наукових і прикладних задач у галузі інженерної геометрії спрямоване на досягнення оптимальних аналітичних та геометричних моделей опису контурів, що забезпечують найбільш якомога більше вимог.

Приклади вітчизняних наукових розробок з застосуванням деяких аспектів аналітичного моделювання представлені у [4-6], однак їх застосування для проектування взуття практично неможливе. Існуючі спеціальні закордонні програмні продукти дозволяють якісно та з меншими витратами проводити необхідну конструкторську та технологічну підготовку виробництва [7-9]. Однак, як правило аналітичний апарат програмного забезпечення САПР невідомий і оперативному корегуванню не підлягає, що також звужує рамки застосування методу. Варіанти, коли вихідна модель інтерпретується як множина матеріальних точок настільки ускладнює програмне забезпечення, що воно може реалізовуватись тільки на достатньо потужних комп'ютерах, чим і пояснюється їх значна вартість.

Отже, розробка принципів аналітичного моделювання на всіх етапах проектування

взуття дасть змогу забезпечити комплексне виконання проектних робіт при значному скороченні їх термінів і одночасному підвищенні якості. Основною метою при цьому є постійне зниження собівартості продукції, що випускається і оновлення її асортименту, поліпшення показників надійності, ремонтпридатності, економічності, естетичності, тощо.

**Постановка завдання.** Полягає у формуванні принципів аналітичного моделювання абрисів прототипу взуття, обґрунтування концепції прототипу взуття на основі аналізу анатомо-морфологічних властивостей стопи із застосуванням сплайнових кривих.

**Результати досліджень.** Найбільш інноваційною і перспективною основою процесу проектування, у тому числі автоматизованого, є створення та впровадження в практику методів аналітичної геометрії з використанням сучасних комп'ютерних технологій, що дозволяють істотно скоротити терміни підготовки виробництва нових моделей.

Для адекватної розробки аналітичних моделей запропоновано наступні принципи, котрих необхідно послідовно дотримуватися:

- постановка завдання, визначення об'єкта моделювання, в нашому випадку це контури, які описують прототип;
- визначення елементів та факторів, котрі впливають на кінцеву модель та повинні обов'язково враховані (основні анатомічні точки, ергономічні показники);
- обґрунтування цілісності моделі;
- аналіз взаємозв'язків елементів моделі;
- побудова інформаційної структури, встановлення її функцій, погодження елементів між собою та їх послідовне об'єднання;
- формулювання концепції аналітичної моделі, базуючись на мінімізації та достатності кривих, котрі забезпечували б виконання умови безперервності та гладкості опису реальних об'єктів;
- розробка алгоритмів для знаходження керуючих точок сплайнових кривих абрисів;
- отримання геометричних моделей;
- розробка програмного апарату для автоматизованої побудови кривих характерних абрисів.

Запропоновано для проектування нових моделей взуття користуватися даними про певний конструктивний прототип, який реально представлений геометричною моделлю поверхні колодки. Геометрична модель містить інформацію про координати конструктивних точок аналітичної моделі та аналітичний опис абрису моделі. Отже, прототип взуття як індивідуальне відтворення поняття «колодка» повинен відповідати в якомога більшій мірі анатомо-морфологічним властивостям стопи, враховуючи всі локальні її особливості, чим в першу чергу і забезпечуватиметься раціональне проектування ДВВ. Тому на відміну від стандартних колодок прототип взуття, насамперед, повинен мати реальну здатність та пристосовуваність до оперативного видозмінення з метою відтворення особливостей стоп.

В основі прототипу лежить стопа в вихідному положенні. Теоретично вона представляє собою множину точок, аналітично описаних у вигляді функції певного виду або системи параметричних рівнянь  $S=s(x,y,z)$  (вісь  $z$  направлена перпендикулярно горизонтальній площині, в якій розташовані осі  $x$  та  $y$ ). Основною ознакою початкової стопи є те, що вона фіксується в природній формі, тобто на базовій плоскій горизонтальній площині. В реальному стані стопа характеризується певним, а часом і значним,

перерозподілом складових реакції від горизонтальної поверхні. Пов'язане це з тим, що стопа у взутті практично завжди в тій чи іншій мірі піднята над базовою горизонтальною поверхнею в п'ятковій частині за рахунок різниці висот каблука та підосви в пучковій 1, 5. Стопа у взутті відрізняється від початкової не тільки в першу чергу зміщенням точок по осі  $z$ , але і певною зміною взаємної орієнтації кісток стопи, особливо в носково-пучковій частині. В певних місцях стопи у взутті, наприклад, в западинах між суглобами, можна виділити тіньові ділянки та, відповідно, тіньові об'єми, в яких не тільки проблематично забезпечити повне прилягання деталей верху, але з точки зору зручності взуття воно в основному і не потрібне 2. Для забезпечення теплопровідності навколо стопи доцільно забезпечити певний гігієнічний простір 3. Під час ходіння змінюються не тільки взаємне розташування частин стопи, але і форма та розміри певних поперечних перерізів її. Тому в деяких місцях необхідно ввести додаткові кінематичні об'єми. Нарешті взуття повинно відповідати вимогам сучасних модних тенденцій, необхідно ввести об'єми, обґрунтовані функціональним та художнім рішенням моделі 4. Сукупність перерахованих об'ємів і формує поняття прототипу (рис.1).

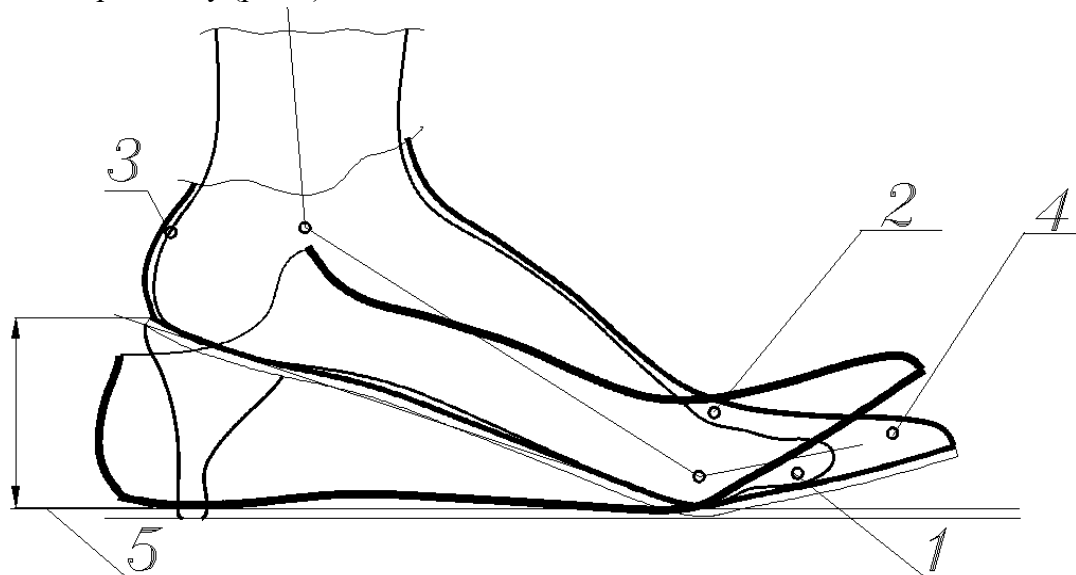


Рис.1. Схема формування прототипу:  
1 – стопа; 2 – тіньові об'єми; 3 – гігієнічний простір;  
4 – функціональні та художні об'єми; 5 – висота каблука

Отже, прототип взуття є умовним відтворенням анатомо-морфологічних властивостей стопи, вихідним елементом отримання основи для конструкторно-композиційних рішень та описаний за допомогою аналітичної моделі.

Принциповою відмінністю прототипу взуття від стандартних колодок насамперед є те, що прототип формується на аналітичній основі, а це відкриває шлях до оперативної модифікації його в залежності від індивідуальних особливостей початкової стопи.

На рис. 2 наведено інформаційну структуру формування аналітичної моделі проектування деталей верху взуття, котра передбачає розробку аналітичного апарату зв'язків між розмірними характеристиками стопи, прототипу взуття та базової основи з використанням аналітичних та емпіричних залежностей між параметрами змінних.

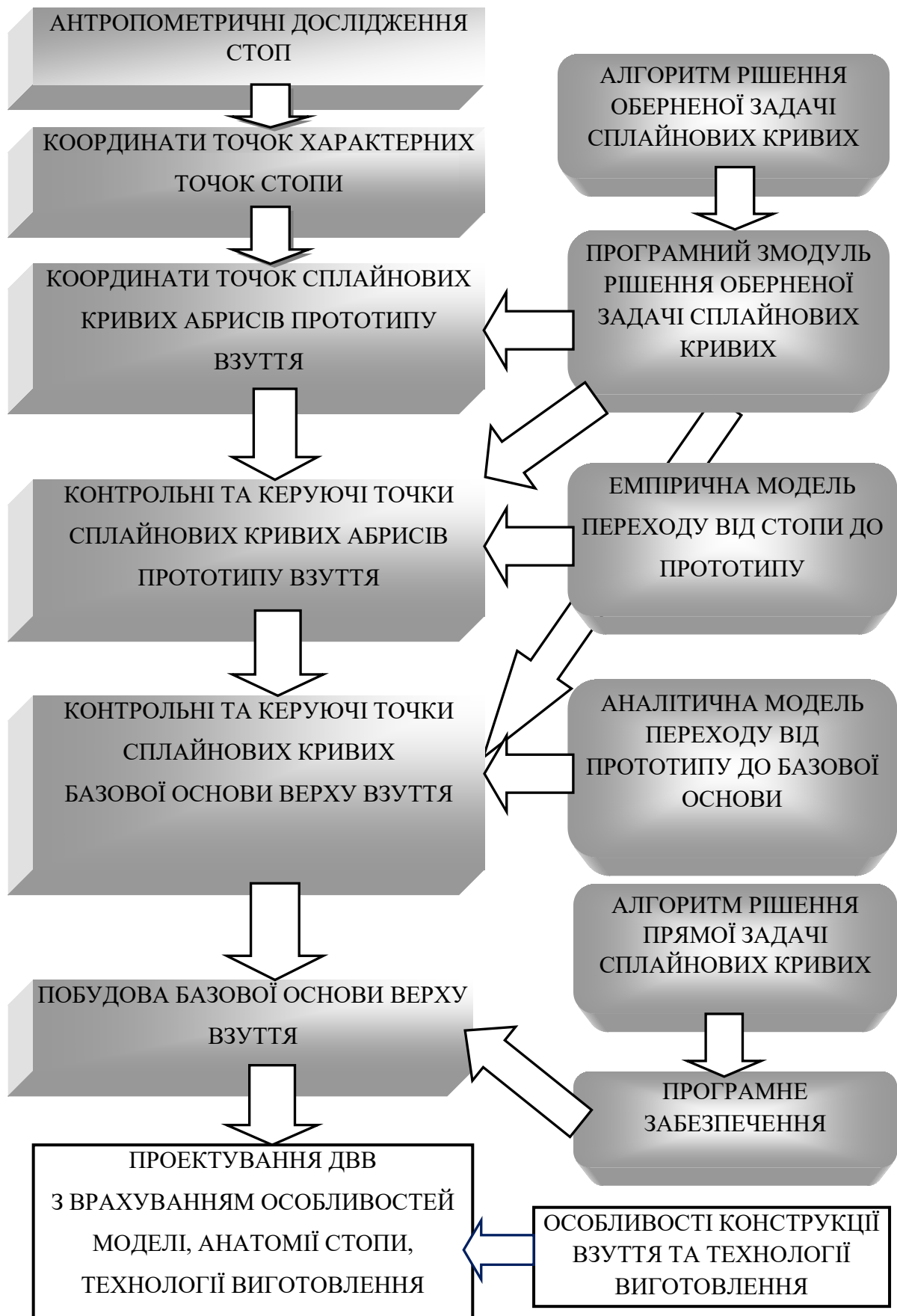


Рис.2. Інформаційна структура

Ця методика забезпечує можливість прямого переходу від стопи до безпосереднього процесу проектування деталей верху взуття з позиції підвищення продуктивності процесу проектування та з забезпеченням максимально можливої точності.

**Висновки.** Встановлено актуальність нового підходу до процесу проектування взуття з метою покращення його якості та конкурентоспроможності в умовах сучасного ринку. Такі можливості відкриваються із впровадженням інноваційних прийомів дизайну та автоматизації процесу проектування із застосуванням аналітичного моделювання. Запропоновані основні принципи формування аналітичних моделей, обґрунтовано поняття прототипу. Сформована інформаційна структура придатна для ефективного врахування її в процесі проектування взуття і сприяє забезпеченню високої якості і оперативності впровадження нового асортименту.

#### Література

1. Надопта Т. А. Досвід автоматизації процесів обміру стопи та проектування деталей взуття / Надопта Т. А. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009, № 5. – С.68-73.
2. Григорьев М. И. О классификации дробно-рациональных кривых Безье второго порядка / Григорьев М. И., Малозёмов В. Н., Сергеев А. Н. // Вестн. С.-Петерб. ун-та. – Сер. 1. 2008. Вып. 2. – С. 103–108.
3. Беляева З.В. Геометрическое моделирование пространственных конструкций / Беляева З.В., Митюшов Е.А. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета: научно-технический журнал. – Томск: ТГАСУ, 2010. – № 1 (26). – С. 53-63.
4. Ариарский О.Е., Формообразование зонтичных оболочек и их применение в архитектуре и дизайне / Ариарский О.Е., Шагалова И. В., Кравченко Т. В., Кулакова Е.А. // Сборник «Праці ТДАТУ». – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип.4. Т.49. – С. 178-190.
5. Барабаш М.С. Організація технології інтеграції систем автоматизованого проектування на базі КАЛІПСО / Барабаш М.С., Терещенко А.В. // Науково-виробничий журнал: Будівництво України, № 4. – К.: ДНІДІАСБ, 2007. – С. 40-44.
6. Калашніков О. О. Геометричне та комп'ютерне моделювання компонування обладнання спеціальної техніки швидкого реагування : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка» / Калашніков Олександр Олександрович ; Таврійська державна агротехнічна академія. - Мелітополь, 2005. – 45 с
7. Разина Е.В. К вопросу применения 3D-сканеров в кожевенно-обувной промышленности / Разина Е.В., Семенова Л.Г. // Кожевенно-обувная промышленность. - 2007. - №6. – С. 45-46.
8. Суrowцева О.А. Решение задач технологической подготовки производства обуви с

#### References

1. Nadopta T. A. (2009) *Dosvid avtomatyzatsiyi protsesiv obmiru stopy ta proektuvannya detaley vzuttya* [Experience in automation of foot measurement and designing of shoe parts]. Bulletin of the Khmelnytsky National University. no. 5. p. 68-73. [in Ukrainian]
2. Hryhor'ev M. Y., Malozëmov V. N., Serheev A. N. (2008) *O klasyfikatsiyi drobno-ratsyonal'nykh kryvykh Bez'e vtoroho poriyadka* [On the classification of fractional-rational Bezier curves of second order] Bulletin of Saint-Petersburg University no. 1. Vyp. 2. p. 103–108. [in Russian]
3. Belyaeva Z.V., Mytyushov E.A. (2010) *Heometrycheskoe modelyrovanye prostranstvennykh konstruksiy*. [Geometric modeling of spatial constructions] Bulletin of the Tomsk State Architectural and Construction University. Tomsk: THASU. no. 1 (26). p. 53-63. [in Russian]
4. Aryarsky O.E., Shahalova Y. V., Kravchenko T. V., Kulakova E.A. (2011) *Formoobrazovanye zontychnykh obolochek y ykh prymenenye v arkhytekture y dyzayne*. Sbornyk «Pratsi TDATU». Melitopol', no.4. T.49. p. 178-190. [in Ukrainian]
5. Barabash M.S., Tereshchenko A.V. (2007) *Orhanizatsiya tekhnolohiyi intehratsiyi system avtomatyzovanoho proektuvannya na bazi KALIPSO*. Naukovo-vyrobnychyy zhurnal: Budivnytstvo Ukrayiny, no.4. p. 40-44. [in Ukrainian]
6. Kalashnikov, O. O. (2005) *Heometrychne ta komp'yuterne modelyuvannya komponuvannya obladnannya spetsial'noyi tekhniki shvydkoho reahuvannya: avtoref. dys. kand. tekhn. nauk* : Tavriys'ka derzhavna ahrotekhnichna akademiya. Melitopol. 45 p. [in Ukrainian]
7. Razyna E.V., Semenova L.H. (2007) *K voprosu pryumenenyya 3D-skanerov v kozhevenno-obuvnoy promyshlennosti*. Leather-shoe industry. no.6. p. 45-46. [in Russian]
8. Surovtseva O.A. (2015) *Reshenye zadach*

использованием потенциала машиностроительной САПР ТП [Текст] / О.А. Суровцева // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Наука сегодня: проблемы и перспективы развития» (25 ноября 2015 г.) – Вологда, 2015, Ч.1, С. 65-67.

9. Леденев М. О. Совершенствование методики проектирования технологических процессов сборки обуви с верхом из войлока с применением компьютерных технологий : дис. канд. техн. наук / М. О. Леденев. — Москва, 2011.- 265 с.

*tekhnologicheskoy podgotovky proizvodstva obuvy s ispol'zovaniyem potentsyala mashynostroytel'noy SAPR TP [Tekst] Sbornik nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy nauchno-praktycheskoy konferentsyy «Nauka sehodnya: problemy u perspektyvy razvytyya» Volohda, p. 65-67. [in Russian]*

9. Ledenev M. O. (2011) *Sovershenstvovanye metodyky proektyrovaniya tekhnologicheskyykh protsessov sborky obuvy s verkhom yz voyloka s pryumeneniyem komp'yuternyykh tekhnolohyy. Moskov. 265 p. [in Russian]*

## ПРИНЦИПЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АБРИСОВ ПРОТОТИПА ОБУВИ НАДОПТА Т.А.

*Хмельницкий национальный университет*

**Цель.** Формирование принципов аналитического моделирования абрисов прототипа обуви; обоснование концепции прототипа обуви; разработка информационной структуры формирования аналитической модели проектирования деталей верха обуви.

**Методика.** Используются теоретические и практические основы проектирования обуви, математической статистики, компьютерных и информационных технологий.

**Результаты.** Сформирован принцип аналитического моделирования; разработана информационная структура аналитической модели проектирования деталей обуви, которая учитывает анатомо-морфологические особенности стопы и повышает производительность конструкторских работ.

**Научная новизна.** Методически обоснованно методологию построения аналитических моделей абрисов прототипа обуви.

**Практическое значение.** Разработанная информационная структура позволяет исследовать взаимосвязь между антропометрическими исследованиями стоп и уравнениями описания абрисов прототипа обуви и базовой основы, а также устанавливает координаты управляющих точек абрисов прототипа обуви и базовой основы, повышает точность построения и позволяет создать условия для автоматизации процесса проектирования.

**Ключевые слова:** аналитическая модель, прототип обуви, модель, обувь.

## PRINCIPLES OF THE ANALYTICAL MODELING OF THE PROFILE OF THE PROTOTYPE OF SHOES

NADOPTA T.A.

*Khmelnyskiy Natsional University*

**Purpose.** Formation of the principles of analytical modeling of the outlines of the prototype shoes; Substantiation of the concept of the prototype shoes; The development of an information structure for the formation of an analytical model for the design of parts of the upper shoe.

**Method.** Theoretical and practical principles of footwear design, mathematical statistics, computer and information technologies are used.

**Results.** The principle of analytical modeling is formed; The information structure of the analytical model of the design of the shoe parts has been developed, which takes into account the anatomical and morphological features of the foot and increases the productivity of the design work.

**Scientific novelty.** The methodology of constructing analytical models of the outlines of the prototype footwear is methodologically sound.

**Practical value.** The developed information structure makes it possible to investigate the relationship between anthropometric studies of feet and equations describing the outlines of the prototype shoes and the base base, and also coordinates the control points of the outlines of the prototype shoes and the base base, improves the accuracy of the construction and allows creating conditions for automation of the design process.

**Keywords:** analytical model, prototype shoes, model, shoes.

УДК 671.12:7.05

**ВИННИЧУК М.С., КОЛОСНІЧЕНКО М.В.**

Київський національний університет технологій та дизайну

## **СТИЛІСТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ**

***Мета.** Аналіз стилістичних особливостей ювелірних прикрас за формою, властивостями поверхні форми, композиційними прийомами, колористичними рішеннями та матеріалами, що використовуються в порівнянні зі стилями костюма.*

***Методика.** В роботі використано літературно-аналітичні та історіографічні методи, метод системно-структурного аналізу для виявлення основних стилістичних рис ювелірних прикрас та приналежності до певного стилю.*

***Результати.** В ході дослідження стилістичних особливостей при проектуванні ювелірних виробів, розглянуто різноманітні класифікації стильових напрямків в історії ювелірного дизайну, обрано класифікацію за призначенням костюма, та проаналізовано стилістичні особливості одягу, аксесуарів та ювелірних виробів за формою, властивостями поверхні форми, композиційними прийомами, колористичними рішеннями та матеріалами, що використовуються*

***Наукова новизна.** Систематизовано методи класифікації ювелірних виробів, обрано класифікацію за призначенням костюма – системи, основним елементом якої є ювелірні вироби; проаналізовано характерні особливості ювелірних виробів відповідного стилю.*

***Практичне значення.** Досліджено, які саме властивості ювелірних виробів за формою, поверхню форми, композиційними прийомами, колористичними рішеннями та матеріалами притаманні тому чи іншому стилю.*

***Ключові слова:** стиль, ювелірні вироби, метал, огранування, костюм, аксесуари, прикраси.*

**Вступ.** Історію світового мистецтва можна розглядати як історію художніх стилів. Це можна віднести і до історії ювелірного дизайну, що об'єднує за певними формальними ознаками прикраси в цілісні художні напрями. Розглядаючи структуру поняття «стиль» виділяють: великі художні стилі, стилістичні напрямки другої половини ХХ століття і авторські стилі. Підставами для класифікації стильових напрямків другої половини ХХ століття служить безліч різних характеристик, наприклад: часовий період (наприклад, стиль 60-х років); відповідність історичним епохам (наприклад, стиль епохи Бароко); призначення костюма – системи, основним елементом якої є ювелірні прикраси (діловий стиль, корпоративний стиль, спортивний стиль, романтичний стиль); сучасність (класичний, історичний, сучасний, ретро); вплив культур стародавніх цивілізацій (єгипетський, греко-римський, візантійський); регіональний вплив (етнічні стилі: африканський, індійський; середземноморський, кантрі); соціоментальність (гранж, панк, гламур, хіпі тощо).

Для виявлення певного стилю ювелірної прикраси необхідно, перш за все, проаналізувати її основні стильові риси: форма прикраси; властивості поверхні форми; композиційні прийоми; колористичне рішення; матеріали, які використовуються.

Серед робіт, що присвячені питанням класифікації стилів в різних видах мистецтва, дизайн-проекування одягу, проектування ювелірних виробів та аксесуарів актуальними для даного дослідження стали праці Соколова А.Н (загальні поняття стилю в мистецтві) [1]; Колосніченко М.В., Процик К.Л. (стилістичні особливості костюму) [2], Шаталової І.В. (стилі ювелірних виробів різних історичних епох) [3]. Проте жодна із робіт не розглядала класифікацію стилів ювелірних виробів за призначенням костюму та не пов'язувала «костюм» і ювелірні вироби в одну систему, тому дане дослідження є актуальним. Саме тому, постає завдання дослідження стильових особливостей ювелірних виробів, що в

подальшому дозволить розробити рекомендації для підбору ювелірних виробів до «костюму» певного стилю або навпаки.

**Постановка завдання.** Аналіз, систематизація та виявлення характерних стилістичних особливостей одягу, аксесуарів та ювелірних виробів за формою, властивостями поверхні форми, композиційними прийомами, колористичними рішеннями та матеріалами, що використовуються та притаманні певному стилю.

**Результати дослідження.** Стиль у загальному розумінні – усталена форма художнього самовизначення епохи, регіону, нації, соціальної або творчої групи або окремої особистості. Поняття стилю є центральним в історії літератури та мистецтва, однак поширюється й на інші види людської діяльності, перетворюючись в одну з найважливіших категорій культури в цілому [1].

В даній статті пропонується характеристика стилів ювелірних виробів за призначенням костюму – системи, одним із основних елементів якої є ювелірні прикраси.

Як і стиль одягу, стиль ювелірних виробів може бути класифікований за такими ознаками (або їх сукупністю): за віком (молодіжний стиль); за статтю (жіночий стиль, стиль унісекс); за належністю до соціальної групи або до відповідної субкультури (стиль хіпі, емо, панк-стиль, байкерський стиль тощо); за епохою (New Look, диско-стиль, стиль денді); за ситуацією використання і функціональністю (стиль килимової доріжки, коктейльний, вуличний, діловий, спортивний) тощо [2].

Розрізняють такі основні стилі одягу: класичний, спортивний, романтичний, фольклорний та авангардний. Для кожного стилю характерні певні види матеріалів, об'ємність форми одягу і доповнення.

Класичний стиль відображає уявлення широких мас людей про традиційні форми різних видів одягу, аксесуарів, ювелірних виробів. Він вважається одним з найстаріших стилів у світі сучасної моди. Одяг у класичному стилі – це строгість, практичність, простота, елегантність, ідеальний крій одягу і відчуття міри у виборі аксесуарів.

А що відрізняє ювеліру «класику»? Прабатьками класичних прикрас можна назвати коштовності періоду класицизму і ампіру. Для цих художніх епох були характерні такі деталі і орнаменти: меандр, лаврові і дубові листя, пальмети, левові (та інші) маски, грифони, сфінкси, єгипетські мотиви. Рідше зустрічалися різноманітні військово-історичні символи (спіралі, щити, дуги, орли) (рис.1). Такі мотиви час від часу використовуються і сучасними ювелірними дизайнерами – наприклад, модним будинком Versace (рис.2) [3, 4].



Рис.1. Прикраси періоду класицизму і ампіру



Рис. 2. Каблучка Versace

Сучасна ювелірна класика – це врівноваженість форм, гармонійність пропорцій, симетрія, стриманість і впорядкованість декору (рис.3), це витончені, не дуже вигадливі, строгі, лаконічні форми, найчастіше правильні геометричні форми.



Рис.3. Ювелірні вироби класичного стилю

Класичний стиль (як правило) не слідує ультрамодним тенденціям. Тому він доречний в роботі ювелірів з матеріалом найвищої проби – золоті, платині, сріблі та з використанням дорогоцінних каменів. Іноді класичний стиль називають респектабельний, стиль класицизм, англійський, елегантний, аристократичний, але це все побутові назви деяких стилів одягу, пов'язаних у першу чергу з офіційним одягом, тобто з класичним костюмом. Основний плюс подібного стилю – непідвладність моді, такі вироби будуть актуальні в будь-який час і в будь-якому місці, в діловому костюмі або елегантній вечірній сукні [2 – 4].

Романтичний стиль має синонім повітряний стиль, оскільки одяг цього стилю відрізняє вільний, об'ємний силует, м'які, жіночі форми і пропорції. Романтичний стиль створює піднесений, вишуканий образ, тому жінка одягнена вишукано, одяг і головний убір з вишуканими деталями (жабо, мереживні коміри і манжети, рюші, вуалі). Вироби виготовляють із шовку, шифону, тонкого мережива, із тканин, здатних драпіруватись; при оздобленні використовують в основному квітково-рослинний орнамент.

Прикраси романтичного стилю відповідають наступним характеристикам: старовинні, вінтажні; складної форми з безліччю дрібних деталей; ажурні, мереживні. Метал може бути будь-яким (золото, срібло, вінтажна патина) – головне, щоб він не викликав відчуття монолітності прикраси, тому при виготовленні ювелірних виробів романтичного стилю часто використовують техніку філіграні. Застосовують напівпрозорі камені із «загадковим» сяйвом: містик-топаз, зірчастий сапфір, опали, місячний камінь; або прозорі камені, які за формою і кольором нагадують краплю води: перли, блакитні топази, гірський криштал, аквамарин (рис. 5) [3, 5].



Рис. 5. Ювелірні прикраси романтичного стилю

Спортивний стиль – це стиль, який адаптував спортивний одяг та його елементи для повсякденного носіння. Одяг спортивного стилю досить яскравий, динамічний за своїм характером з мінімумом оздоблення і відрізняється від спортивного одягу меншою кількістю деталей, матеріали, при цьому зберігають функціональність і комфорт. Для нього характерні вільний силует, безліч кишень, застібок-блискавок тощо. Стилізація повсякденного чи ошатного одягу під спортивний стиль передбачає використання конструктивно-декоративних елементів (кишень, клапанів, погонів, хлястиків), металевої та іншої фурнітури та оздоблювальних строчок. Також для оздоблення використовують емблеми, принти та написи, особливо у молодіжному одязі. Як головні убори носять: кепі, бейсболки, в'язані шапки і налобні пов'язки. Прихильники цього стилю носять великі сумки, сумки через плече, рюкзаки. До різновидів спортивного належать такі різновиди стилів: мілітарі, морський, сафарі та інші [2].

Прикраси для спортивного стилю повинні бути дуже простими, зручними і яскравими, вони повинні символізувати простоту і життєву енергію. В основному метал для спортивних прикрас має срібний колір. Застосовують також пластик і будь-які інші штучні матеріали, все яскраве, простих життєрадісних кольорів, без складних переходів. Камені у прикрасах спортивного стилю якщо і використовують, то простих геометричних форм і кольорів з чітким огрануванням (рис. 6) [5].



Рис. 6. Прикраси спортивного стилю

Фольклорний стиль – стиль, який формується під впливом національних костюмів різних народів, тому іноді цей стиль називають фольк-стиль, етнічний стиль, народний, національний. Основні елементи стилю – етнічні мотиви, вишивка, мереживо, аплікація, бахрома, шнурівка, вишивка бісером, прикрашання виробів дерев'яними або скляними намистинами. Для одягу фольк-стилю характерною є простота конструктивного вирішення. Тканини використовують в основному натуральні – льон, вовну, шовк, бавовну. Кольори різні – від тьмяних, пастельних до яскравих і різнокольорових. Колір вбрання залежить від різновиду фольклорного стилю: хіпі, гаучо, вестерн, етно або кантрі. Характерне використання фольклорних елементів: візерунків, орнаментів, набивних рисунків або вишивки – всього того, що відображає самобутність культури [2].

Прикраси фольклорного стилю відрізняються великою кількістю природних матеріалів: шкіри, дерева, натуральних тканин, пір'я та хутра, мушлів і натуральних необроблених каменів і металу з етнічними візерунками. Хіпі, крім перерахованого вище, віддавали перевагу яскравим кольорам і піктограмам «миру» (рис. 7) [5].



Рис. 7. Прикраси у стилі «фольк»

Авангардний стиль, стиль модерн – це напрям у моді, що вносить нові, сміливі рішення, містить у собі різні моделі, незвичайні за формою і виконанням. Популярними різновидами авангардного стилю є стиль-панк, законодавцею якого вважають Вів'єн Вествуд, стиль-достаток Ж.П. Готьє, популярні останнім часом стилі готичний і емо тощо.

Під словом авангард у ювелірному дизайні розуміють більш незвичайні прикраси, яким притаманне заперечення всіх звичних форм і традицій. Зазвичай це ексцентрична, незвичайна, рухлива, гнучка, яскрава і помітна прикраса, в якій можуть поєднуватись незвичайні матеріали: дорогоцінні камені разом із самоцвітами, платина зі шкірою, також немає ніяких правил у використанні пропорцій і форм ювелірного виробу (рис. 8) [2, 5].



Рис. 8. Ювелірні вироби авангардного стилю

Панк-стиль став реакцією на неможливість реалізувати духовні сили, це протест покоління без майбутнього. Історія моди – це історія людства. Прояв крайнощів у моді – це завжди реакції на зміни в житті. Рух панків виник у середині 70-х рр. ХХ ст. в Англії. Слово панк перекладають як поганий, нікчемний, гнилий. Панки носять рвані джинси і шкіряні куртки, кільця в носі і шпильки у вухах, голять голову або роблять зачіску ірокез. Серед інших аксесуарів іноді зустрічаються шиповані напульсники, значки з написами політичних гасел або з назвами груп. Дівчата-панки носять легінси з туфлями на підборах-стилетах і

міні-спідниці з чорними колготками. Панк-стиль – це змішення всіх стилів і напрямів, одягу second-hand і дешевих аксесуарів [2].

Прикраси в стилі панк передбачають наявність чорного кольору і великої кількості металевих деталей (заклепки, пряжки, шипи), використовуються агресивні, небезпечні і негативні образи, а також музичні інструменти. З матеріалів використовують шкіру, срібло або недорогоцінні білі метали. Основна ідея таких прикрас: свобода, непослух, сила (рис. 9).



Рис. 9. Прикраси у стилі панк

Пізніше, наприкінці 70-х років ХХ ст., як відгомін пост-панка, з'явилася субкультура – готи. Готичний стиль – це переважання чорного кольору в одязі і макіяжі і навіть неприродних відтінків – від білих, альбіносів до вугільно-чорних, захоплення містицизмом, декадансу, езотерики в літературі і кінематографії. Одяг зазвичай чорного кольору – спідниці будь-якої довжини, плащі, камзоли з широкими піднятими комірами, корсети, довгі сукні, а також елементи одягу ХVIII-XIX ст. – жабо і манжети з мережива, корсети.

При роботі з готичними прикрасами віддаються перевагу білому золоту, сріблу і платині – білим металам. Такі ювелірні вироби найчастіше інкрустують чорними каменями: оніксом, обсидіаном, гагатом, проте використовують й інші дорогоцінні кристали – великі рубіни, смарагди, діаманти. Камені, як і сам ювелірний виріб, повинні бути помітними, зухвалими, масивними (рис. 10) [2, 5].



Рис. 10. Ювелірні вироби у готичному стилі

Таким чином, аналіз стилістичних особливостей одягу, аксесуарів та ювелірних виробів за формою, властивостями поверхні форми, композиційними прийомами, колористичними рішеннями дозволив систематизувати методи класифікації ювелірних виробів та обрати класифікацію за призначенням «костюма».

**Висновки.** Проведено аналіз стилістичних особливостей при проектуванні ювелірних виробів, аксесуарів в системі «костюм», систематизовано методи класифікації стильових

напрямок в історії ювелірного дизайну. Потребують додаткових досліджень визначення гармонійних поєднань костюму та ювелірних виробів визначених стилів та формування рекомендацій для їх підбору.

### Література

1. Соколов А.Н. Теория стиля. / А.Н. Соколов. – М.: Искусство, 1968. – 224 с.
2. Колосніченко М.В. Мода і одяг. Основи проектування та виготовлення одягу. / М.В. Колосніченко, К.Л. Процик. – К: КНУТД, 2011. – 238 с.
3. Шаталова И.В. Стили ювелирных украшений. / И.В. Шаталова. – М.: Издательский дом «6 карат», 2004. – 153 с.
4. Свиридова Э. Украшения в классическом стиле. / Э. Свиридова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://juvelirum.ru/tehniki-obrabotki-yuvelirnyh-izdelij/ukrasheniya-v-klassicheskom-stile-trudno-opredelit-legko-nosit/>
5. Букина О. Правильно подбираем украшения к стилям одежды. / О. Букина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.livemaster.ru/topic/333381-pravilno-podbiraem-ukrasheniya-k-stilyam-odezhdy>

### References

1. Sokolov A.N. Teoriya stilya. / A.N. Sokolov. – M.: Iskusstvo, 1968. – 224 s.
2. Kolosnichenko M.V. Moda i odyah. Osnovy proektuvannya ta vyhotovlennya odyahu. / M.V. Kolosnichenko, K.L. Protsyk. – K: KNUTD, 2011. – 238 s.
3. Shatalova I.V. Stili yuvelirnykh ukrasheniy. / I.V. Shatalova. – M.: Izdatel'skiy dom «6 karat», 2004. – 153 s.
4. Sviridova E. Ukrasheniya v klassicheskom stile. / E. Sviridova [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://juvelirum.ru/tehniki-obrabotki-yuvelirnyh-izdelij/ukrasheniya-v-klassicheskom-stile-trudno-opredelit-legko-nosit/>
5. Bukina O. Pravil'no podbirayem ukrasheniya k stilyam odezhdy. / O. Bukina [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.livemaster.ru/topic/333381-pravilno-podbiraem-ukrasheniya-k-stilyam-odezhdy>

## СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

ВИННИЧУК М.С., КОЛОСНИЧЕНКО М.В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Анализ стилистических особенностей ювелирных украшений по форме украшений, свойствам поверхности формы, композиционным приемам, колористическим решениям и используемым материалам, используемых по сравнению со стилями костюма.

**Методика.** В работе использованы литературно-аналитические, историографические методы, метод системно-структурного анализа для выявления основных стилистических черт ювелирных украшений и принадлежности их к определенному стилю.

**Результаты.** В ходе исследования стилистических особенностей при проектировании ювелирных изделий, рассмотрены различные классификации стилевых направлений в истории ювелирного дизайна, выбрана классификация по назначению костюма, и проанализированы стилистические особенности одежды, аксессуаров и ювелирных изделий по форме, свойствам поверхности формы, композиционным приемам, колористическим решениям и используемым материалам.

**Научная новизна.** Систематизированы методы классификации ювелирных изделий, избрана классификация по назначению костюма – системы, основным элементом которой является ювелирные изделия; проанализированы характерные особенности ювелирных изделий соответствующего стиля.

**Практическая значимость.** Исследовано, какие именно ювелирные изделия по форме, свойствам поверхности формы, композиционным приемам, колористическим решениям и используемым материалам, присущи тому или иному стилю.

**Ключевые слова:** стиль, ювелирные изделия, металл, огранка, костюм, аксессуары, украшения.

## STYLISTIC FEATURES IN DESIGNING JEWELRY

VYNNYCHUK M., KOLOSNIHENKO M.

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** *Analysis of the stylistic features of jewelry in the form of jewelry, the properties of the surface of the form, compositional techniques, color solutions and materials used in comparison with styles suit.*

**Methodology.** *The work uses literary-analytical, historiographic methods, the method of system-structural analysis to identify the main stylistic features of jewelry and their belonging to a certain style.*

**Findings.** *During the study of stylistic features in the design of jewelry, taking into account various classification stylistic in jewelry design history, a classification was chosen according to the purpose of the costume, and stylistic features of clothing, accessories and jewelry were analyzed in form, surface shape, compositional techniques, color solutions and used materials.*

**Originality.** *The methods of classification of jewelry are systematized, a classification is chosen according to the purpose of the costume – a system, the main element of which they are; The characteristic features of jewelry of certain styles are analyzed.*

**Practical value.** *It has been investigated which kind of jewelry in form, shape surface properties, compositional techniques, color solutions and materials used, are inherent in one or another style.*

**Key words:** *style, jewelry, metal, gemstone, suit, accessories, adornment.*

УДК 687.13.01

ІСАЄВ О.А.\*, БОГОМАЗЮК Т.М.\*, ПАШКЕВИЧ К.Л.\*,  
ГЕРАСИМЕНКО О.Д.\*, ТКАЧУК О.Д.\*\*

\*Київський національний університет технологій та дизайну

\*\*Оптико-механічний коледж Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка

## ПРОГНОЗУВАННЯ АСОРТИМЕНТУ СУЧАСНИХ КОЛЕКЦІЙ ДИТЯЧОГО ОДЯГУ

**Мета.** визначення принципів формування та прогнозування асортименту колекцій дитячого одягу на прикладі брендів світового рівня.

**Методика.** застосовано порівняльний аналіз колекцій дитячого одягу та одягу для дорослих, анкетне опитування.

**Результати.** Проаналізовано колекції дитячого одягу відомих брендів, виконано аналіз фешн-ринку дитячої моди, визначено сучасні тенденції дитячої моди та правила формування колекцій одягу у стилі «family look». Проведено анкетне опитування споживачів з метою визначення пріоритетів при виборі дитячого одягу. На основі аналізу колекцій світових брендів визначено принципи формування асортименту колекцій дитячого одягу.

**Наукова новизна.** визначено принципи прогнозування та формування асортименту колекцій дитячого одягу.

**Практична значимість.** на основі аналізу модних тенденцій, правил формування асортименту колекцій прет-а-порте та потреб споживачів дитячого одягу розроблено колекцію одягу для дівчаток та жінок у стилі «family look».

**Ключові слова.** дитячий одяг, колекція, прогнозування асортименту, модні тенденції.

**Вступ.** Прогнозування сучасної дитячої моди складний процес, який потребує великої кількості часу та інформації щодо багатьох аспектів життя дитини та її батьків. Прогнозування дитячої моди в сучасному світі є актуальним, тому що вирішення цієї проблеми дасть можливість не тільки задовольнити потреби споживачів в гармонійному одязі, а й підвищити економічну ефективність розроблених колекцій.

**Об'єкт та методи дослідження.** Об'єктом дослідження є процес створення модних колекцій дитячого одягу та прогнозування їх асортименту. Основою для дослідження стали праці фахівців з дизайн-проектування дитячого одягу, періодичні видання модного спрямування, покази мод та маркетингові дослідження споживачів дитячого одягу. Дизайн-проектування дитячого одягу висвітлено у працях [1-3], сучасні методи художнього моделювання одягу для дітей розглянуто авторами [4-8], але залишається необхідність дослідження процесу прогнозування асортименту колекцій дитячого одягу.

У статті [9] відображено результати дослідження колірних переваг дітей в одязі. Розглянуто символіку кольору в одязі як фізіологічний фактор, який має вплив на психіку дитини. Авторами визначено, що вплив червоного, жовтого та інших яскравих кольорів на дітей відрізняється від їх впливу на дорослих, зокрема, дітей молодшого віку ці кольори не дратують, а навіть, навпаки, заспокоюють, дозволяють дитині почувати себе комфортно. З погляду фізіологічного впливу всі кольори і їхні сполучення поділено на дві основні групи. Запропоновані рекомендації щодо колірних вподобань дітей та символічне значення досліджуваних кольорів, їх фізичний та психологічний рівні, а також асоціації що виникають у дітей з цими кольорами.

Авторами [10] проаналізовано особливості розвитку дитячої моди та виявлено найбільш раціональний підхід до проектування комплектів одягу для дітей дошкільного віку.

В результаті проведеного Cardoso A. [11] опитування більше 300 дітей в Португалії віком від 4-11 років визначено, що на вибір одягу школярами, в основному, впливає соціальний фактор, а саме їх оточення. Автор наголошує, що батьки при покупці звертають увагу на комфортність одягу та його привабливість, в той час, як діти обирають одяг із міркувань, щоб бути схожими на однолітків. Потреба купувати новий одяг для дітей залежить, головним чином, від матеріального забезпечення родини. Після опитування зроблено висновки, що з віком діти підходять до вибору одяг більш свідомо.

Автори [12] визначили кількість споживачів дитячого одягу кутюр, прет-а-порте та масмаркет на азіатському та європейському ринках. Ними виконано огляд ринку дитячого одягу та зроблено прогнози щодо світових ринків США, Великобританії, Китаю тощо. Встановлено, що на ці ринки припадає близько 92,6 млрд. доларів США витрат на дитячий одяг. Проведено аналіз та визначено, що найбільший продаж мають вироби колекцій прет-а-порте. Визначено основні спонукаючі чинники для купівлі дитячого одягу, а саме біологічне зростання дитини та швидке фізичне зношування одягу.

Автори [13] розглядають появу ринку дитячої моди, як частину глобальної проблеми, з метою дослідження географії споживання дитячих виробів. Автори зосередились на тому, як формуються знання, брендингова політика в цьому секторі фешн-індустрії. Також автори розмірковують над тим, як дитяче споживання може бути більш повно теоретизовано як сукупний продукт сімейних відносин, соціальних мережевих ефектів, індивідуалізації та ринку.

**Постановка завдання.** Основним завданням стало дослідження і визначення принципів формування колекцій сучасного дитячого одягу. Досягнення поставленої мети здійснено шляхом вирішення таких завдань: аналіз модних тенденцій сезону S/S 2017 року і визначення основних трендів дитячої моди; аналіз існуючих брендів дитячого одягу та класифікація їх за типом виробництва; аналіз колекцій жіночого та дитячого одягу для дівчаток на прикладі бренду Dolce&Gabbana сезону S/S 2017; анкетне опитування серед батьків міста Києва для виявлення пріоритетів при покупці дитячого одягу тощо.

**Результати та їх обговорення.** Проведений аналіз останніх тенденцій моди показав, що сучасний прогрес торкнувся не лише сфери інформаційних технологій та інновацій в спортивному та спеціальному одязі, а й дитячого одягу, який за останні роки став окремою ланкою в сфері моди. Останнім часом поширюється кількість дизайнерів, які займаються розробкою дитячого одягу, що можна спостерігати на світових подіумах, модних показах. Дитячий одяг має бути не тільки модним, а й зручним та якісним, тому при дизайн-проекуванні дитячого одягу важливими є не тільки естетичні, а й ергономічні та експлуатаційні вимоги, а також обов'язковим є врахування емоційного сприйняття кольору, форми та дизайну одягу в цілому дитиною [1-3].

Відомо, що колекція це – система моделей одягу, що має загальну ідею (авторську концепцію) щодо застосовуваних матеріалів, кольорів, базових форм, стильових рішень тощо [14]. Головною ознакою колекції є її цілісність, яка забезпечується єдністю стилю, образів, творчого методу, колірної гами, структури матеріалів тощо. Іншою важливою ознакою колекції є її динаміка – розвиток центральної ідеї. Колекції формуються з урахуванням асортименту виробів; сезону; віку; конкретного призначення тощо.

Відомо, що колекції одягу поділяють на перспективні, промислові, авторські та спеціального призначення [14]. Перспективні колекції втілюють модні тенденції майбутнього сезону. При розробці колекцій враховують прогнози моди та економічної ситуації, умови життя споживачів одягу, дані про їхні колірні переваги тощо. До перспективних належать колекції таких модних брендів як Dior, Chanel, Dolce & Gabbana тощо. При виготовленні таких речей використовують унікальні та дорогі матеріали, ручну роботу та спрямований такий одяг на заможного споживача. Промислові колекції призначені для масового виробництва. Промислові колекції менш «гострі» в порівнянні з перспективними. Модні тенденції втілюються переважно в матеріалах і колірній гамі. Авторські колекції висловлюють творчу концепцію дизайнера. Колекції спеціального призначення проектують для певних випадків – наприклад, колекції форменого або шкільного одягу.

Проектування дитячих колекцій також базується на поданих вище принципах та методах формування колекцій одягу для дорослих. Дитячі колекції можуть проектуватись як в колаборації з колекціями для дорослих, так і як окремо.

В процесі аналізу колекцій дитячого одягу різних виробників, визначено ланки кутюр, прет-а-порте, промислове виготовлення. В дитячому одязі часто відображаються модні тенденції одягу для дорослих, але дитяча мода – це окрема сфера фешн-індустрії, яка постійно змінюється та стає більше прогресивною. Кожен будинок моди вважає за необхідне створювати окрему лінію одягу для дітей, наприклад, Stella MacCartney Kids, Oscar de la Renta Childrenswear, Dolce & Gabbana Kids, Lanvin Petite, Fendi Kids, Versace Young, Roberto Cavalli Junior тощо.

Дитячий одяг кутюр, який характеризується високою вартістю та унікальністю, створюють винятково для особливих та урочистих подій. Колекції прет-а-порте, які пропонують відомі будинки мод, також мають високу ціну, тому купувати їх можуть дозволити собі споживачі певного сегменту. В колекціях сучасних дизайнерів часто трапляються колекції одягу, в яких зустрічаються зменшені або дещо видозмінені копії дорослих моделей (рис. 1). Наприклад, Baby Dior, Chanel Kids, Gucci Kids, Ralph Lauren Children, Anna Sorel Family, Viktor Anisimov та інші. Існують також марки масового виробництва, які випускають сучасний одяг, що відповідає останнім тенденціям та має доступну цінову політику. Такі марки представлені у багатьох країнах та користуються популярністю, наприклад, Next, Benneton, Zara Kids, Chicco, Mothercare, H&M Kids, Adidas Originals Kids тощо.



Рис 1. Приклади однакових дитячих та дорослих моделей одягу бренду Dolce & Gabbana сезону S/S 2017 [15]

Проаналізувавши колекції дитячого одягу будинків моди Dior, Chanel, Dolce&Gabbana тощо, можна зробити висновок, що моделі даних брендів значно дорожчі порівняно з виробами модних торгових марок середнього класу, які мають таку ж якість та відповідають споживчим вимогам. Торгові марки H&M, ZARA, Gulliver тощо вдало копіюють вироби представлені зазначеними вище будинками мод та користуються популярністю у споживачів [16].

Стан дитячої моди в Україні покращується в порівнянні з іншими роками. Такі українські модні бренди дитячого одягу як Miracle Me, Piaf, Ramie та інші виготовляють якісний та здатний створити високу конкуренцію одяг для дітей. Аналіз цих брендів показав, що проектування одягу в цих колекціях та в колекціях закордонних будинків мод є схожим за такими показниками як тканини, форма та покрій одягу, принти і оздоблення.

У межах дослідження проведено анкетне опитування серед 100 батьків міста Києва, котрі мають дітей віком від 4 до 7 років на тему: «Пріоритети при покупці дитячого одягу» і зроблено такі висновки. Більшість батьків при покупці дитячого одягу звертають увагу не на вартість виробу та бренд, а на якість його виготовлення. Половина з опитаних вважає, що дитина, яка вдягнена як маленький дорослий, виглядає досить стильно та сучасно на відміну від звичайних «дитячих» образів. Переважна більшість батьків купує одяг для своїх дітей в торговельних мережах приблизно раз на місяць. Майже 80% батьків при покупці одягу для своєї дитини ретельно слідкують за сировинним складом тканини, з якої виготовлено виріб. Не дивлячись на модні тенденції, батьки в першу чергу схильються до комфортності одягу, в який буде вдягнена їх дитина. Результати анкетного опитування подано на рис. 2.

Сьогодні дитяча мода – це окремий напрям в моді, самостійна і незалежна ланка фешн-індустрії. Визначено, що дитяча мода прогнозується на основі тенденцій моди для дорослих. Дитячі модні тренди наслідують тенденції для дорослих, але дещо у видозміненому вигляді. Прогнозування дитячої моди відбувається відповідно до загальних тенденцій у суспільстві. Є думка, що сучасні діти з кожним поколінням стають розумнішими та розвиненішими від своїх попередників, що впливає на їхнє сприйняття світу і одягу зокрема. Навіть модні будинки, відчуваючи інноваційний вплив на сучасне життя, намагаються інтегрувати це в сучасний дитячий одяг.

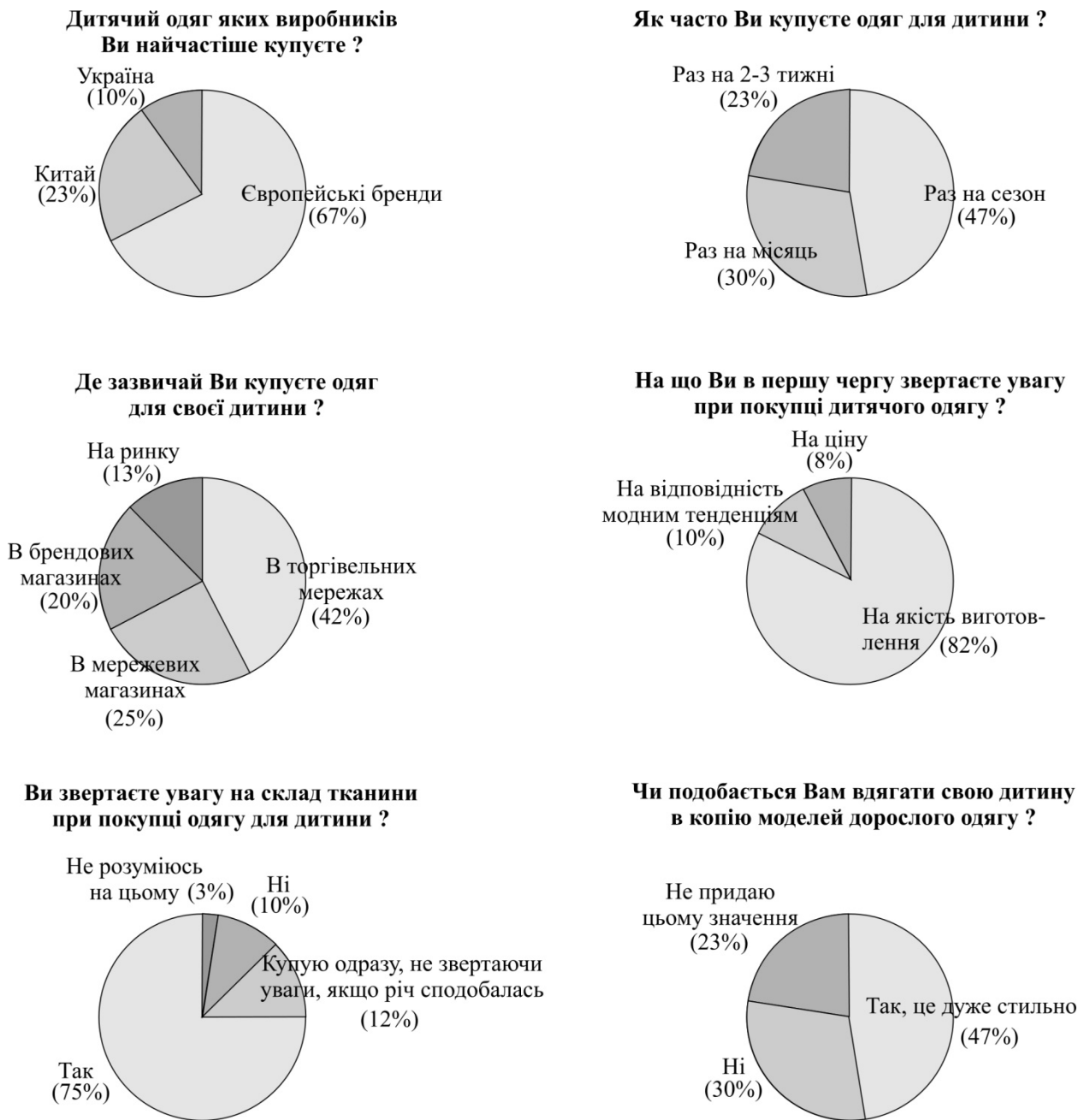


Рис. 2. Результати опитування батьків дітей

Серед найвідоміших будинків моди, які представили свої колекції дитячого одягу в сезоні S/S 2017, варто відмітити Dsquared2, Kenzo, Missoni, Zara, H&M, Monnalisa Jakioo, Moncler, Mohtercare, Massimo Dutti, Roberto Cavalli, Chicco, Gucci, Fendi, Burberry, Armani, Chloe, Dolce & Gabbana, Lanvin, Blumarine, Stella MacCartney, Ralph Lauren, Versace, Christian Dior тощо.

Основною тенденцією в дитячій моді є використання «дорослих» моделей одягу в одязі для дітей, на відміну від використання суто дитячих моделей з зображенням мультиплікаційних героїв. Головна увага в дитячому одязі приділена тканинам, що

забезпечують гарні гігієнічні властивості одягу. Дизайнери використали для колекцій тонкий льон, м'яку бавовну або суміш бавовни з еластаном, велюр, денім, вельвет, шовкові тканини.

Відійшов в минуле тренд на надмірно яскраві кольорні рішення в дитячому одязі. В моді пастельні і природні кольори, що зустрічаються, наприклад, в дитячій колекції Chloe. Особливо модними є кремовий, пісочний, м'які відтінки гірчичного і лимонного, персиковий, блідо-блакитний, оливковий та інші кольори.

Одним з головних трендів є використання бахроми, шкіряних деталей, печворку та мережива, що можна спостерігати, наприклад, у капсулі Mini Miss бренду Missoni, в якій запропоновано одяг для дівчаток, що є адаптованою версією жіночого одягу. Модними в сезоні S/S 2017 є асиметричний крій, волани, рюші, банти, аплікації, вишивка, пір'я і металева фурнітура, що можна спостерігати в колекціях дитячого одягу таких модних будинків як Monnalisa, Massimo Dutti, Gucci [17].

Відверто дитячі візерунки в сезоні S/S 2017 поступилися місцем цілком дорослим принтам. Графічні орнаменти, зображення тварин, клітинка, смужка, природні мотиви в тканинах – модна тенденція, яка спостерігається як дорослій, так і в дитячій моді. З смугастих тканин виготовлено моделі колекції Jean Paul Gaultier. Цікавими є принти, які використано при виготовленні виробів колекції бренду Dolce&Gabbana Kids – стилізовані зображення рибок, морозива, кактусів і американських ковбоїв, геральдичної символіки тощо [15]. Актуальним є застосування анімалістичних зображень, що використали в своїх колекціях бренд Mothercare та будинок моди Roberto Cavalli. Модні тенденції в дитячому одязі сезону S/S 2017 подано у табл. 1.

У межах дослідження виконано аналіз закономірностей формування колекції дитячого одягу на прикладі аналізу бренду Dolce&Gabbana для дітей сезону S/S 2017 р. Брендом створено три колекції: для дівчаток та хлопчиків (до 10 років); новонароджених; колекцію Mini Me, в якій представлені зменшені міні-версії чоловічої та жіночої лінії одягу для дітей та такий же одяг для їх батьків.

Під час аналізу колекцій бренду проведено аналогію між дитячим одягом певного сезону та дорослими моделями і встановлено подібність між ними, визначено основні тенденції моди, а саме, актуальні покрої, силуети та тканини. Визначено, що вплив модних тенденцій в дитячому одязі відчувається в основному в конструктивно-декоративних елементах, тканинах і кольорах.

Розглянуто асортимент матеріалів, які використовуються для виготовлення дитячого одягу, відзначено відмінності в гігієнічних властивостях та подібність у зовнішньому вигляді тканин порівняно с тканинами для моделей одягу для дорослих. Виготовлення дитячого одягу потребує використання натуральних тканин або таких, які будуть підтримувати комфортний мікроклімат підодягового простору. Проаналізувавши дитячі колекції модних брендів Dior, Chanel, Dolce&Gabbana сезону S/S 2017 тощо, визначено, що колекції лінії Baby повністю дотримуються гігієнічних норм та вимог до виготовлення одягу, а колекції ліній Kids частіше ігнорують гігієнічні вимоги для задоволення естетичних потреб виробів [16].

Таблиця 1

Основні модні тенденції дитячої моди сезону S/S 2017

Стиль	Тканини	Конструктивно-декоративні елементи	Оздоблення
спортивний «аристократизм» «мода 80-х років»	натуральні бавовняні тканини (джинсова, платтяна)	шлярки волани рюші	принти аплікація вишивка
			

При аналізі колекції Dolce&Gabbana для дівчаток та хлопчиків визначено, що вона складається з 65 образів для дівчаток та 53 образів для хлопчиків. Визначено, що в колекціях для дівчаток 40% займають сукні, 14% блузки, 12% футболки, 11% спідниці, а всі інші вироби складають менше 10% кожна. Колекція для хлопчиків містить 11 видів одягу, 28% з яких складають футболки, 13% шорти, по 10% - штани та піджаки, всі інші види одягу представлені менше ніж 10% (рис. 3). Одяг створено відповідно до останніх модних тенденцій з яскравими принтами та модними конструктивно-декоративними елементами: рюшами, воланами, накладними кишенями тощо.

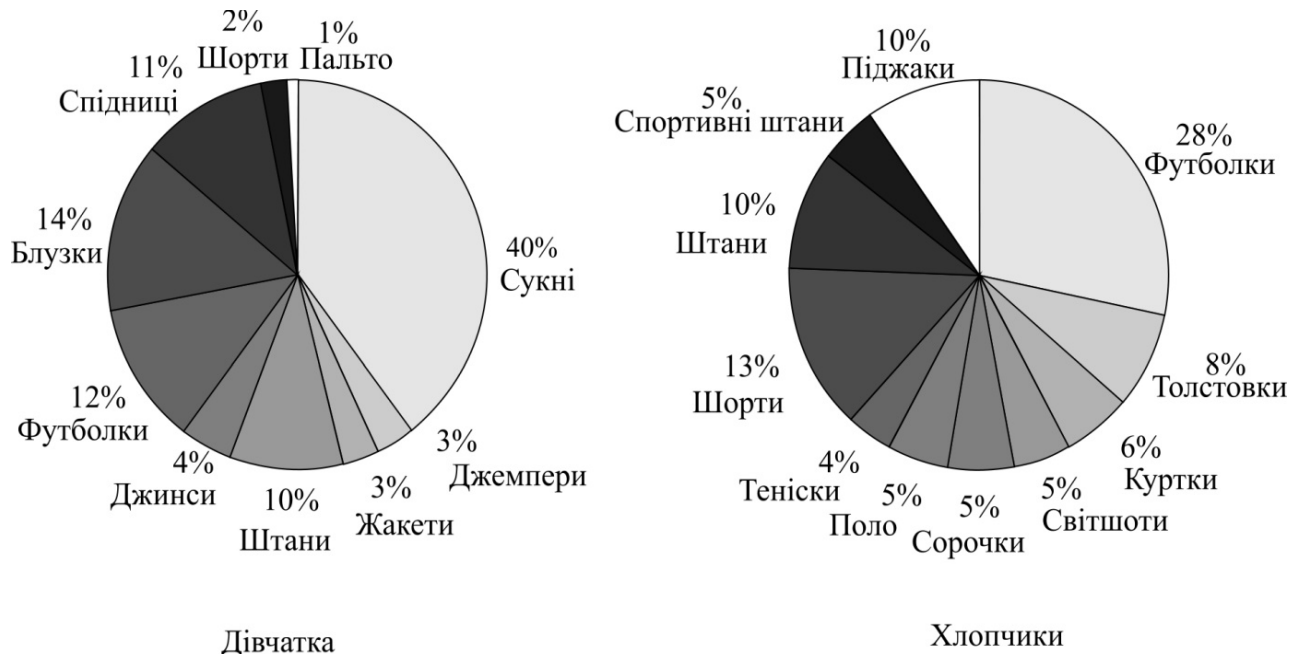


Рис. 3. Розподіл асортименту дитячих колекцій Dolce&Gabbana сезону S/S 2017

Проаналізувавши колекцію, виявлено, що вона пропонує як елегантні вбрання для особливих випадків, так і повсякденні сучасні образи, виконані з використанням морської тематики, тропічних мотивів, еkleктики. Слід зазначити, що в колекції використано поєднання різних об'ємних форм та модних силуетів, конструктивних ліній та членувань. Таким чином, дитяча колекція Dolce&Gabbana сезону S/S 2017 розвивається у тому ж напрямі, що і доросла, але має відмінності в конструктивно-декоративних елементах, силуетних формах.

На підставі проведених досліджень розроблено колекцію одягу для дівчаток та жінок, об'єктом натхнення якої є «family look», тобто одяг для дітей, які вдягаються в копії моделей для дорослих. З урахуванням модних тенденцій та проведених досліджень щодо прогнозування асортименту колекцій дитячого одягу розроблено ескізи 30 моделей колекції прет-а-порте, яка містить близько 50 виробів. Колекція поділена на капсули, кожна з яких розроблена з урахуванням призначення і містить подібні образи «мама-дочка». Одяг для дівчаток та жінок схожий між собою за використаними тканинами, асортиментом виробів, силуетом, конструктивним рішенням та оздобленням. Виготовлено шість моделей колекції, які представлено на міжнародному конкурсі молодих дизайнерів «Печерські каштани» (м. Київ, КНУТД, 2017 р.) під назвою «#маленький-дорослий». Моделі виконані з натуральних тканин в пастельній гамі. Загальний вигляд колекції представлено на рис. 4.



Рис. 4. Моделі колекції «маленький-дорослий» (автори Т. Богомазюк, О. Ісаєв)

**Висновки.** Проаналізовано колекції дитячого одягу відомих брендів, виконано аналіз фешн-ринка дитячої моди, визначено сучасні тенденції дитячої моди та правила формування колекцій одягу у стилі «family look». Проведено анкетне опитування споживачів та визначено потреби споживачів та їхні пріоритети при виборі дитячого одягу. Проаналізовано колекції світових брендів на прикладі бренду Dolce&Gabbana сезону S/S 2017 та визначено принципи формування асортименту колекцій дитячого одягу. На основі аналізу модних тенденцій, правил формування асортименту колекцій прет-а-порте та потреб споживачів дитячого одягу розроблено колекцію одягу для дівчаток та жінок у стилі «family look», яку представлено на міжнародному конкурсі молодих дизайнерів «Печерські каштани» (м. Київ, КНУТД, 2017 р.).

#### Література

1. Баландина Е.А. Особенности ассортимента и задачи проектирования детской одежды различного назначения: монография / Баландина Е.А., Рашева О.А., Ревякина О.В., Фот Ж.А., Шалмина И.И. – Омск: ОГИС, 2015. – 188 с.
2. Бескоровайна Г.П. Проектирование детской одежды / Бескоровайна Г.П., Куренова С.В. // Учеб. пособ. – М.: Мастерство, 2000. – 96 с.
3. Пашкевич К. Л. Конструювання дитячого одягу: навч. посібник / К.Л. Пашкевич, Т.М. Баранова. – К.: ПП «НВЦ Профі», 2012. – 326 с.
4. Omelchenko G.V. The process of designing the children`s clothes for trainings on roller-skates / G.V. Omelchenko, M.V. Kolosnichenko, S.V. Donchenko, K.L. Pashkevich // *Vlakna a Textil*. – 2016. – №4. – Vol. 23. – С. 21–26.
5. Куренова С.В. Морфологическая трансформация при проектировании детской одежды / С.В. Куренова, Т.В. Бескоровайна // *Швейная промышленность*, 1998, №4, – С. 34-35.
6. Ларькина Л.В. Разработка технологии проектирования детской одежды с учетом психофизического развития ребенка: дис...канд.

#### References

1. Balandina E.A., Rasheva O.A., Revyakina O.V., Fot Zh.A., & Shalmina I.I. (2015). *Osobennosti assortimenta i zadachi proektirovaniya detskoy odezhdy razlichnogo naznacheniya: monografiya* [Features of the assortment and tasks of designing children's clothing for various purposes: monograph]. Omsk: OGIS [in Russian].
2. Beskorovaynaya G.P., & Kurenova S.V. (2000). *Proektirovanie detskoj odezhdy* [Designing of children's clothes]. Ucheb. posob. [in Russian].
3. Pashkevych K.L., & Baranova T.M. (2012). *Konstruiuvannya dytiachoho odiahu* [Designing of children's clothes]. Kyiv: Ucheb. posob. [in Ukrainian].
4. Omelchenko G.V., Kolosnichenko M.V., Donchenko S.V., & Pashkevich K.L. (2016). *The process of designing the children`s clothes for trainings on roller-skates*. *Vlakna a Textil*, Vol. 4, Vol. 23, 21–26 [in Ukrainian].
5. Kurenova S.V., Beskorovaynaya T.V. (1998). *Morfologicheskaya transformatsiya pri proektirovanii detskoj odezhdy* [Morphological transformation in the design of children's clothing]. *Shveynaya promyishlennost – Sewing industry*, Vol. 4, 34-35 [in Russian].
6. Larkina L.V. (2001). *Razrabotka tehnologii proektirovaniya detskoj odezhdy s uchetom*

- техн. наук: 05.19.04 / Л.В. Ларькина - М., 2001. – 272 с.
7. Ніколаєва Т. І. Удосконалення методу художнього конструювання дитячого одягу на основі біонічних принципів формоутворення [Текст]: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.19 / Т. І. Ніколаєва – К., 2013. – 20 с.
8. Ніколаєва Т.І. Розробка моделей дитячого одягу на основі принципів біоніки і трансформації / Т.І. Ніколаєва, К.Л. Процик, Л.В. Назарчук // Вісник КНУТД. – 2011. – №2. – С. 178 – 184.
9. Гайдасевська О.Б. Сприйняття психологічного аспекту кольору в проектуванні дитячого одягу/ О.Б. Славінська, А.Л. Гайдасевська // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – №3 – С. 69-72.
10. Мироненко В.П. Комплексний аналіз процесу проектування комплекту для дітей дошкільного віку/ В.П. Мироненко, Я.Г. Кулик // Вісник ХДАДМ. – 2011. – №2 – С. 50-52.
11. Cardoso A. Children's involvement in the choice of clothing in general and with three clothing items in particular / Cardoso A. // 6th International Congress Marketing Trends, Paris, 20-21 January. – 2007. – P. 1-26.
12. Crewe L. Commodifying children: fashion, space and the production of the profitable child/ Crewe L., Collins P. // Environment and Planning – 2006. – Vol. 38. – P. 7-24.
13. Sanghani P. Analyzing the customer preferences with respect to indian and international kids' wear brands/ Sanghani P., Priti M., Gadhav. R., Raghavan R. // ELK Asia Pacific Journal Of Marketing And Retail Management. – 2014. – Vol. 5. – № 2. – P. 1-30.
14. Пашкевич К.Л. Розробка колекцій одягу: навч. посібник / А.М. Малинська, К.Л. Пашкевич, М.Р. Смирнова, О.В. Колосніченко – К.: ПП «НВЦ Профі», 2014. – 140 с.
15. Офіційний сайт будинку мод Dolce&Gabbana [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.dolcegabbana.com/child/> (дата звернення 25.07.2017).
16. Богомазюк Т.М. Принципи розробки колекцій сучасного дитячого одягу / Т.М. Богомазюк, К.Л. Пашкевич, О.Д. Герасименко // Тези доповідей XVI Всеукраїнської наукової конференції молодих учених та студентів [«Наукові розробки молоді на сучасному етапі»], (Київ, 27–28 квітня 2017 р.) / М-во освіти і науки України, КНУТД. – К.: КНУТД, 2017. – С. 135-136.
17. Офіційний сайт інтернет видання Radamsa [Електронний ресурс]: Режим доступу: [http://radamsa.ru/ss\\_2017/](http://radamsa.ru/ss_2017/) (дата звернення 25.07.2017).
- psihofizicheskogo razvitiya rebenka [Development of the technology of designing children's clothes with the psychophysical development of the child]. Candidate's thesis. Moskva [in Russian].
7. Nikolayeva T. I. (2013). Udokonalennya metodu xudozhnogo konstruyuvannya dytyachogo odyagu na osnovi bionichnykh pryncypiv formoutvorennya [Udskonalennya method of artistic konstruyuvannya children's odayagu on the basis of the principles of creativity form] Candidate's thesis. Kuiv [in Ukrainian].
8. Nikolayeva T.I., Procyk K.L., Nazarchuk L.V. (2011). Rozrobka modelej dytyachogo odyagu na osnovi pryncypiv bioniky i transformaciyi [Modeling of children's clothing based on the principles of bionics and transformation]. Visnyk KNUTD – Journal of the KNUTD, 178-184 [in Ukrainian].
9. Gajdashevs`ka A.L., Slavinska O.B. (2011). Spryjnyattya psihologichnogo aspektu koloru v proektuvanni dytyachogo odyagu [Perception of the psychological aspect of color in the design of children's clothing]. Visnyk Xmelnyczkogo nacionalnogo universytetu – Journal of the Khmelnytsky National University, Vol. 3, 69-72 [in Ukrainian].
10. Myronenko V.P., Kulyk Ya.G. (2011). Kompleksnyj analiz procesu proektuvannya kompletu dlya ditej doshkilnogo viku [Comprehensive analysis of the design of the kit for preschool children]. Visnyk XDADM – Journal of the KDADM, Vol. 2, 50-52 [in Ukrainian].
11. Cardoso A. (2007). Children's involvement in the choice of clothing in general and with three clothing items in particular. 6th International Congress Marketing Trends [in France].
12. Crewe L., Collins P. (2006). Commodifying children: fashion, space and the production of the profitable child. Environment and Planning, Vol. 38, 7-24 [in England].
13. Sanghani P., Priti M., Gadhav. R., & Raghavan R., (2014). Analyzing the customer preferences with respect to indian and international kids wear brands. ELK Asia Pacific Journal Of Marketing And Retail Management, Vol. 2, 5, 1-30 [in UAE].
14. Pashkevich K.L., Malinska A.M., Smirnova M.R., & Kolosnichenko O.V. (2014). Rozrobka kolekcij odyagu: navch. posibnyk [Development of clothing collections: teaching. manual]. Kuiv: NVCz Profi [in Ukrainian].
15. Oficijnyj sajt budynku mod «Dolce&Gabbana» [Site of journal «Dolce&Gabbana»]. [dolcegabbana.com](http://www.dolcegabbana.com/child/). Retrieved from <http://www.dolcegabbana.com/child/> [in English].
16. T.M. Bogomazyuk, K.L. Pashkevych, O.D. Gerasymenko (2017). Pryncypy rozrobky kolekcij suchasnogo dytyachogo odyagu [Principles of development of collections of modern children's clothes]. Tezy dopovidej XVI Vseukrayinskoj naukovoї konferenciyi molodyx uchenyx ta studentiv «Naukovi rozrobky molodi na suchasnomu etapi» – Theses of reports of the XVII All-Ukrainian Scientific Conference of Young Scientists and Students «Scientific developments of youth at the present stage». (pp. 135-136). Kuiv: KNUTD [in Ukrainian].
17. Oficijnyj sajt internet vydannya «Radamsa» [Site of «Radamsa»]. [radamsa.ru](http://radamsa.ru/). Retrieved from [http://radamsa.ru/ss\\_2017/](http://radamsa.ru/ss_2017/) [in Russian].

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА СОВРЕМЕННЫХ КОЛЕКЦИЙ ДЕТСКОЙ ОДЕЖДЫ

ИСАЕВ А.\*, БОГОМАЗЮК Т.\*, ПАШКЕВИЧ К.\*, ГЕРАСИМЕНКО Е.\*, ТКАЧУК О.\*\*

\*Киевский национальный университет технологий и дизайна

\*\*Оптико-механический колледж Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

**Цель.** определение принципов формирования и прогнозирования ассортимента коллекций детской одежды на примере брендов мирового уровня.

**Методика.** использован сравнительный анализ коллекций детской одежды и одежды для взрослых, анкетный опрос.

**Результаты.** проанализированы коллекции детской одежды известных брендов, проведён анализ фешн-рынка детской моды, определены современные тенденции детской моды и правила формирования коллекций одежды в стиле «family look». Проведён анкетный опрос потребителя с целью определения приоритетов при выборе детской одежды. На основе анализа коллекций мировых брендов определены принципы формирования ассортимента коллекций детской одежды.

**Научная новизна.** определены принципы прогнозирования и формирования ассортимента коллекции детской одежды.

**Практическая значимость.** на основе анализа модных тенденций, правил формирования ассортимента коллекций прет-а-порте и потребностей потребителя детской одежды разработана коллекция одежды для девочек и женщин в стиле «family look».

**Ключевые слова.** детская одежда, коллекция, прогнозирование ассортимента, модные тенденции.

## PREDICTION ASSORTMENT CONTEMPORARY COLLECTIONS CHILDREN'S CLOTHING

<sup>1</sup>ISAEV A., <sup>1</sup>BOGOMAZYUK T., <sup>1</sup>PASHKEVICH K., <sup>1</sup>GERASIMENKO E., <sup>2</sup>TKACHUK O.

<sup>1</sup>Kiev National University of Technologies and Design

<sup>2</sup>Optical and Mechanical College of Taras Shevchenko National University of Kiev

**Purpose.** to determine the principles of formation and forecasting range children collection clothes on the example of world-class brands.

**Methodology.** used comparative analysis of collections of children's clothing and apparel for adults questionnaire.

**Findings.** to analyze the collection of children's clothing known brands, The analysis of children's fashion market, identified the current trends of children's fashion and the rules for the collection of clothes in the «family look» style. Conducted a questionnaire survey of the consumer in order to determine priorities in the selection of children's clothing. Based on the analysis of collections of world brands, the principles of forming an assortment of collections of children's clothing are defined.

**Originality.** defined principles of forecasting and formation of assortment of children's clothing collection.

**Practical value.** based on the analysis of fashion trends, the rules of formation of assortment of collections ready-to-wear and children's clothing needs of the customer designed a collection of clothes for girls and women in «family look» style.

**Key words.** children's clothing, collection, forecasting of assortment, fashion trends.