МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВІСНИК

КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Серія «Технічні науки»

№ 6 (116), 2017

Наукове фахове видання

Періодичність виходу: 6 разів на рік

Дата заснування: грудень 1999 р.

Київ 2017

Засновником журналу «ВІСНИК Київського національного університету технологій та дизайну» є

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Науковий фаховий журнал є правонаступником видання «Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности», який видавався з березня 1958 року у Київському технологічному інституті легкої промисловості (СРСР)

№6 (116)
2017

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: серія КВ №19330–9130 ПР від 08.08.2012р.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 993 від 24.07.2002р.

Журнал входить до переліку наукових фахових видань України. Наказ МОН України від 13.07.2015 № 747 (додаток 17, рішення щодо подовження) – фаховість із технічних та економічних наук.

ISSN 1813-6796

Журнал зареєстровано в Міжнародному центрі періодичних видань (ISSN International Centre, Париж, Франція) 22.12.2004р.

Журнал реферується та індексується у наступних міжнародних базах даних: Ulrich's Periodicals Directory, EBSCOhost, WorldCat, РИНЦ, Index Copernicus, Research Bible, SJIF, PBN, JIF, OAJI, InfoBase Index, ISI, UIF, CiteFactor, Google Scholar

Засновник і видавець:

Київський національний університет технологій та дизайну
Україна, 01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченко, 2

Головний редактор: **Грищенко І.М.,** д.е.н., професор, академік НАПН України

Заступник головного редактора: **Каплун В.В.,** д.т.н., професор

Тематична спрямованість журналу «Вісник КНУТД»: Мехатронні системи. Енергоефективність та ресурсозбереження. Матеріалознавство, швейне і текстильне виробництво. Метрологія та сертифікація. Хімічні та біофармацевтичні технології. Дизайн та мистецтвознавство.

Видання орієнтоване на науковців, викладачів, аспірантів, студентів, а також науково-практичних працівників і фахівців відповідних галузей промисловості.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:
01011, м. Київ, вул. Немировича-Данченко, 2, корп. 1, к. 1-0252
тел./факс: +38 (044) 256-29-86
e-mail: **vistnuk@knutd.com.ua**
http://vistnyk.knutd.com.ua/

Рекомендовано до друку Вченою радою Київського національного університету технологій та дизайну, протокол № 4 від 20.12.2017 р.

Матеріали друкуються мовою оригіналу. Відповідальність за переклад, достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв, назв підприємств, організацій, установ та іншої інформації несуть автори статей. Передруки та переклади статей дозволяються лише за згодою автора (-ів) та редакції.

© **Київський національний університет технологій та дизайну, 2017**

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

BULLETIN

of the KYIV NATIONAL UNIVERSITY of TECHNOLOGIES and DESIGN

Technical Science Series

№6 (116), 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)

№6 (116) 2017

The state registration of print media is КВ № 19330-9130 ПР, 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, РИНЦ, 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@knutd.com.ua**
http://vistnyk.knutd.com.ua/

Recommendations from Science Council of Kyiv National University of Technologies and Design, Protocol № 4, originating date 20.12.2017

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.

© **Kyiv National University of Technologies and Design**

ЗМІСТ

МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

1. **РЕЗАНОВА В. Г., КРАСНИТСЬКИЙ С. М., ХАЙЛОВСЬКА А. Д.** Програмне забезпечення для перевірки адекватості математичної моделі специфічного волокноутворення 11
2. **БЕРЕЗІН Л. М.** Основи параметричного синтезу системи пасивної подачі ниток шкарпеткових автоматів 19
3. **БЕЗРЯДІН В. М., ДВОРЖАК В. М.** Дослідження двокривошипного чотириланкового механізму ниткопритягувача швейної машини 26
4. **КОТЛЯРОВ В. О., ДВОРЖАК В. М.** Метричний синтез механізму вушкових голок змінної структури основов'язальних машин 35
5. **САВЧЕНКО С. В.** Контроль качества упругих элементов приборов по сигналу акустической эмиссии при разгрузке образца 42
6. **ЧУПРИНКА В. І., ЗЕЛІНСЬКИЙ Г. Ю., ЧУПРИНКА Н. В.** Автоматизоване проектування схем розкрою листових матеріалів на деталі низу взуття 49
7. **БАЛДУК П. Г., ДЕНИСЕНКО В. Ю., СУРЬЯНИНОВ Н. Г.** К расчету устойчивости ортотропных пластин численно-аналитическим методом граничных элементов 59

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО, ШВЕЙНЕ ТА ТЕКСТИЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО. МЕТРОЛОГІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ

8. **КУЛІК Т. І.** Дослідження напружено-деформованого стану консольно закріплених елементів полімерного низу взуття під дією розподіленого навантаження 66
9. **КУРГАНСЬКИЙ А. В., САКОВЕЦЬ В. В., ГОНЧАРОВ О. С., ВАСИЛЕНКО В. М., НОВАК Д. С., АСТІСТОВА Т. І., КУРГАНСЬКА М. М., ОПАНАСЕНКО К. В.** Дослідження мікрокліматичних показників зимових комплектів одягу 74
10. **САРІБЄКОВА Д. Г., КУНИК О. М., СЕРВЕТНИК Р. С., САРІБЕКОВ Г. С.** Використання похідних поліамінів для поліпшення якості олеофобного покриття 81
11. **ДУМАНСЬКА Л. В, ЛУЩЕВСЬКА О. М, ЯНЦАЛОВСЬКИЙ О. Й.** Розроблення напульсників із лікувально-профілактичними властивостями та оцінювання їхньої ефективності 89
12. **ПЕРВАЯ Н. В.** Аналіз методів та приладів для визначення теплофізичних властивостей матеріалів для взуття 96
13. **ЩУЦЬКА Г. В., ПОНОМАРЕНКО Т. В.** Фізико-механічні властивості матеріалів для ортопедичного взуття 107
14. **АСАУЛЮК Т. С., СЕМЕШКО О. Я., САРІБЄКОВА Ю. Г.** Застосування електророзрядної обробки у процесі вибілювання грубої пігментованої вовни 113

ХІМІЧНІ ТА БІОФАРМАЦЕВТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

15. **GUDZENKO N. V., BARANTSOVA A. V., BUSKO N. A., GRISHCHENKO V. K.** Polymeric materials based on reactive functional oligomers 119
16. **КУПРІЄНКО П. Ф., КУРИСЬ Я. І.** Електрохімічне визначення допаміну на електроді, модифікованому композитом «електрохімічно відновлений оксид графену полі (пірол-3-карбонова кислота)» 125
17. **ГРЕЧАНИК Ю. В., КОЗАРЬ О. П.** Патентний огляд безпечності застосування пгмг-гх в галузях народного господарства 131
18. **ЛІСОВСЬКА І. В., ТАРАСЕНКО Н. В., НЕЧИПОРУК Д. О., ПЛАВАН В. П.** Очищення питної води в домашніх умовах 139
19. **СИНЮК О. М., МИХАЙЛОВСЬКИЙ А. Ю.** Визначення ефективних пружних властивостей орієнтованих полімерів в поперечному напрямку 144
20. **ТАРАСЕНКО Г. В., ГЕТЬМАН Я. О.** Прогнозування гепатопротекторних властивостей біологічно активних сполук, що містяться у Glycyrrhizae radices за допомогою системи PASS 157

ДИЗАЙН ТА МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

21. **ПАРАНЬКО Н. П., БОГУШКО О. А., НІКОЛАЄВА Т. В.** Розробка математичного алгоритму реконструкції поверхні автентичної свити з плоским кроєм 163
22. **ДЖАЛІЛІАН ФАХІМЕ, НІКОЛАЄВА Т. В.** Розробка стильового ряду моделей сучасного жіночого одягу на основі національних і етнохудожніх традицій Ірану 172
23. **НІКОЛАЄВА Т. В., НІКОЛАЄВА Т. І., ЛИСА Є. О.** Складові поняття «Індустрія моди» в підготовці фахівців з дизайну костюма та брендової продукції 182
24. **МУСІЄНКО В. О.** Особливості використання ефекту зорових ілюзій при дизайн-проектуванні моделей одягу 192
25. **МУСІЄНКО В. О.** Колір як засіб впливу на людину та вирішення завдань композиції костюма 199
26. **ЧУПРІНА Н. В., ПОСТУШНА Ю. О.** Трансформація форми, структури та колориту традиційного вбрання народів Скандинавії з метою розробки колекції актуального одягу 206
27. **ДАРСАВЕЛИДЗЕ Х., ДОЛИДЗЕ Н., ДАТУАШВИЛИ М.** Проектирование современной одежды на основе грузинского национального костюма 215

УДК 677.072.6

РЕЗАНОВА В. Г., КРАСНИТСЬКИЙ С. М., ХАЙЛОВСЬКА А. Д.
Київський національний університет технологій та дизайну

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ АДЕКВАТОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СПЕЦИФІЧНОГО ВОЛОКНОУТВОРЕННЯ

Мета. *Розробка програмного забезпечення для перевірки адекватності регресійних математичних моделей при дослідження трикомпонентних сумішей полімерів за реалізації процесу специфічного волокноутворення.*

Методика. *Дослідження адекватності моделі здійснювалася за методом, що полягає у перевірці належної лінійної гіпотези. Програмне забезпечення розроблялося мовою С++ у середовищі Borland Builder.*

Результати. *Розроблено програмне забезпечення для перевірки адекватності регресійних математичних моделей специфічного волокноутворення.В якості застосування розглянуто конкретну сумішеву систему.*

Наукова новизна. *Дістало подальшого розвитку комп'ютерне програмне забезпечення для дослідження процесу специфічного волокноутворення, зокрема - розроблено програмне забезпечення для перевірки адекватності математичної моделі специфічного волокноутворення.*

Практична значимість. *Створене програмне забезпечення дозволяє значно прискорити і спростити процес перевірки адекватності математичних моделей специфічного волокноутворення і може використовуватися вченими-дослідниками в роботі.*

Ключові слова: *волокноутворення, моделювання, математична модель, адекватність моделі, дисперсія похибок, програмне забезпечення.*

Вступ. В сучасному житті важливу роль відіграють полімери. Ступінь використання цих високомолекулярних сполук є одним з важливих критеріїв оцінки рівня науково-технічного прогресу в країні. Світовий досвід свідчить, що раціональним рішенням проблеми створення нових матеріалів із унікальними характеристиками є змішування полімерів.

Специфічне волокноутворення реалізується у відповідних умовах при течії розплавів сумішей полімерів. У його основі лежать мікрореологічні процеси - такі, як деформація крапель компоненту дисперсної фази та об'єднання рідких струменів у напрямку течії. Керування цими процесами можна здійснювати за допомогою зміни ступеню сумісності компонентів суміші на межі поділу фаз. Компатибілізатори – це речовини, що покращують сумісність [1, 2, 3].

Формування мікроволокон переробкою розплаву суміші полімерів – простий ефективний метод одержання комплексних ниток і штапельних волокон з діаметрами від десятих долей до декількох мікрометрів. Одним із класичних методів впливу на міжфазні явища є введення третього компоненту – компатибілізатора, що сприяє підвищенню взаємодії між фазами та утворенню більш тонкої стабільної дисперсії і, як наслідок, приводить до покращення процесу волокноутворення. Утворення мікроволокон з одного полімеру в матриці іншого має назву специфічне волокноутворення; дане явище винайдено і досліджується в КНУТД протягом декількох десятків років. За цей час накопичилась велика кількість експериментальних даних, а теоретичні дослідження суттєво відстають. Результати авторів відносяться до питань математичного моделювання поведінки кількісних характеристик процесу специфічного волокноутворення, що надає можливість описувати

вже існуючі закономірності, а також прогнозувати поведінку процесу на інших (ще не досліджених) сумішах полімерів. Зауважимо, що практичне використання математичної моделі можливе лише після перевірки її адекватності.

Постановка завдання. Досліджуємо трикомпонентну сумішеву систему, яка складається із двох полімерів (волокноутворюючий – поліпропілен (ПП) та матричний – співполіамід (СПА)) та добавки-компатибілізатора (поліетилсилоксан (ПЕС-5)). Вмісти компонентів суміші (в долях одиниці): x_1 – вміст ПП; x_2 – вміст СПА; x_3 – вміст ПЕС-5 ($x_1 + x_3 + x_3 = 1$). Контроль якості отриманого полімерного композиту відбувається за наступними показниками: y_1 – середній діаметр мікроволокон (мкм); y_2 – масова частка безперервних волокон (%); y_3 – масова частка коротких волокон (%).

Математична модель задачі у вигляді залежностей вихідних параметрів задачі від вхідних факторів було побудовано у [4] і вона має вигляд:

$$\begin{aligned} y_1 &= -4.116 \cdot x_1 - 17.514 \cdot x_2 + 282329.625 \cdot x_3 + 68.274 \cdot x_1 \cdot x_2 - 256070.625 \cdot x_1 \cdot x_3 - \\ &\quad - 259088.141 \cdot x_2 \cdot x_3 - 105018.922 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \\ y_2 &= -304.896 \cdot x_1 - 24.166 \cdot x_2 - 1728495.000 \cdot x_3 + 915.084 \cdot x_1 \cdot x_2 + \\ &\quad + 1774424.375 \cdot x_1 \cdot x_3 + 1722008.500 \cdot x_2 \cdot x_3 - 39065.992 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \\ y_3 &= 159.977 \cdot x_1 + 75.998 \cdot x_2 + 223290.094 \cdot x_3 - 445.488 \cdot x_1 \cdot x_2 - 275577.375 \cdot x_1 \cdot x_3 - \\ &\quad - 249046.531 \cdot x_2 \cdot x_3 + 152957.391 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \end{aligned} \qquad (1)$$

Коефіцієнти даної моделі одержано методом найменших квадратів при значеннях незалежних змінних, що представлено нижче в таблиці 1.

Для забезпечення можливості коректного використання моделі для подальших досліджень виникає питання перевірки її адекватності. Це і є метою роботи. З існуючих способів перевірки адекватності регресійних моделей вирішено обрати такий, що спирається на можливість повторення експерименту за одних і тих же значень незалежних змінних.

Результати дослідження. Для побудови моделі (1) обираємо неповний кубічний поліном, оскільки дані літератури свідчать, що такі функції досить якісно описують поведінку трикомпонентних сумішевих систем [5, 6]. Відповідно до методики планування експерименту із сумішами використовуємо симплексно-гратковий план [5, 6]. Останній забезпечує рівномірний розкид експериментальних точок на області, що являє собою симплекс відповідної розмірності (для трикомпонентної суміші це правильний трикутник на площині). Оскільки на вміст компонентів суміші умовами задачі накладаються певні обмеження (в нашому випадку це $0.2 \le x_1 \le 0.55$; $0.4 \le x_2 \le 0.8$; $0.0005 \le x_3 \le 0.005$, $x_1 + x_3 + x_3 = 1$), на повному симплексі програмним чином виділяємо підобласть, що відповідає цим обмеженням, а потім всередині виділеної підобласті обираємо область, «подібну» вихідному симплексу, тобто трикутник (хоча і не обов'язково правильний). Модель (1) було побудовано на трикутнику, що задається матрицею А – матрицею координат своїх вершин :

$$A = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.5 & 0.2 \\ 0.4995 & 0.4950 & 0.7995 \\ 0.0005 & 0.005 & 0.0008 \end{pmatrix}$$

Відповідно до симплексно-граткового підходу для неповної кубічної моделі [5, 6], для побудованого трансформованого симплексу маємо сім точок плану експерименту. (табл.1). Зазначений план отримується за допомогою лінійного перетворення, що визначається матрицею А і застосовується до векторів-стовпців «псевдокоординат» [5, 6] точок стандартного плану для неповної кубічної моделі у повному симплексі.

Таблиця 1

Симплексно-гратковий план експерименту для побудови моделі

Номер точки	x_1	x_2	x_3
1	0,5000	0,4995	0,0005
2	0,5000	0,4950	0,0050
3	0,2000	0,7992	0,0008
4	0,5000	0,4975	0,0025
5	0,3500	0,6493	0,0007
6	0,3500	0,6475	0,0025
7	0,4000	0,5980	0,0020

Для забезпечення можливості в подальшому використовувати методи регресійного аналізу моделі, зокрема – перевірки її адекватності, додаємо до плану ще одну точку (табл.2).

Таблиця 2

Додаткова точка до плану експерименту

Номер точки	x_1	x_2	x_3
8	0,5500	0,4475	0,0025

За означенням, задача математичного моделювання в даній роботі полягає у встановленні залежності між однією групою змінних (незалежних змінних, факторів) та іншою групою змінних (залежних змінних, функцій відгуку). Ми оцінюємо параметри обраної моделі, перевіряємо її адекватність і, у випадку позитивного вирішення останнього питання, робимо висновок про можливість застосування побудованої моделі до тих питань, для яких вона і була побудована.

Для роз'яснення подальших результатів наведемо кілька потрібних положень щодо загальних лінійних регресійних моделей.

Припустимо, що залежна змінна y з точністю до випадкової адитивної похибки ε може бути представлена як лінійна комбінація факторних змінних (незалежних змінних, регресорів) $x_0, x_1, \ldots, x_{p-1}$:

$$y = \beta_0 x_0 + \ldots + \beta_{p-1} x_{p-1} + \varepsilon, \qquad (2)$$

де $\beta_0, \ldots, \beta_{p-1}$ – коефіцієнти математичної моделі.

Нехай маємо вибірку об'єму n, яка являє собою сукупність одержаних експериментальним шляхом n наборів чисел вигляду:

$$(x_{i0},\ldots,x_{i,p-1}, y_i),\ i = 1,2,\ldots,n, \qquad (3)$$

де x_{ij} — значення j-го регресора (j-ї незалежної змінної) при i-му спостереженні, y_i — відповідне значення залежної змінної y. Значення похибки ε при i-му спостереженні позначимо ε_i.

Серед методів перевірки адекватності лінійної моделі даних досить поширеним є метод, що полягає в порівнянні оцінок дисперсій похибок, що одержані, з одного боку, з застосуванням даної моделі, а з іншого — незалежним шляхом. Це є еквівалентним перевірці деякої лінійної гіпотези за допомогою обчислення і аналізу відповідного F-відношення Фішера.

1. Позначимо для експериментальних даних буквою $\boldsymbol{x}_i$ i-ту точку спостережень (вектор-рядок) незалежної змінної, тобто $\boldsymbol{x}_i = (x_{i0}, \ldots, x_{i,p-1}),\ i = 1, 2,\ldots, n.$ Обговорюваний метод потребує наявності кількох спостережень за y принаймні в одній з точок $\boldsymbol{x}_i$. Припустимо, що ця вимога виконується. Кажучи іншими словами, серед точок $\boldsymbol{x}_i$ є такі, що повторюються. Тоді нехай $\boldsymbol{x}_1, \boldsymbol{x}_1,\ldots, \boldsymbol{x}_m$ — різні точки спостережень, причому хоч в одній з них кількість спостережень більше ніж 1. Зазначена F-статистика має вигляд:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \qquad (4)$$

де $S_1^2 = \dfrac{1}{m-p}\sum_{i=1}^{m} n_i(\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2,$ $\qquad S_2^2 = \dfrac{1}{n-m}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n_i}(y_{ij} - \bar{y}_i)^2$

$y_{i1}, \ldots. y_{i n_i}$, $i = 1,\ldots., m$ – значення вихідної змінної, що спостерігались в точці $\boldsymbol{x} = \boldsymbol{x}^i$;

n_i - кількість дослідів i-й точці.

Якщо $m > p$, то відношення вигляду $\dfrac{S_1^2}{S_2^2}$ (варіант з сукупності F- відношень) має розподіл Фішера $F(m-p, n-m)$ [6, 9]. Згідно з загальними положеннями [6, 9] гіпотеза про адекватність моделі $\hat{y}$ не приймається при рівні значущості α, якщо вказане відношення перевищує квантиль рівня $1-\alpha$ розподілу Фішера. У іншому випадку гіпотеза приймається. Зазначена перевірка реалізується розробленим програмним забезпеченням.

Згідно із вищесказаним, для нашої моделі маємо 8 різних точок, кожна з яких повторюється тричі (тобто всього 24 спостереження). Файл вводу, який містить значення $\boldsymbol{x}_i$, показано на рис.1:

x — Блокнот

Файл Правка Формат Вид Справка

```
0.5     0.4995   0.0005
0.5     0.4995   0.0005
0.5     0.4995   0.0005
0.5     0.495    0.005
0.5     0.495    0.005
0.5     0.495    0.005

0.55    0.4475   0.0025
0.55    0.4475   0.0025
0.55    0.4475   0.0025
```

Рис.1. **Файл *x.txt* – координати точок спостережень**

2. Для перевірки адекватності моделі (1), перетворимо її до вигляду узагальненої лінійної шляхом заміни змінних:

$$z_1 = x_1;\ \ z_2 = x_2;\ \ z_3 = x_3;\ \ z_{12} = x_1x_2;\ \ z_{13} = x_1x_3;\ \ z_{23} = x_2x_3;\ \ z_{123} = x_1x_2x_3.$$

Модель (1) прийме вигляд:

$$\hat{y} = \beta_1 z_1 + \beta_2 z_2 + \beta_3 z_3 + \beta_{12} z_{12} + \beta_{13} z_{13} + \beta_{23} z_{23} + \beta_{123} z_{123}$$

3. Після вводу даних $\boldsymbol{x}_i$, програмним чином формується матриця плану для нашої моделі:

$$X = \begin{array}{c} \\ 1.1 \\ 1.2 \\ 1.3 \\ 2.1 \\ 2.2 \\ 2.3 \\ \dots \\ 8.1 \\ 8.2 \\ 8.3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} x_1 & x_2 & x_3 & x_1x_2 & x_1x_3 & x_2x_3 & x_1x_2x_3 \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0.500 & 0.4995 & 0.0005 & 0.24975 & 0.00025 & 0.00024975 & 0.000124875 \\ 0.500 & 0.4995 & 0.0005 & 0.24975 & 0.00025 & 0.00024975 & 0.000124875 \\ 0.500 & 0.4995 & 0.0005 & 0.24975 & 0.00025 & 0.00024975 & 0.000124875 \\ 0.500 & 0.4950 & 0.0050 & 0.24750 & 0.00250 & 0.00247500 & 0.001237500 \\ 0.500 & 0.4950 & 0.0050 & 0.24750 & 0.00250 & 0.00247500 & 0.001237500 \\ 0.500 & 0.4950 & 0.0050 & 0.24750 & 0.00250 & 0.00247500 & 0.001237500 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0.5500 & 0.4475 & 0.0025 & 0.246125 & 0.001375 & 0.00111875 & 0.0006153125 \\ 0.5500 & 0.4475 & 0.0025 & 0.246125 & 0.001375 & 0.00111875 & 0.0006153125 \\ 0.5500 & 0.4475 & 0.0025 & 0.246125 & 0.001375 & 0.00111875 & 0.0006153125 \end{pmatrix} \end{array}$$

На рис. 2 наведено цю матрицю, виведену для зручності користувача у вікно форми за допомогою програмного забезпечення [7, 8]:

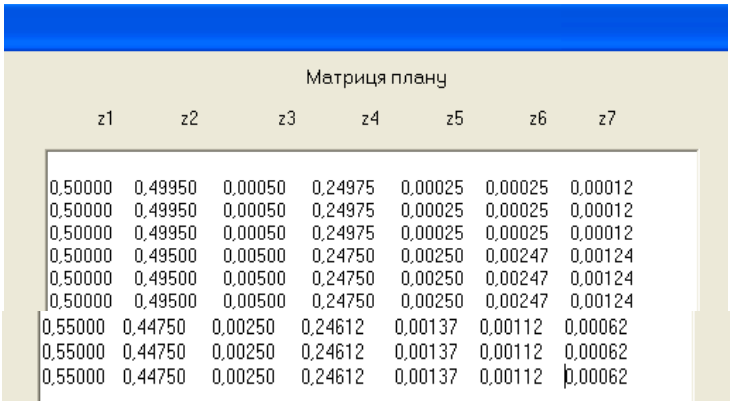


Рис.2. **Матриця плану**

4. Наприклад, для змінної y_1 маємо такі дані спостережень (рис.3).

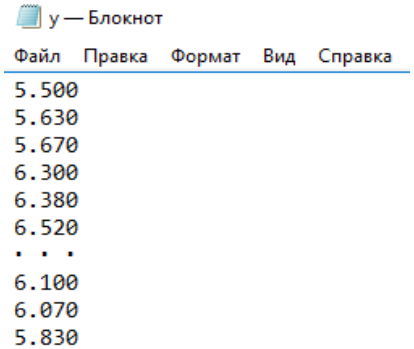


Рис.3. **Файл *y.txt* – експериментальні дані спостережень y_1**

5. Обчислені за допомогою програмного забезпечення середні значення для кожної точки спостережень та відповідні оцінки функції регресії для змінної y_1 моделі (1) наведено на рис. 4.

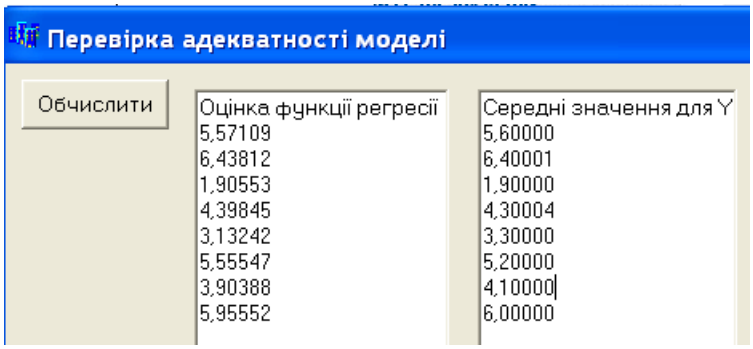
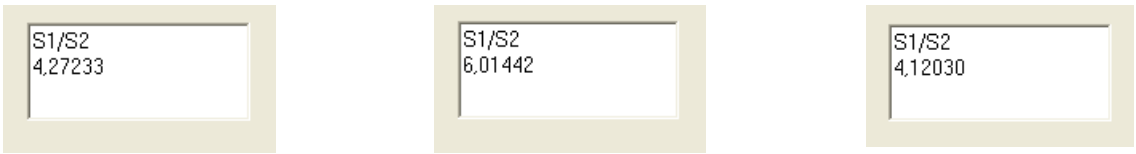


Рис.4. **Значення оцінок функції регресії та середніх значень *y*, отримані в створеному програмному забезпеченні**

6. Знаходимо вищевизначені *F*-відношення

Для всіх вихідних змінних моделі (1) за допомогою створеного програмного додатку отримуємо значення, що наведено на рис.5.



а) б) в)

Рис.5. **Відношення $\frac{S_1^2}{S_2^2}$, отримані в програмному додатку для y_1 (а), y_2 (б) та y_3 (в)**

10. Приймаємо рішення з приводу гіпотези про адекватність нашої математичної моделі.

У даному випадку маємо: для $\alpha = 0.01$ $F(m - p, n - m) = F(8 - 7, 24 - 8) =$ $=F(1, 16)=8.531$. Бачимо, що для всіх y з моделі (1) розраховане відношення $\frac{S_1^2}{S_2^2}$ менше за значення $F(m - p, n - m)$. Отже, гіпотеза про адекватність моделі може бути прийнята.

Висновки. За допомогою спеціально створеного програмного забезпечення здійснено перевірку адекватності математичної моделі специфічного волокноутворення шляхом перевірки відповідних лінійних гіпотез. Модель виявилась адекватною, що дає підстави для її використання у подальших дослідженнях, зокрема – для прогнозування поведінки системи, а також для оптимізації її параметрів. Крім того, створене програмне забезпечення може бути застосоване до більш широкого класу задач.

Література

1. Цебренко М. В. Ультратонкие синтетические волокна. - М.: Химия, 1991. – 214 с.
2. Глубіш П. А., Ірклей В. М., Клейнер Ю. Я., Резанова Н. М., Цебренко 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.
3. Rezanova N. M., Plavan V. P., Rezanova V. G., Bohatyrov V. M. Regularities of producing of nano-filled polyropilene microfibers // Vlakna a Textil. –2016. – No 4. – P. 3-8.
4. Резанова В. Г. Програмне забезпечення для математичного моделювання специфічного волокноутворення // Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємництві. Збірник наукових праць молодих вчених, аспірантів, магістрів кафедри інформаційних технологій проектування. – К. : Освіта України, 2017. – с. 20-24.
5. Зедгинидзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем.– М.: Наука, 1976.– 392 с.
6. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Вильямс, 2016. – 912 с.
7. Мейерс С. Эффективный и современный C++. М.: Вильямс, 2016. - 304 с.
8. Stroustrup B. Programming: Principles and Practice Using C++ (2nd Edition). Addison-Wesley Professional, 2014. – 1312 p.
9. Щербань В.Ю., Краснитський С.М., Резанова В.Г.. Математичні моделі в САПР. Обрані розділи та приклади застосування: Навчальний посібник. – К.:КНУТД, 2011. – 219 с.

References

1. Tsebrenko M. V. Ultratonkie sinteticheskie volokna [Ultra-thin synthetic fibers]. - M.: Himia, 1991. – 214 p. [in Russian]
2. 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) *Vysokotekhnolohichni, 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]
3. Rezanova N. M., Plavan V. P., Rezanova V.G., Bohatyrov V. M. (2016) Regularities of producing of nano-filled polyropilene microfibers // Vlakna a Textil. No 4. p. 3-8.
4. Rezanova V. G. (2017) *Programne zabezpechennia dlia matematychnogo modeliuvannia spetsifichnogo voloknoutvorennia* [Software for mathematical modeling of specific fiber-formation]. – Informatsiyni tehnologii v nautsi, vyrobnytstvi ta pidpryemnytstvi. Zbirnyk naukovyh prats molodyh vchenyh, aspirantiv, magistriv kahedry informatsiynyh tehnologiy proektuvannia. – K. : Osvita Ukrainy, pp. 20-24 [in Ukrainian]
5. Zedginidze I. G. Planirovanie eksperimenta dlia issledovania mnogokomponentnyh sistem [Planning an experiment to study multicomponent systems].– M.: Nauka, 1976. – 392 p. [In Russian]
6. Dreiper N., Smith G. (2016) Prikladnoy regressionniy analiz [Applied regression analysis]. M.: Villiams, 912 p. [In Russian]
7. Meiers S. Effektivnyy I sovremennyy C++. (2016) [Effective and modern C ++.]. M.: Villiams, 304 p. [In Russian]
8. Stroustrup B. (2014) Programming: Principles and Practice Using C++ (2nd Edition). Addison-Wesley Professional, 1312 p.
9. Shcherban V. Yu., Krasnitskiy S. M., Rezanova V. G. (2011) *Matematychni modeli v SAPR. Obrani rozdily ta pryklady zastosuvannia. Navchalniy posibnyk* [Mathematical models in SAPR. Selected sections and examples of application. Tutorial]. Kyiv National University of Technologies and Design, 2011. – 219 p. [in Ukrainian]

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОВЕРКИ АДЕКВАТОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СПЕЦИФИЧЕСКОГО ВОЛОКНООБРАЗОВАНИЯ

РЕЗАНОВА В. Г., КРАСНИТСКИЙ С. М., ХАЙЛОВСКАЯ А. Д.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Разработка программного обеспечения для проверки адекватности регрессионных математических моделей при исследовании трехкомпонентных смесей полимеров при реализации процесса специфического волокнообразования.*

Методика. *Исследование адекватности модели осуществлялась методом, который состоит в проверке надлежащей линейной гипотезы. Программное обеспечение разрабатывалось га языке С++ в среде Borland Builder.*

Результаты. *Разработано программное обеспечение для проверки адекватности регрессионных математических моделей специфического волокнообразования. В качестве примера рассмотрена конкретная смесевая система.*

Научная новизна. *Получило дальнейшее развитие компьютерное программное обеспечение для исследования процесса специфического волокнообразования, в частности - разработано программное обеспечение для проверки адекватности математической моделі специфического волокнообразования.*

Практическая значимость. *Созданное программное обеспечение позволяет значительно ускорить и упростить процесс проверки адекватности математических моделей специфического волокнообразования и может с успехом использоваться учеными-исследователями в работе.*

Ключевые слова: *волокнообразование, моделирование, математическая модель, адекватность модели, дисперсия погрешностей, программное обеспечение.*

SOFTWARE FOR CHECKING THE ADEQUACY OF THE MATHEMATICAL MODEL OF SPECIFIC FIBER-FORMATION

REZANOVA V. G., KRASNITSKIY S. M., KHAYLOVSKA A. D.
Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. *Development of software for checking the adequacy of regression mathematical models for the investigation of three-component mixtures of polymers for the implementation of the process of specific fiber- formation.*

Method. *The study of the adequacy of the model was carried out according to the method of checking the proper linear hypothesis. The software was developed in C ++ in the Borland Builder environment.*

Results. *The software for checking the adequacy of regression mathematical models of specific fiber-formation has been developed. As a application, a concrete mixture is considered.*

Scientific novelty. *Further development of computer software for the study of the process of specific fiber formation, in particular - software was developed to verify the adequacy of the mathematical model of specific fiber- formation.*

Practical significance. *Created software allows significantly accelerate and simplify the process of checking the adequacy of mathematical models of specific fiber formation and can be successfully used by researchers in the work.*

Keywords: *fiber-formation, modeling, mathematical model, model adequacy, variance of errors, software.*

УДК 677.055.548-192

БЕРЕЗІН Л. М.
Київський національний університет технологій та дизайну

ОСНОВИ ПАРАМЕТРИЧНОГО СИНТЕЗУ СИСТЕМИ ПАСИВНОЇ ПОДАЧІ НИТОК ШКАРПЕТКОВИХ АВТОМАТІВ

Мета. *Розробка основних положень параметричного синтезу системи пасивної подачі ниток шкарпеткових автоматів за умовою забезпечення заданого натягу ниток в зоні в'язання на основі розрахунків натягу за контуром лінії заправки.*

Методика. *Використовуються на основі формули Ейлера залежність між вхідним та вихідним натягами нитки, яка охоплює циліндричну поверхню, що враховує додатковий натяг нитки при її згині і положення проектування тракту руху ниток за мінімізацією сумарного кута охоплення ниткою елементів системи подачі нитки, а також метод додаткового аргументу.*

Результати. *Представлено розрахунки до параметричного синтезу системи пасивної подачі ниток з визначенням раціональних координат положень її основних елементів, які сприяють забезпеченню заданого натягу ниток на вході у в'язальну систему.*

Наукова новизна. *Полягає в подальшому розвитку теорії і методології розв'язку прикладних проектних задач щодо забезпечення натягу ниток на вході в в'язальну систему за сумарним кутом охоплення напрямних елементів в системі пасивної подачі ниток.*

Практична значимість. *Представлені рекомендації сприяють розробці організаційно-технічних заходів з удосконалення системи пасивної подачі ниток для шкарпеткових автоматів. Запропонований підхід також дозволяє на етапі проектування аналізувати та корегувати прийняті конструктивні рішення.*

Ключові слова: *проектування, розрахунок, система пасивної подачі ниток, формула Ейлера, натяг нитки.*

Вступ. Оскільки надійність шкарпеткових автоматів характеризуються кількісним домінуванням відмов в системі подачі ниток в порівнянні з іншими механізмами, удосконалення саме цієї системи є актуальною проблемою. Відмови в системі подачі ниток шкарпеткових автоматах розділяють на функціональні та параметричні. До перших передусім відносять обриви ниток через невідповідність їх заданому натягу в зоні в'язання, до других - нерівномірність довжин утворюваних петель та відповідно довжин виробів через нестабільність натягу ниток, що прокладаються на голки.

Враховуючи попереднє та те, що переважна частка діючих шкарпеткових автоматів галузі облаштована системами пасивної подачі ниток, вважаємо за доцільне розгляд основних положень геометричного синтезу стосовно проектування цих систем з параметрами, які б забезпечували заданий натяг та стабільність ниток в зоні в'язання.

Постановка завдання. Вивченню умов проходження нитками окремих елементів пасивних систем та факторів впливу їх на натяг і стабільність натягу ниток по ділянкам їх лінії заправки від паковок до робочих органів присвячені роботи [1] - [3]. Аналіз літературних джерел вказує на відсутність узагальнених положень параметричного синтезу пасивної системи подачі ниток, які б сприяли якості проектування системи та перевірці прийнятих конструктивних розробок. Метою статті є розробка основних положень параметричного синтезу системи пасивної подачі ниток шкарпеткових автоматів за умовою забезпечення заданого натягу ниток в зоні в'язання на основі розрахунків натягу за контуром лінії заправки.

Результати дослідження. До основних технологічних задач системи, що розглядається, відносять знімання ниток з паковки, переміщення ниток по конструктивним

елементам для зміни напрямку їх руху, забезпечення раціонального за величиною та сталістю натягу ниток, контроль ниток за потовщенням або стоншенням та фіксування обривів ниток або їх відсутність в системі. Типова схема заправної лінії пасивної системи подачі ниток на шкарпеткових автоматах представлена на рис. 1. За відповідною розрахунковою схемою (рис. 2) виконуємо аналіз натягу нитки за контуром заправної лінії системи подачі ниток та визначення її раціональних геометричних параметрів.

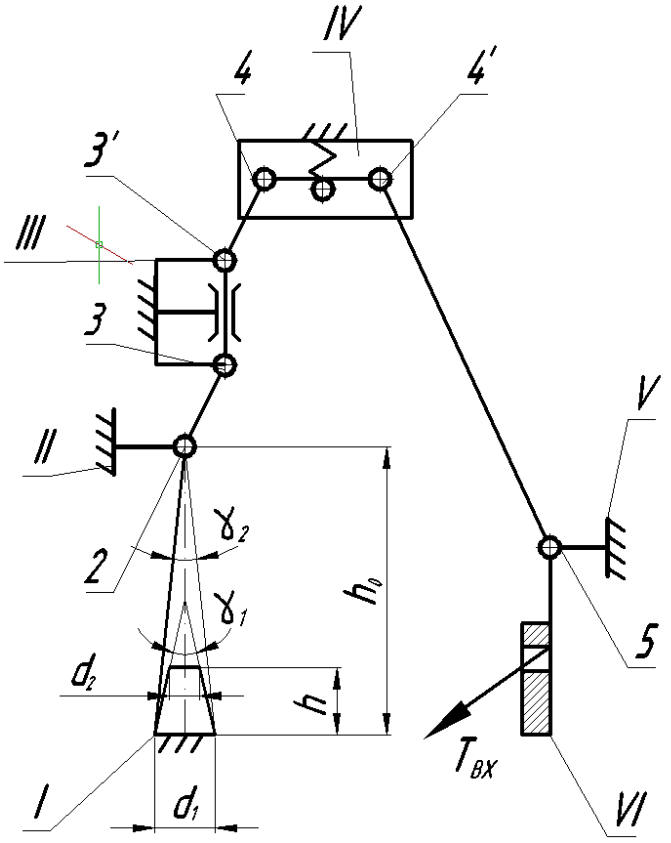


Рис. 1. **Типова система пасивної подачі ниток: *I* – паковка; *II* та *V* – нитконапрямлячі; *III* – регулятор натягу нитки; *IV* – контролюючий пристрій; *VI* – нитковод; 2, 3, 3', 4, 4', 5 – вічка нитконапрямлячів; γ_1 – кут конусності паковки; γ_2 – кут балона паковки; d_1, d_2, h – розміри паковки; h_o – висота розміщення вічка 2 від основи паковки; $T_{вх}$ – вхідний натяг в в'язальну систему**

Дослідження умов змотування нитки з паковки в залежності від розміщення вічка першого ниткопровідника наведено в [4]. Для унеможливлення дотикання нитки до бокової поверхні паковки, що викликає додатковий її натяг, регламентовано розміщення вічка 2 нитконапрямляча *II* на вісі паковки таким чином, щоб забезпечити умову $\gamma_2 < \gamma_1$, де γ_1 - кут конусності паковки; γ_2 - кут, який утворений ниткою при змотуванні її з нижньої основи паковки. Тоді прийнявши $\gamma_2 = \gamma_1 - \Delta\gamma$, де $\Delta\gamma$=2…3°, висота розміщення вічка 2 від нижньої основи паковки становить $h_o = 0{,}5d_1 ctg 0{,}5\gamma_2$ при розрахованому куті $\gamma_1 = 2arctg\frac{d_1 - d_2}{2h}$ та заданих розмірах паковки d_1, d_2 і h.

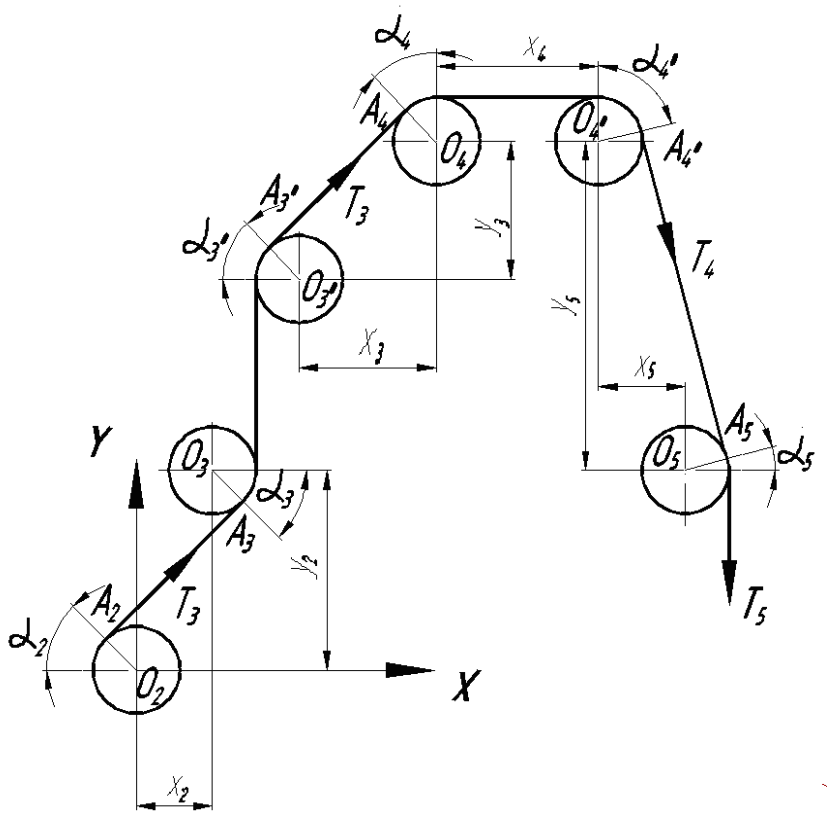


Рис. 2. **Розрахункова схема системи пасивної подачі ниток: 2, 3, 3', 4, 4', 5 – вічка нитконапрямлячі; α_2, α_3, α_4, α_4', α_5 – кути обхвату; T_i – натяги нитки на ділянках заправної лінії; x_i та y_i – горизонтальні та вертикальні відстані між осями вічок; O_2, O_3, O_3', O_4, O_4' та O_5 – центри циліндричних поверхонь вічок**

Натяг нитки при сході з паковки конічного намотування є несталим через зміну форми на розмірів балону, що утворює нитка, періодично збільшуючись з пониженням місця сходу нитки та поступово при зменшенні розмірів паковки в процесі змотування. Для зменшення впливу на натяг нитки перелічених факторів доцільно збільшувати відстань h_o до вічка 2. В переважній більшості шкарпеткових автоматів величина h_o є регульованою та перевищує 700 мм.

Основне призначення регуляторів натягу є створення необхідного для технологічного процесу натягу ниток. В залежності від різновиду сировини перевагу при переробці бавовняних та еластичних ниток, які мають малий коефіцієнт жорсткості на розтяг, віддають тарілчастим регуляторам натягу, при капронових нитках – кульковим [5]. Натяг нитки при проходженні тарілчастих натяжних пристроїв, враховуючи рівняння Ейлера та додатковий її натяг від згину, характеризується рівнянням:

$$T_3 = T_2 \cdot e^{f(\alpha_2+\alpha_3)} + \frac{EJ}{2r^2}(e^{f(\alpha_2+\alpha_3)} - 1) + 2 f_н N, \qquad (1)$$

де T_2 та T_3 - натяг нитки на вході та виході тарілчастого регулятора натягу;

α_2, α_3 - кути охоплення вічок 3 та 3';

f - коефіцієнт тертя нитки з поверхнями вічок 3 та 3';

$f_н$ - коефіцієнт тертя нитки з поверхнями тарілочок натяжного пристрою;

r - радіус циліндричної поверхні вічка, яка охоплена ниткою;

EJ - параметр, що характеризує жорсткість нитки до згину;

E - модуль пружності першого роду матеріалу нитки;

J - момент інерції площі поперечного перерізу нитки відносно нейтральної вісі;

N - нормальний тиск при взаємодії тарілочок.

Визначення моменту інерції J та модулю пружності E нитки теоретично неможливе, оскільки її будова, форма та розміри поперечного перерізу несталі. Усереднені значення цих величин для більшості типів ниток, які визначено експериментально, наведено в [6].

Умовою фіксації стану нитки контролюючим пристроєм *IV* при перевищенні допустимого максимального натягу нитки (наприклад, при її затяжці на паковці) є забезпечення кута між вхідною та вихідною вітками нитки не більше 90 градусів. Окрім того, для усунення можливості помилкового спрацьовування контролюючого пристрою через зміну форми балону паковки або нахльостування нитки при змотуванні, висувається вимога створення попереднього вхідного натягу нитки порядку 1...2 сН.

У відповідності до [6] співвідношення між натягами нитки на вході T_3 та виході T_4 контролюючого пристрою мають вид аналогічний до формули (1) без урахування натягу нитки від дії натяжного пристрою та відповідних кутах охоплення α_3 та α_4 вічок 4 та 4'. Аналогічно за формулою (1) обчислюється натяг T_5 нитки після проходження вічка 5 з кутом охоплення α_4.

Оскільки згідно з рівнянням Ейлера, чим більше перегинів має нитка на своєму шляху до нитководу *VI*, тим більшого натягу вона зазнає, то бажано, щоб заправна лінія нитки мала мінімальне число згинів. Враховуючи також, що коефіцієнт тертя нитки з матеріалом нитконапрямлювачів $f = const$, то очевидно, що при проектуванні тракту нитки особливу увагу необхідно приділяти кутам охоплення α_i ниткою нитконапрямлювачів, які відповідно залежать від місць розміщення нитконапрямлювачів.

В якості прикладу для визначення кута α_2 розглядаємо рух нитки між вічками 2 та 3 (рис. 2). Проектуючи ламану лінію $O_2A_2A_3O_3$ на координатні вісі xO_2y, маємо наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} -r_2 \cos\alpha_2 + A_2A_3 \sin\alpha_2 - r_3 \cos\alpha_2 - x_2 = 0; \\ r_2 \sin\alpha_2 + A_2A_3 \cos\alpha_2 + r_3 \sin\alpha_2 - y_2 = 0, \end{cases} \quad (2)$$

де x_2 та y_2 - горизонтальна та вертикальна відстані між осями вічок 2 та 3;

A_2A_3 - довжина нитки між точками дотику до вічок 2 та 3;

r_2 та r_3 - радіуси циліндричної поверхні вічок 2 та 3.

Помноживши перше рівняння системи (2) на $\cos\alpha_2$, друге на $-\sin\alpha_2$ та склавши їх, після перетворень отримаємо рівняння виду:

$$r_2 + r_3 = -x_2 \cos\alpha_2 + y_2 \sin\alpha_2. \quad (3)$$

Розв'язок рівняння (3) виконуємо методом додаткового аргументу [7] та отримуємо

$$\alpha_2 = \arcsin\frac{x_2}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}} + \arcsin\frac{r_2 + r_3}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}. \quad (4)$$

Очевидно, що $\alpha_2 = \alpha_3$.

Виконавши аналогічні дії, маємо:

- для ділянки між вічками 3 та 4

$$\alpha_3{}' = arcsin\frac{y_3}{\sqrt{x_3^2 + y_3^2}} + arcsin\frac{r_3 + r_4}{\sqrt{x_3^2 + y_3^2}}, \quad (5)$$

тоді $\alpha_3{}' = 90^o - \alpha_4$;

- для ділянки між вічками 4' та 5

$$\alpha_5 = arcsin\frac{y_5}{\sqrt{x_5^2 + y_6^2}} + arcsin\frac{r_5 - r_6}{\sqrt{x_5^2 + y_6^2}}, \quad (6)$$

відповідно $\alpha_5 = 90^o - \alpha_4{}'$.

Найбільш узагальненим фактором, що задається при проектуванні системи пасивної подачі нитки, є сумарний кут α_Σ охоплення ниткою всіх елементів системи, через який безпосередньо визначають вхідний натяг нитки $T_{вх}$ в зоні в'язання. Відповідно задача проектування тракту руху нитки полягає в мінімізації α_Σ при використанні рівнянь (4) - (6) з урахуванням плоского розміщення його елементів за координатами x_i та y_i. Таким чином, задаючи на етапі проектування відстані між спрямовуючими елементами (x_i та y_i) та радіуси поверхонь вічок, які огинаються ниткою, можливо розрахувати будь-який кут охоплення α_i та сумарний кут α_Σ в цілому. Запропонований метод також дозволяє аналізувати геометрії діючих та проектних ліній заправок ниток.

Висновки. Представлено положення теорії та методології розв'язку прикладних задач по забезпеченню системами пасивної подачі ниток їх доцільного натягу на вході в в'язальну систему на основі параметричного синтезу за сумарним кутом охоплення напрямних елементів стосовно шкарпеткових автоматів. Запропонований підхід сприяє розробці організаційно-технічних заходів з удосконалення системи пасивної подачі ниток, а також дозволяє аналізувати та корегувати прийняті конструктивні рішення.

Література

1. Далидович А. С. Рабочие процессы трикотажных машин: ученик для студентов вузов [Текст] / А. С. Далидович, А. Н. Костылева. – М.: Легкая индустрия, 1976. – 368 с.
2. Кудрявин Л. А. Основы технологии трикотажного производства: учеб. пособие для вузов [Текст] / Л. А. Кудрявин, И. И. Шалов. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 496 с.
3. Каган В. М. Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин [Текст] / В. М. Каган. – М.: Легкая и пищевая пром.-сть, 1984. – 119с.
4. Мойсеєнко Ф. А. Проектування в'язальних машин. [Текст] / Ф. А. Мойсеєнко. – Х.: Основа, 1994. – 336 с.
5. Цитович И. Г. Теоретические основы стабилизации процесса вязания [Текст] /

References

1. Dalydovych, A. S., & Kostыleva, A.N. (1976). *Rabochye protsessы trykotazhnykh mashyn: uchenyk dlia studentov vuzov* [Work processes of knitwear machines: a student for university students]. Moscow: Lehkaia yndustryia Publ. [in Russian].
2. Kudriavyn, L. A., & Shalov, Y. Y. (1991). *Osnovы tekhnolohyy trykotazhnoho proyzvodstva: ucheb. posobye dlia vuzov* [Fundamentals of technology knitted production: Textbook. Manual for high schools]. Moscow: Lehprombытyzdat Publ. [in Russian].
3. Kahan, V. M. (1984). *Vzaymodeistvye nyty s robochymy orhanamy tekstylnыkh mashyn* [Interaction of the thread with the robotic organs of textile machines]. Moscow: Lehkaia y pyshchevaia prom.-st. [in Russian].
4. Moiseienko, F. A. (1994). *Proektuvannia v'iazalnykh mashyn* [Designing knitting machines]. Kharkiv: Osnova Publ. [in Ukrainian].
5. Tsytovych, Y. H. (1984). *Teoretycheskye osnovы stabylyzatsyy protsesa v'iazanyi* [Theoretical basis of

И. Г. Цитович. – М. :Легкая и пищевая пром.-сть, 1984. – 135 с.
6. Лазаренко В. М. Процессы петлеобразования: Монография [Текст] / В. М. Лазаренко. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 136 с.
7. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1974. – 832 с.

stabilization of the knitting process]. Moscow: Lehkaia y pyshchevaia prom.-st. [in Russian].
6. Lazarenko, V. M. (1986). *Protsessы petleobrazovanyia: Monohrafyia* [Loopback processes: Monograph]. Moscow: Lehprombытyzdat. [in Russian].
7. Korn, H., & Korn, T. (1974). *Spravochnyk po matematyke (dlia nauchnыkh rabotnykov y ynzhenerov)* [A handbook on mathematics (for scientists and engineers)]. Moscow: Nauka. [in Russian].

ОСНОВЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА СИСТЕМЫ ПАСИВНОЙ ПОДАЧИ НИТЕЙ НОСОЧНЫХ АВТОМАТОВ

БЕРЕЗИН Л. Н.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Разработка основных положений параметрического синтеза системы пассивной подачи нитей носочных автоматов по условию обеспечения заданного натяжения нитей в зоне вязания на основе расчетов натяжений по контуру линии заправки.*

Методика. *Используется на основе формулы Эйлера зависимость между входным и выходным натяжениями нитки, огибающей цилиндрическую поверхность, которая учитывает дополнительное натяжение нити при ее изгибе, положения проектирования тракта движения нитей по минимизации суммарного угла охвата нитью элементов системы подачи нитки, а также метод дополнительного аргумента.*

Результаты. *Представлены расчеты для параметрического синтеза системы пассивной подачи нитей с определением рациональных координат положения ее основных элементов, которые способствуют обеспечению заданного натяжения нитей на входе в вязальную систему.*

Научная новизна. *Заключается в дальнейшем развитии теории и методологии решения прикладных проектных задач по обеспечению целесообразного натяжения нитей на входе в вязальную систему, используя суммарный угол охвата направляющих элементов в системе пассивной подачи нитей.*

Практическая значимость. *Представленные рекомендации способствуют разработке организационно-технических мероприятий по усовершенствованию системы пассивной подачи нитей для носочных автоматов. Предложенный подход также позволяет на этапе проектирования анализировать и корректировать принятые конструктивные решения.*

Ключевые слова: *проектирование, расчет, система пассивной подачи нитей, формула Эйлера, натяжение нити.*

BASES OF PARAMETRIC SYNTHESIS OF THE PASSIVE SYSTEM OF THREAD SUPPLY OF THE AUTOMATIC HALF-HOSE MACHINE

BEREZIN L. N.
Kiev National University of Technologies & Design

Purpose. *Development of the basic provisions of the parametric synthesis of the passive system of thread supply of the automatic half-hose machine by the condition of a given thread tension in the knitting zone on the basis of calculations of thread tension along the contour of the refueling line.*

Methodology. *Is used the dependence between the input and output tension of a thread on the basis of Euler's formula, which take into account also the additional tension of a thread at bending, the design basics for the tract of movement thread at minimizing the total wrap angle by elements of the thread supply system and also the method of additional argument.*

Findings. *Presented by calculations for the parametric synthesis of the passive system of thread supply for the definition of rational coordinates of the positions of its a basic elements, which contribute the provide of a given thread tension at the entrance to the knitting system.*

Originality. *Consists in subsequent development of theory and methodology of deciding of the applied design tasks for providing of sufficient thread tension at the entrance to the knitting system when used the total wrap angle by the elements of the thread supply passive system*

Practical value. *Are presented the practical recommendations that contribute to the development of organizational and technical measures for improve the passive system of thread supply for the automatic half-hose machine. The proposed approach also allows analyzing and correcting the adopted design decisions at the design stage.*

Keywords: *design, calculation, passive system of thread supply, Euler's formula, thread tensions.*

УДК 687.053.64, 687.053.668

БЕЗРЯДІН В. М., ДВОРЖАК В. М.
Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОКРИВОШИПНОГО ЧОТИРИЛАНКОВОГО МЕХАНІЗМУ НИТКОПРИТЯГУВАЧА ШВЕЙНОЇ МАШИНИ

Мета. *Вдосконалення методів проектування цільових механізмів технологічних машин легкої промисловості із застосуванням прикладних CAD-програм.*

Методика*. Використані методи метричного синтезу та кінематичного аналізу типових механізмів технологічних машин легкої промисловості на основі векторного перетворення координат.*

Результати. *Отримані геометричні параметри чотириланкового двокривошипного механізму для швейної машини конструктивно-уніфікованого ряду КУР-97 кл.; отримані математичні моделі, що описують функції положення рухомих ланок та характерних точок механізму; виконано схемотехнічне моделювання механізму в прикладній CAD-програмі; побудовані графіки необхідної та дійсної подачі голкової нитки механізмом, що досліджується.*

Наукова новизна. *Запропонований метод аналітичного дослідження двокривошипних механізмів на основі чисельного розв'язку векторних рівнянь кінематики, за допомогою якого створені математичні моделі та проведено схемотехнічне комп'ютерне моделювання механізму ниткопритягувача швейної машини в програмі Mathcad.*

Практична значимість *роботи полягає у використанні одержаних результатів при проектуванні та кінематичному дослідженні типових механізмів ниткопритягувачів швейних машин.*

Ключові слова: *ниткопритягувач, двокривошипний чотириланковий механізм, швейна машина.*

Вступ. Удосконалення існуючих та створення нових машин легкої промисловості пов'язано з процесом створення функціонально-досконалих його механізмів, який включає метричний (геометричний) синтез кінематичної схеми, дослідження траєкторій характерних точок, законів руху рухомих ланок та робочих органів тощо.

В сучасних машинах легкої промисловості переважно застосовуються шарнірно-важільні механізми, які забезпечують доволі високі швидкісні показники роботи у порівнянні з кулачковими механізмами, але поступаються останнім у відтворенні необхідних законів руху робочих органів [1, 2]. Наприклад, найбільш поширений типовий чотириланковий кривошипно-коромисловий механізм ниткопритягувача швейних машин має суттєвий функціональний недолік, пов'язаний з відмінністю кількості нитки, що подається, та кількості нитки, що споживається у процесі утворення стібка. При роботі механізму надлишок голкової нитки, який досягає екстремальних значень при утворенні петлі-напуску, при неефективній роботі компенсатора натягу нитки може призвести до її обриву [1, 2, 3, 4].

Для зменшення надлишку голкової нитки рядом авторів [3, 4] були запропоновані функціонально-адекватні механізми ниткопритягувачів, серед яких цікавим є чотириланковий двокривошипний механізм [3]. Авторами доведена доцільність застосування чотириланкового двокривошипного механізму в якості механізму ниткопритягувача швейної машини. Дослідження механізму проводились на основі аналітичного методу векторних замкнутих контурів В. А. Зинов'єва [5], зокрема цим методом отримана функція кута φ повороту шатуна з відростком ниткопритягувача (робоча точка D) [3].

Застосування методу векторних замкнутих контурів ускладнює процес розрахунку

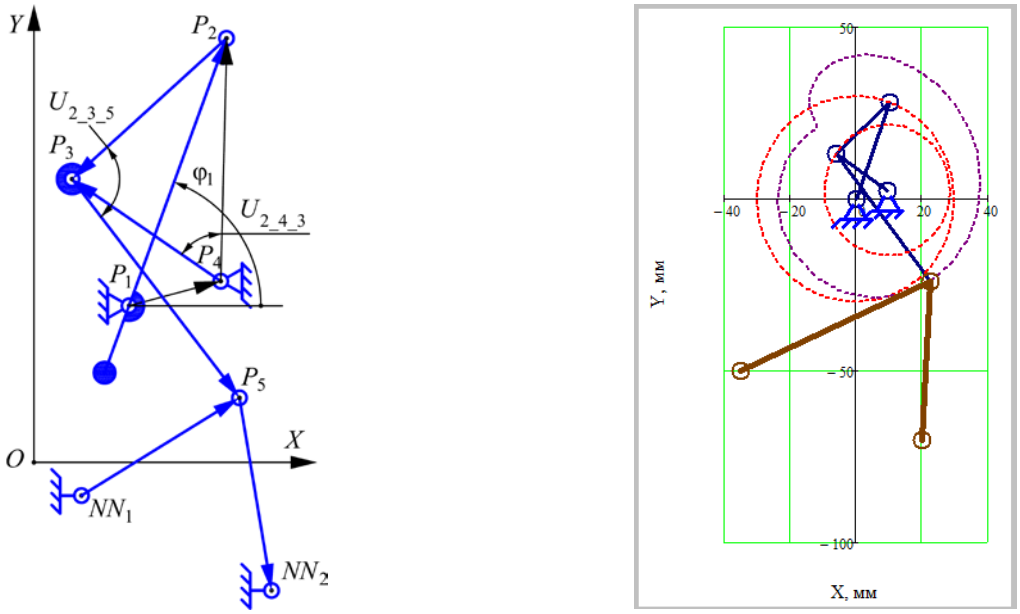
саме двокривошипних механізмів, оскільки вимагає врахування так званого «дефекту галуження» [6], коли при одних і тих самих геометричних параметрах при зміні узагальненої координати можна отримати різні варіанти складання механізму. Для плоского двокривошипного чотириланкового механізму кількість варіантів складання дорівнює двом. Тому для визначення потрібного варіанту складання слід вводити до математичної моделі механізму додаткові умові, які дозволять відслідкувати «дефект галуження» та перевірити стабільність обчислення.

Таким чином, при метричному синтезі двокривошипного чотириланкового механізму для складання цільової функції, а також при кінематичному дослідженні для складання функцій положення, швидкостей та прискорень слід використати метод дослідження вільний від «дефекту галуження». Таким методом дослідження може бути аналітичний метод векторного перетворення координат, за допомого якого успішно досліджуються як плоскі, так і просторові шарнірно-важільні механізмі машин легкої промисловості [7, 8, 9, 10].

Постановка завдання. У теперішній час при проектуванні механізмів машин легкої промисловості важливого значення набуває математичне моделювання з використанням CAD-програм. Розробка методів комп'ютерного моделювання механізмів технологічних машин та застосування для цього сучасних прикладних комп'ютерних програм є своєчасним завданням.

Тому завданням цього дослідження є створення математичних моделей, які описують цільову функцію для метричного синтезу механізму, функції положення рухомих ланок та характерних точок чотириланкового двокривошипного механізму, який застосований для приводу робочого органу – ниткопритягувача швейної машини конструктивно-уніфікованого ряду КУР-97 кл., на основі аналітичного розв'язку векторних рівнянь кінематики методом векторного перетворення координат; створення програмного коду на основі вказаних математичних залежностей; проведення схемотехнічного моделювання кінематичної схеми з побудовою графіків закону необхідної та дійсної подач голкової нитки, візуалізації та анімації в прикладній CAD-програмі.

Результати досліджень. Відомо [3, 5], що двокривошипний механізм ниткопритягувача є чотириланковим механізмом з одною ведучою ланкою – ведучим кривошипом *1-2* (рис. 1, *а*, рис. 1, *б*), одною веденою ланкою – веденим кривошипом *3-4* і одною з'єднувальною ланкою – шатуном *2-3*, що утворює дві обертальні кінематичні пари з ведучим та веденим кривошипами. У відростка *3-5* шатуна *2-3* є вічко *5* для голкової нитки *H*, яке, рухаючись по плоскій замкненій шатунній кривій, змінює довжину контуру голкової нитки від максимальної до мінімальної величини у залежності від кута повороту кривошипа *1-2*. Різниця вказаних довжин контурів голкової нитки, що подається, визначає дійсну подачу нитки $P_д$.



а *б*

Рис. 1. **Схема двокривошипного механізму ниткопритягувача:**
а – розрахункова; б – 2D візуалізації в Mathcad, суміщена з графіками траєкторій характерних точок механізму

При метричному синтезі механізму, що розглядається, основною задачею є визначення геометричних параметрів механізму, які забезпечували б передбачене діаграмою необхідної подачі нитки $P_н(\varphi_1)$ співвідношення фазових кутів руху ниткопритягувача вниз і вгору [4], ураховуючи певні обмеження (умови), при яких закон дійсної подачі голкової нитки $P_д(\varphi_1)$ з певною точністю відтворював би закон необхідної подачі голкової нитки $P_н(\varphi_1)$. Як зазначено у роботі [4], відповідність указаних законів подачі нитки оцінюється за співставленням характерних тотожних точок на діаграмі необхідної та дійсної подач голкової нитки. Розв'язок основної задачі зводиться до визначення довжин ведучого та веденого кривошипів, шатуна, відростка ниткопритягувача, кута, що характеризує його положення відносно шатуна, та вектора-стовпчика P_4 координат кінематичної пари *4* стояк-ведений кривошип, при яких би забезпечувалося співвідношення фазових кутів повороту кривошипа при русі ниткопритягувача вниз та вгору згідно з діаграмою необхідної подачі нитки $P_н(\varphi_1)$.

Таким чином, для метричного синтезу двокривошипного механізму ниткопритягувача заданим повинен мати бути закон необхідної подачі голкової нитки $P_н(\varphi_1)$ у вигляді графіка функції $P_н = f(\varphi_1)$.

Довжина контуру голкової нитки (дійсна подача голкової нитки), яка забезпечується двокривошипним ниткопритягувача швейної машини, залежить від функції положення вічка ниткопритягувача *5* (рис. 1, *а*) та місць розташування нитконапрямлячів NN_1 та NN_2 для голкової нитки [4].

Для визначення функції положення вічка ниткопритягувача, яка входить до цільової функції при метричному синтезі механізму, згідно з методом векторного перетворення координат необхідно виконати схемотехнічне моделювання механізму.

При створенні математичної моделі досліджуваного механізму за методом векторного перетворення координат введемо позначення всіх вихідних і розрахункових параметрів.

Вектор P_i (i = 1, 2,…, n) визначатиме абсолютну (відносну) координату відповідної точки механізму у прийнятій системі координат. Вектор P_{i_j}, (i = 1, 2,…, n; j = 1, 2,…, n) визначатиме взаємне розташування двох точок механізму, що мають відповідний порядковий номер (точок P_i і P_j). Значення l_{i_j} (i = 1, 2,…, n; j = 1, 2,…, n) визначатиме довжину ланки механізму як відстань між двома точками, які з'єднують дану ланку. Кути між ланками механізму позначатимуться $U_{i_j_k}$ (i = 1, 2,…, n; j = 1, 2,…, m, k = 1, 2,…, n), де середня цифра індексу відповідатиме вершині кута.

Схемотехнічне моделювання механізму виконується у правій декартовій системі координат з початком у точці P_1 (рис. 1, *а*). Вісь абсцис спрямовується перпендикулярно до осі головного вала швейної машини, вісь ординат – перпендикулярно до осі головного вала вверх, вісь аплікат – уздовж осі головного вала.

Складаємо вектори-стовпчики координат стояків P_1 та P_4 (рис. 1, *а*):

$$P_1 := \begin{pmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 \end{pmatrix}^T; \quad P_4 := \begin{pmatrix} X_4 & Y_4 & Z_4 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} l_{1_4} \cdot \cos(\varphi_{1_4}) & l_{1_4} \cdot \sin(\varphi_{1_4}) & Z_4 \end{pmatrix}^T; \quad (1)$$

де l_{1_4} – довжина стояка механізму; φ_{1_4} – кут нахилу вектора стояка до осі X.

З використанням афінних перетворень та функції повороту вектора у вигляді: $\rho_Z(r_1, \alpha_Z, r_2) := T_Z(\alpha_Z) \cdot Ort(r_1) \cdot r_2$ [7, 8, 10], визначаються вектор кривошипа P_{1_2} та радіус-вектор точки P_2:

$$P_{1_2}(\varphi_1) := \rho_Z(e_X, \varphi_{M1}(\varphi_1), l_{1_2}); \qquad P_2(\varphi_1) := P_1 + P_{1_2}(\varphi_1); \qquad (2)$$

де $e_X := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}^T$ – орт осі X;

φ_1 – поточний кут повороту головного вала;

$\varphi_{M1}(\varphi_1)$ – кут повороту ведучого кривошипа, який залежить від кута φ_1.

r_1 – вектор, що повертається; $Ort(r_1)$ – орт вектора r_1;

r_2 – довжина вектора r_1 після його повороту на кут α_Z.

$T_Z(\alpha_Z)$ – матриця повороту розміром 3×3.

Кут φ_1 задається у вигляді дискретної змінної, значення якої змінюється від початкового φ_0 до кінцевого φ_{max} з кроком $\Delta\varphi_1$:

$$\varphi_1 := \varphi_0, \varphi_0 + \Delta\varphi_1 .. \varphi_{max}. \qquad (3)$$

Кут $\varphi_{M1}(\varphi_1)$ ведучого кривошипа залежить від початкового кута встановлення:

$$\varphi_{M1}(\varphi_1) := \varphi_1 + \varphi_{M1_0}. \qquad (4)$$

де φ_{M1_0} – початковий кут встановлення ведучого кривошипа.

Вектор функція положення шатуна з відростком ниткопритягувача (вектор-ланка $P_{2\text{-}3}$) визначається як різниця векторів-точок P_3 та P_2:

$$P_{2_3}(\varphi_1) := P_3(\varphi_1) - P_2(\varphi_1). \qquad (5)$$

Для визначення вектора-точки P_3 в розгляд вводиться додатковий вектор P_{4_2} змінної довжини та напрямку:

$$P_{4_2}(\varphi_1) := P_2(\varphi_1) - P_4. \qquad (6)$$

Кут $U_{2_4_3}$ змінної величини визначатиме розташування вектора веденого кривошипа P_{4_3} відносно вектора P_{4_2}:

$$U_{4_2_3}(\varphi_1) := T\cos(|P_{4_2}(\varphi_1)|, l_{3_4}, l_{2_3}). \qquad (7)$$

З використанням афінних перетворень та функції повороту вектора визначається

вектор веденого кривошипа P_{4_3}:

$$P_{4_3}(\varphi_1) := \rho_Z\left(P_{4_2}(\varphi_1), -W_{2_3_4}\cdot U_{4_2_3}(\varphi_1), l_{3_4}\right); \quad (8)$$

До виразу (8) входить співмножник другого аргументу $W_{2_3_4}$, який дозволяє визначити конструктивно правильне розташування веденого кривошипа в механізмі.

Вектор-точка P_3 визначається як сума вектора-ланки P_{4_3} та координат стояка веденого кривошипа P_4:

$$P_3(\varphi_1) := P_{4_3}(\varphi_1) + P_4. \quad (9)$$

Вектор відростка шатуна P_{3_5} (при відомому куті $U_{2_3_5}$, який характеризує положення відростка на шатуні) визначається з використанням афінних перетворень та функції повороту вектора:

$$P_{3_5}(\varphi_1) := \rho_Z\left(-P_{2_3}(\varphi_1), U_{2_3_5}(\varphi_1), l_{3_5}\right). \quad (10)$$

Вектор-точка вічка ниткопритягувача P_5 визначається як сума вектора-ланки P_{3_5} та координат точки P_2:

$$P_5(\varphi_1) := P_{3_5}(\varphi_1) + P_2(\varphi_1). \quad (11)$$

Для побудови діаграми дійсної подачі нитки кулісним ниткопритягувачем складемо вектори-стовпчики координат нитконапрямлячів NN_1 та NN_2:

$$NN_1 := \begin{pmatrix} X_{NN1} & Y_{NN1} & Z_{NN1} \end{pmatrix}^T \qquad NN_2 := \begin{pmatrix} X_{NN2} & Y_{NN2} & Z_{NN2} \end{pmatrix}^T. \quad (12)$$

Товщиною нитконапрямлячів NN_1 та NN_2 та вічка ниткопритягувача *7* нехтуємо.

Контур нитки, який визначає довжину нитки, що подається оберненим механізмом кулісного ниткопритягувача, складається з довжин першої ділянки нитки між нитконапрямлячем NN_1 та вічком *5* ниткопритягувача та другої ділянки нитки між вічком ниткопритягувача та нитконапрямлячем NN_2.

Вектор P_{NN1_5}, який визначає ділянку нитки від нитконапрямляча NN_1 до вічка ниткопритягувача P_5 визначається як різниця між NN_1 та P_5:

$$P_{NN1_5}(\varphi_1) := P_5(\varphi_1) - NN_1. \quad (13)$$

Вектор $P_{5\text{-}NN2}$, який визначає ділянку нитки від нитконапрямляча NN_2 до вічка ниткопритягувача P_5 визначається як різниця між P_5 та NN_2:

$$P_{5_NN2}(\varphi_1) := NN_2 - P_5(\varphi_1). \quad (14)$$

Миттєве (поточне) значення довжини контуру нитки P_{Fil}, що подається ниткопритягувачем, залежно від кута повороту φ_1 кривошипа визначається як сума модулів векторів $P_{NN1\text{-}5}$ та $P_{5\text{-}NN2}$:

$$P_{Fil}(\varphi_1) := \left|P_{NN1_5}(\varphi_1)\right| + \left|P_{5_NN2}(\varphi_1)\right|. \quad (15)$$

Довжина контуру нитки D'_{Fil}, яка вимірюється відносно довжини контуру нитки у початковому положенні механізму при $\varphi_1 = \varphi_0$, визначається як різниця між поточним значенням довжини контуру нитки $P_{Fil}(\varphi_1)$ та довжини контуру нитки в початковому положенні механізму $P_{Fil}(\varphi_0)$:

$$D'_{Fil}(\varphi_1) := P_{Fil}(\varphi_1) - P_{Fil}(\varphi_0). \quad (16)$$

Для побудови графіка дійсної подачі нитки з урахуванням того, що довжина контуру нитки D_{Fil} вимірюється відносно положення механізму, при якому вічко ниткопритягувача P_5 розташовується в крайньому верхньому положенні, потрібно визначити відповідний кут

кривошипа $\varphi_{P5\max}$. Для цього спочатку присвоїмо змінній $P_{5\max_\min}$ значення вектора-точки вічка ниткопритягувача по осі *Y*:

$$P_{5\max_\min}(\varphi_1) := P_5(\varphi_1)_Y . \quad (17)$$

Потім задаємося, як це вимагає *MathCAD*, початковим значенням кута, наприклад, $\varphi_{1\max} := 50°$ (у разі відліку від нульового положення механізму, коли голка розміщується у крайньому верхньому положенні, що відповідає куту повороту кривошипа $\varphi_1 = 150°$ від осі *X* проти годинникової стрілки), в околиці якого *MathCAD* буде здійснювати пошук значення потрібного нам кута $\varphi_{P5\max}$. Використовуючи вбудовану в *MathCAD* функцію визначення екстремуму «*Maximize*» [7, 11], записуємо вираз для визначення кута $\varphi_{P5\max}$:

$$\varphi_{P5\max} := Maximize(P_{5\max_\min}, \varphi_{1\max}). \quad (18)$$

Довжина контуру нитки D_{Fil} визначається як різниця між поточним значенням довжини контуру нитки $P_{Fil}(\varphi_1)$ та довжини контуру нитки в крайньому верхньому положенні механізму $P_{Fil}(\varphi_{P7\max})$:

$$D_{Fil}(\varphi_1) := P_{Fil}(\varphi_1) - P_{Fil}(\varphi_{P7\,max}) . \quad (19)$$

З урахуванням параметра $\Delta P \approx 6$ мм [4], який характеризує подовження нитки, поточне значення дійсної подачі $P_д(\varphi_1)$ голкової нитки у залежності від кута φ_1 повороту кривошипа визначається за виразом (20):

$$P_д(\varphi_1) := D_{Fil}(\varphi_1) - D_{Fil}(\varphi_{P5\min}) + \Delta P . \quad (20)$$

де $D_{Fil}(\varphi_{P5\min})$ – довжина контуру нитки на куті повороту $\varphi_{P7\min}$ кривошипа. Цей кут визначається з використанням вбудованої в *MathCAD* функції визначення екстремуму «*Minimize*» [7, 11]. Так само як і при визначенні кута $\varphi_{P5\max}$, необхідно задатися початковим значенням кута $\varphi_{1\min}$, наприклад, $\varphi_{1min} := 300°$ (у разі відліку від нульового положення механізму, коли голка розміщується у крайньому верхньому положенні, що відповідає куту повороту кривошипа $\varphi_1 = 30°$ від осі *X* проти годинникової стрілки), в околиці якого *MathCAD* буде здійснювати пошук значення потрібного нам кута $\varphi_{P7\min}$. Тепер записуємо вираз для визначення кута $\varphi_{P7\min}$:

$$\varphi_{P5\min} := Minimize(P_{5\max_\min}, \varphi_{1\max}). \quad (21)$$

Тоді
$$D_{Fil}(\varphi_{P5\min}) := P_{Fil}(\varphi_1) - P_{Fil}(\varphi_{P5\min}). \quad (22)$$

На рис. 2 побудований графік одного з можливих законів $P_д = f(\varphi_1)$ дійсної подачі голкової нитки згідно з виразом (22), який реалізується механізмом при отриманих в результаті метричого синтезу значеннях його геометричних параметрів. Вираз (22) є одним із складових цільової функції при виконанні оптимізації кінематичних параметрів досліджуваного механізму ниткопритягувача.

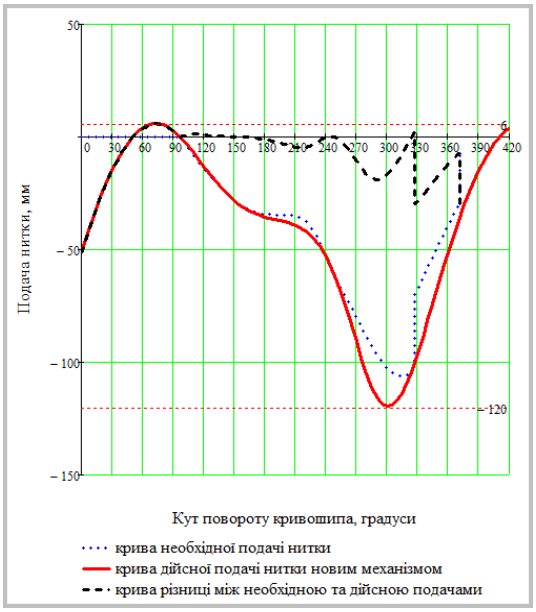


Рис. 2. **Графіки необхідної, дійсної подач голкової нитки та графік різниці між ними**

Як зазначено у роботі [4], якщо при зіставленні одержаного графіка $P_н = f(\varphi_1)$ із законом $P_д = f(\varphi_1)$ дійсної подачі голкової нитки при прийнятих параметрах синтезованого механізму не досягнуто необхідної відповідності величини подачі нитки в основних точках (1≡2; 3≡4; 5≡6), то потрібно прийняті параметри цілеспрямовано змінювати доти, доки не буде досягнута раціональна різниця указаних функцій, тобто якщо цільова функція прямуватиме до нуля.

Висновки. Результати розрахунку дозволяють виконати метричний (геометричний) синтез типового чотириланкового двокривошипного механізму ниткопритягувача швейної машини з урахуванням функціональних; отримані математичні моделі можуть бути використані при оптимізації кінематичних параметрів досліджуваного механізму ниткопритягувача із застосуванням системи MathCAD. Подальші дослідження будуть направлені на дослідження динаміки типового двокривошипного чотириланкового механізму ниткопритягувача швейної машини.

Література

1. Франц В. Я. Оборудование швейного производства / В. Я. Франц – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 448 с.
2. Проектирование и расчёт машин обувных и швейных производств : [учеб. пособие для вузов по специальности «Машины и аппараты легкой промышленности»] / А. И. Комиссаров, В. В. Жуков, В. М. Никифоров, В. В. Сторожев : Под. ред. А. И. Комиссарова – М. : Машиностроение, 1978. – 431 с.
3. Семин А.Г. Двухкривошипный четырехзвенный нитепритягиватель швейной машины / А.Г.Семин, Д.В.Корнеенко, А.Г.Кириллов, Н.И.Михеева // Вісник Київського національного університету

References

1. Pyschykov, V.O., & Orlovs'kyj, B.V. (2007). Proektuvannia shvejnykh mashyn [Design sewing machine]. Kyiv: Vydavnycho-polihrafichnyj dim «Format». [in Ukrainian].
2. Orlovs'kyj, B.V., Dvorzhak, V.M., Radchenko, Ye.S. (2011). Metrychnyj syntez obernenoho kulisnoho mekhanizmu nytkoprytiahuvacha shvejnoi mashyny [Metric synthesis of the reverse control mechanism of the thread take-up lever of the sewing machine]. Technology and design, 1. Retrieved from: http://www.nbuv.gov.ua/ejournals/ td/2011_1/2011-1.html. [in Ukrainian].
3. Semyn, A.H., Korneenko, D.V., Kyryllov, A.H., Mykheeva, N.Y., (2013). Dvukhkryvoshypnyj chetyrekhzvennyj nyteprytiahyvatel' shvejnoj mashyny [Two-cranked four-part sewing machine thread take-up

технологій та дизайну. – 2013. – № 5. – С. 33-37.

4. Пищиков В. О. Проектування швейних машин / В. О. Пищиков, Б. В. Орловський – К. : Видавничо-поліграфічний дім «Формат», 2007. – 320 с.

5. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.

6. Кикин А. Б. Разработка методов и средств для структурно-кинематического проектирования рычажных механизмов машин легкой промышленности : дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы (легкая промышленность)» / А. Б. Кикин. – СПб, 2006. – 362 с.

7. Орловський Б. В. Метричний синтез оберненого кулісного механізму ниткопритягувача швейної машини. Повідомлення 1 [електронний ресурс] / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак, Є. С. Радченко // Технології та дизайн. – 2011. – № 1. – Режим доступу до журн. : http://www.nbuv.gov.ua/ejournals/ td/2011_1/2011-1.html.

8. Орловський Б. В. Визначення реакцій в кінематичних парах механізмів основов'язальних машин методом векторного перетворення координат / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2009. – № 3. – С. 34-44.

9. ОрловськийБ.В. Схемотехнічне проектування машин – нова дисципліна кафедри МЛП КНУТД / Б.В.Орловський, В.М.Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Т.4. – 2010. – № 5. – С. 144-146.

10. Орловський Б. В. Схемотехнічне моделювання кінематичних схем механізмів з двома ступенями вільності основов'язальних машин / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2010. – № 1. – С. 33-42.

11. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD. Учебный курс. / Е. Г. Макаров – СПб. : Питер, 2005. – 448 с. – ISBN 5-94723-530-7.

machine]. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design,4,33-37 [in Russian].

4. Frants, V.Ya. (2010). Oborudovanye shvejnoho proyzvodstva [Sewing manufacture equipment]. Moscow: Yzdatel'skyj tsentr «Akademyia». [in Russian].

5. Komyssarov, A.Y., Zhukov, V.V., Nykyforov, V.M., Storozhev, V.V., (1978). Proektyrovanye y raschiot mashyn obuvnykh y shvejnykh proyzvodstv [Design and calculation of machines for shoe and sewing industries]. Moscow: Mashynostroenye. [in Russian].

6. Orlovs'kyj B.V., Dvorzhak, V.M. (2009). Vyznachennia reaktsij v kinematychnykh parakh mekhanizmiv osnovov'iazal'nykh mashyn metodom vektornoho peretvorennia koordynat [Determination of reactions in kinematic pairs of mechanisms warp knitting machines technique of vector conversion of coordinates]. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design, Vol.3, 34-44 [in Ukrainian].

7. Orlovs'kyj, B.V., (2010). Skhemotekhnichne modeliuvannia kinematychnykh skhem mekhanizmiv z dvoma stupeniamy vil'nosti osnovov'iazal'nykh mashyn [Circuit simulation of kinematic diagrams of mechanisms with two degrees of freedom osnovu azalina machines]. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design, Vol.1, 33-42 [in Ukrainian].

8. Makarov, E.H. (2005) Ynzhenernye raschety v MathCAD. Uchebnyj kurs. [Engineering calculations in MathCAD. Training course] Saint-Petersburg: Pyter. [in Russian].

9. Artobolevskyj, Y.Y. (1988). Teoryia mekhanyzmov y mashyn [Theory of mechanisms and machines]. Moscow: Nauka. [in Russian].

10. Kykyn, A.B. (2006). Razrabotka metodov y sredstv dlia strukturno-kynematycheskoho proektyrovanyia rychazhnykh mekhanyzmov mashyn lehkoj promyshlennosty [Development of methods and tools for structural-kinematic design of linkage of machines of light industry]. Doctor's thesis. Saint-Petersburg [in Russian].

11. Orlovs'kyj, B.V., Dvorzhak, V.M., (2010). Skhemotekhnichne proektuvannia mashyn – nova dystsyplina kafedry MLP KNUTD [Schematic design – a new discipline of the Department MLI KNYTD]. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design,Vol.4,5,144-146 [in Ukrainian].

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХКРИВОШИПНОГО ЧЕТЫРЕХЗВЕННОГО МЕХАНИЗМА НИТЕПРИТЯГИВАТЕЛЯ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ

БЕЗРЯДИН В. М., ДВОРЖАК В. М.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Совершенствование методов проектирования целевых механизмов технологических машин легкой промышленности с применением прикладных CAD-программ.*

Методика. *Использованы методы метрического синтеза и кинематического анализа типовых механизмов технологических машин легкой промышленности на основе векторного преобразования координат.*

Результаты. *Получены геометрические параметры четырехзвенного двухкривошипного механизма для швейной машины конструктивно-унифицированного ряда КУР-97 кл.; получены математические модели, описывающие функции положения подвижных звеньев и характерных точек механизма; выполнено схемотехнические моделирования механизма в прикладной CAD-программе; построены графики необходимой и действительной подачи игольной нитки исследуемым механизмом.*

Научная новизна. *Предложены метод аналитического исследования двухкривошипних механизмов на основе численного решения векторных уравнений кинематики, с помощью которого получены математические модели и проведено схемотехническое компьютерное моделирование механизма нитепритягивателя швейной машины в программе Mathcad.*

Практическая значимость работы *заключается в использовании полученных результатов при проектировании и кинематическом исследовании типовых механизмов нитепритягивателей швейных машин.*

Ключевые слова: *нитепритягиватель, двухкривошипный четырёхзвенный механизм, швейная машина.*

CALCULATION OF THE TWO-CRYSTAL FOUR-EARTH MECHANISM OF THE SEWING MACHINE NON-TRIPLE

BEZRYADIN V. M., DVORZHAK V. M.
Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. *Improvement of methods of designing target mechanisms of light industrial process machinery with the use of applied CAD programs.*

Methodology. *Methods of metric synthesis and kinematic analysis of typical mechanisms of technological light industry machines based on vector transformation of coordinates are used.*

Findings. *The geometrical parameters of a quadrilateral two-crank mechanism for a sewing machine of a series 97; obtained mathematical models describing the functions of the position of moving parts and characteristic points of the mechanism; Schematic design of the mechanism in the CAD program; Graphs of necessary and actual supply of needle filaments are constructed by the investigated mechanism.*

Originality. *The proposed method of analytical research of two-crank mechanisms on the basis of numerical solution of vector equations of kinematics, with the help of which mathematical models were created, and a schematic computer simulation of the thread take-up mechanism of a sewing machine in the applied program Mathcad.*

Practical Value *is to use the obtained results in designing and kinematic research of typical mechanisms of sewing machine pullers.*

Keywords*: thread take-up mechanism, two-crib mechanism, sewing machine.*

УДК 677.055.684.6

КОТЛЯРОВ В. О., ДВОРЖАК В. М.
Київський національний університет технологій та дизайну

МЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ МЕХАНІЗМУ ВУШКОВИХ ГОЛОК ЗМІННОЇ СТРУКТУРИ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН

Мета. *Проектування цільового механізму коливального руху вушкових голок основов'язальної машини із застосуванням прикладних CAD-програм.*

Методика*. Використані методи метричного синтезу та кінематичного аналізу типових механізмів технологічних машин легкої промисловості.*

Результати. *Розроблений механізм змінної структури для приводу вушкових голок основов'язальної машини із зупинкою за цикл петлетворення; отримані математичні моделі для метричного (геометричного) синтезу механізму змінної структури.*

Наукова новизна. *Запропонований аналітичний метод метричного (геометричного) синтезу чотириланкового механізму змінної структури для приводу вушкових голок основов'язальної машини, який реалізує закон руху із зупинкою за цикл петлетворення.*

Практична значимість *роботи полягає в розробці функціонально-досконалих механізмів основов'язальних машин шляхом зменшення кількості рухомих елементів при збереженні технологічного процесу петлетворення, що забезпечить зменшення інерційних навантажень та потенційно підвищить продуктивність машини.*

Ключові слова: *основов'язальна машина, механізм змінної структури, метричний синтез, вушкова голка.*

Вступ. Основов'язальні машини (далі ОВ-машини) належать до циклових в'язальних машин, в яких механізм в'язання містить багатоланкові важільні механізми, які в певній мірі визначають якість продукції та продуктивність машини.

В сучасних основов'язальних машинах в якості основних приводних механізмів робочих інструментів зазвичай використовуються багатоланкові шарнірно-важільні механізми другого і вище класів за класифікацією Ассура [1, 2, 3, 4]. Такі механізми забезпечують у певному наближенні відтворення складних законів руху петлетвірних інструментів, які передбачають виконання за технологічними вимогами зупинку робочого інструменту впродовж циклу петлетворення, а також здійснення зворотних ходів. При цьому з метою підвищення точності відтворення складних законів руху робочих інструментів використовуються восьми, десяти та дванадцятиланкові структури механізмів, а також механізми з кількома ступенями вільності [3, 5]. Можливості шарнірно-важільних механізмів з «жорсткими» ланками, які утворюють незмінні схеми, є в певному сенсі вичерпаними [6, 7]. Тому актуальним завданням є створення механізмів змінної структури зі змінними метричними параметрами та формою ланок зі зменшенням їхньої кількості при забезпеченні технологічного процесу петлетворення на ОВ-машинах.

Постановка завдання. Для дослідження в якості базового механізму приймемо механізм коливального руху вушкових голок машини ОВ-7, який містить вісім ланок та реалізує закон руху вушкових голок із зупинкою за цикл петлетворення [2]. Для зменшення кількості рухомих ланок в механізмі при збереженні технологічного процесу може бути використаний шарнірний чотириланковик з ланками змінної довжини та форми за цикл процесу петлетворення, наприклад, як в роботах [8, 9]. Зміна довжини та форми ланок здійснюється завдяки використанню в їх конструкції пружних елементів. Для забезпечення зупинки вушкових голок в механізмі може бути використаний упор, який обмежує рух однієї

з рухомих ланок [1, 6]. Заклинювання шарнірного чотириланковика уникається завдяки використанню змінної ланки. Приймемо в якості змінної ланки коромисло. На фазах зупинки вушкових голок при взаємодії однієї з рухомих ланок з упором, змінне коромисло забезпечує так звану «прокручуваність» механізму, а на фазах коливального руху воно працює як «жорстка» ланка.

Завданням метричного синтезу механізму вушкових голок із змінними ланками є визначення геометричних параметрів структурної схеми механізму, які задовольняють необхідним кінематичним, динамічним та конструктивним особливостям механізму з використанням сучасних САПР SolidWorks та Mathcad [10].

Результати досліджень. У базовому механізмові коливального руху вушкових голок (рис. 1) [1, 2] тримач вушкових голок здійснює зворотно-коливальний рух за законом «коливання вперед – зсув перед крючками голок – коливання назад – зсув за спинками голок». При цьому за умовами виконання технологічного процесу зсув за спинками голок відбувається при зупинці вушкових гребінок, тривалість якої залежить від ОВ-машини і становить приблизно третину циклу петлетворення (біля 120° фазового кута повороту ведучої ланки механізму) [1, 2].

У новому механізмі коливального руху вушкових голок змінною ланкою є коромисло. На фазах рухів вперед та назад механізм можна розглядати як механізм шарнірного чотириланковика, а на фазах зупинки, коли коромисло взаємодіє з упором, – як кривошипно-кулісний механізм, в якому одна частина змінного коромисла виконує функцію нерухомої напрямної (куліси), а інша – повзуна куліси. Тобто застосовується механізм зі змінною кінематичною структурою.

При синтезі механізму вушкових голок із змінною ланкою відоме крайнє верхнє положення (рис. 2) (φ_{23} – фаза зсуву перед крючками голок), та два проміжних положення (φ_{23} та φ_{31} – фаза зупинки за спинками голок), що є специфікою синтезу. Сума кутів прокачок та вистою дорівнює одному оберту головного вала, тобто:

$$\varphi_{12} + \varphi_{23} + \varphi_{31} = 2\pi\,, \qquad (1)$$

де φ_{12} – кут повороту кривошипа, що відповідає коливанню назад вушкових голок;

φ_{31} – кут повороту кривошипа, що відповідає коливанню вперед вушкових голок;

φ_{23} – кут повороту кривошипа, що відповідає зупинці вушкових голок.

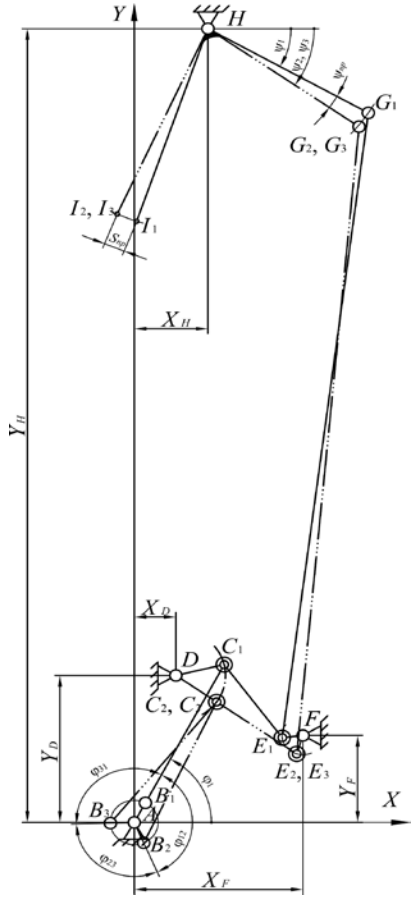


Рис. 1. **Структурна схема базового механізму коливального руху вушкових голок**

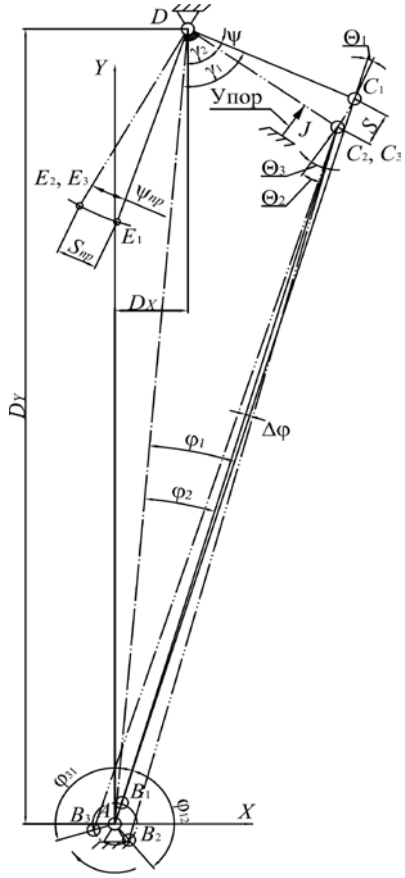


Рис. 2. **Розрахункова кінематична схема для метричного синтезу чотириланкового механізму коливального руху вушкових голок змінної структури**

Приймемо довжину кривошипа $r = l_{AB}$ та довжину шатуна $l = l_{BC}$ за параметри, які потрібно визначити при синтезі. Задаємося параметрами, що їх можна змінювати при синтезі: l_{AD} – відстанню між осями кривошипа та коромисла; l_{CD} – довжиною коромисла; γ_1 – початковим кутом установки коромисла; $\Delta\varphi$ – кутом між AC_1 та AC_2.

$$\Delta\varphi = \frac{\varphi_{31} - \varphi_{12}}{2}, \tag{2}$$

Визначати кут Δφ необхідно для того, щоб забезпечити коливання вушкових голок вперед за кут φ_{31}, а назад за кут φ_{12} повороту головного вала.

Відповідно до рис. 2 записуємо вирази для визначення довжин кривошипа *r* та шатуна *l*:

$$r = \frac{l_{AC1}^2 - l_{AC2}^2}{2 \cdot \left(l_{AC1} - l_{AC2} \cdot \cos\left(\varphi_{12} + \Delta\varphi\right)\right)}, \tag{3}$$

$$l = l_{AC1} - r\,. \tag{4}$$

При побудові механізму за розрахованими значеннями параметрів може виявитись, що він не забезпечить відповідність заданим кутам повороту кривошипа при рухах вперед та при зупинці вушкових голок при задовільному відтворенні кута повороту кривошипа, що відповідає русі назад вушкових голок. Тому потрібно порівняти значення одного із заданих

кутів повороту кривошипа (φ_{23} або φ_{31}), значенню, розрахованому за визначеними параметрами механізму. Визначимо розрахункове значення кута φ_{31}^{P} та порівняємо його із заданим кутом φ_{31} повороту кривошипа:

$$\varphi_{31}^{P} = \arccos\left(\frac{l_{AC_2}^2 + l_{AB_2}^2 - l_{B_2C_2}^2}{2 l_{AC_2} l_{AB_2}} \right) + \Delta\varphi \,. \qquad (5)$$

Якщо різниця $\Delta\varphi_{31} = \varphi_{31} - \varphi_{31}^{P} = 0$, отримані значення r та l, а також наперед задані параметри механізму, приймаємо за остаточні. Якщо $\Delta\varphi_{31} \neq 0$, потрібно змінити відстань l_{AD}, довжину l_{CD} коромисла, що призведе до зміни початкового кута γ_1 установки коромисла і кута φ_{31}^{P}.

Отримані залежності дозволяють в результаті метричного синтезу механізму вушкових голок змінної структури основов'язальних машин встановити постійні параметри його кінематичної схеми такі, як довжина кривошипа (величина ексцентриситету), довжина шатуна, довжина коромисла (під час коливання вушкових голок довжина шатуна має фіксоване значення, а під час їх зупинки вона змінюється завдяки зміні структури механізму), координати стояків з врахуванням особливостей механізму, до яких належить забезпечення зупинки вушкових голок та їх коливання, які відбуваються за певні кути повороту головного вала згідно з циклограмою роботи машини.

В результаті розрахунку отримані значення метричних параметрів механізму: довжина кривошипа l_{AB} = 6,98 мм, довжина шатуна l_{BC} = 521,0 мм, номінальна довжина змінного коромисла l_{CD} = 115 мм, координати точки A (0;0), координати точки D (46;533).

Використовуючи отримані метричні параметри механізму в програмі SolidWorks, була створена комп'ютерна 3D модель чотириланкового механізму змінної структури із змінним коромислом для приводу вушкових голок машини ОВ-7 (рис. 3).

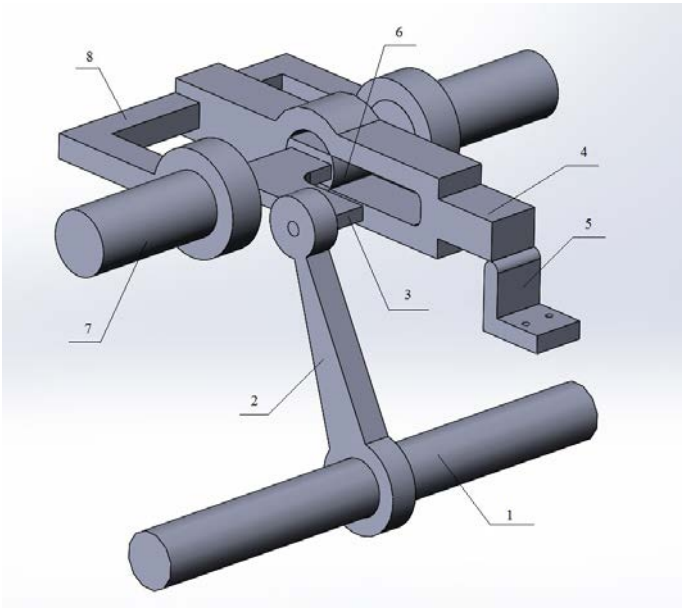


Рис. 3. **Комп'ютерна 3D модель чотириланкового механізму змінної структури із змінним коромислом для приводу вушкових голок машини ОВ-7: 1 – головний вал; 2 – шатун; 3 – палець; 4 – коромисло; 5 – упор; 6 – повзун; 7 – вал; 8 – муфта**

У результаті комп'ютерного дослідження 3D моделі механізму в програмі SolidWorks доведено функціональну адекватність чотириланкового механізму в якості приводного механізму коливального руху вушкових голок машини ОВ-7.

Висновки. Отримані залежності дозволяють встановити сталі параметри кінематичної схеми в результаті метричного синтезу механізму вушкових голок із змінними ланками, які забезпечують закон руху із зупинкою вушкових голок за циклограмою роботи основов'язальної машини. Виконано конструювання механізму та проведено комп'ютерне дослідження його 3D моделі в програмі SolidWorks.

Література

1. Дворжак В. М. Удосконалення та синтез маханізму прокачки вушкових голок основов'язальних машин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.10 «машини легкої промисловості» / Дворжак Володимир Миколайович – Київ, 2008. – 24 с.
2. Гарбарук В. Н. Проектирование трикотажных машин / В. Н. Гарбарук – М. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние 1980. – 472 с.
3. Дворжак В.М. Комп'ютерне моделювання механізмів основов'язальних машин зі структурними групами третього класу третього порядку з поступальними парами / В.М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2015. – № 6. – С. 37-46.
4. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.
5. Майданюк Т. А. Схемотехнічне моделювання механізму голок основов'язальної машини. [електронний ресурс] / Т. А. Майданюк, Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Технології та дизайн. – 2012. – № 2. – Режим доступу до журн.: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/td/2012_2/index.html.
6. Тулешев К. Т. Синтез плоских многозвенных рычажных механизмов на основе обращения движения : дис. канд. техн. наук : 05.02.18 / Тулешев Курманбай Тулешевич – Алма-Ата, 1984. – 162 с.
7. Дворжак В. М. Застосування механізмів зі змінною довжиною ланок для приводу вушкових голок основов'язальних машин // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: VI Міжнародна науково-практична

References

1. Dvorzhak V. M. (2008). Udoskonalennya ta syntez makhanizmu prokachky vushkovykh holok osnovov'yazal'nykh mashyn [Improvement and synthesis of mechanism circulation of guide needles of warp – knitting machines]. Extended abstract of Doctor's thesis. Kyyiv [in Ukraine].
2. Harbaruk V. N. (1980). Proektyrovanie trykotazhnikh mashyn [Planning of knittings machines]. Leningrad: Machine industry [in Russia].
3. Dvorzhak V. M. (2015). Komp'iuterne modeliuvannia mekhanizmiv osnovov'iazalnykh mashyn zi strukturnymy hrupamy tretoho klasu tretoho poriadku z postupalnymy paramy [A computer design of mechanisms of warp – knitting machines is with the structural groups of the third class of the third order with forward pairs]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Tekhnichni nauky – Announcer of the Kyiv national university of technologies and design. Engineering sciences, Vol. 6, 37 – 46 [in Ukraine].
4. Artobolevskiy I. I. (1988). Teoriya mekhanizmov i mashin [Theory of mechanisms and machines]. Science [in Russia].
5. Maidaniuk A. T., Orlovskyi B. V., Dvorzhak V. M. (2012). Skhemotekhnichne modeliuvannia mekhanizmu holok osnovov'iazalnoi mashyny [A chart is a technical design of mechanism needles in warp – knitting machine]. Tekhnolohii ta dyzain – Technologies and design, 2. Retrieved from: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/td/2012_2/index.html [in Ukraine].
6. Tuleshev K. T. (1984). Sintez ploskih mnogozvennyih ryichazhnyih mehanizmov na osnove obrascheniya dvizheniya [Synthesis of flat iterative lever mechanisms on the basis of appeal of motion]. Candidate's thesis. Alma – Ata [in Kazakhstan].
7. Dvorzhak V. M. (2015). Zastosuvannia mekhanizmiv zi zminnoiu dovzhynoiu lanok dlia pryvodu vushkovykh holok osnovov'iazalnykh mashyn [Application of mechanisms is with variable length of links for the occasion of guide needles of warp – knitting machines]. Complex providing of quality of technological processes and systems: VI Mizhnarodna naukovo-praktychna

конференція. Чернігів, 26-29 квітня 2016 р. – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – С. 215-216.
8. Патент України на корисну модель 51399 А, МПК (2006) D04B 27/00. Механізм коливального руху вушкових голок основов'язальних машин / Орловський Б. В., Дворжак В. М.; заявл. 13.03.2002, опубл. 15.11.2002, Бюл. № 11/2002.
9. Патент України 84693, МПК (2006) D04B 23/00. Основов'язальна машина / Орловський Б. В., Дворжак В. М., Орловський Я. Б.; заявл. 07.07.2005, опубл. 25.11.2008, Бюл. № 22/2008.
10. Орловський Б. В. Комп'ютерне моделювання та синтез типового механізму технологічних машин / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – № 5. – С. 103-108.

konferentsiia (26–29 kvitnia 2016 r.) – 6th International research and practice conference. (pp.215–216). Chernihiv: ChNTU [in Ukraine].
8. Orlovskyi BV, Dvorzhak VM, invetors (2002). Mekhanizm kolyvalnoho rukhu vushkovykh holok osnovov'iazalnykh mashyn [Mechanism of fluctuating motion of guide needles in warp – knitting machines]. Ukrainian patent, no. 51399.
9. Orlovskyi BV, Dvorzhak VM, Orlovskyi IaB, invetors (2008). Osnovov'iazalna mashyna [Warp – knitting machine]. Ukrainian patent, no. 84693.
10. Orlovskyi B. V. Dvorzhak V. M. (2014). Komp'iuterne modeliuvannia ta syntez typovoho mekhanizmu tekhnolohichnykh mashyn [Computer design and synthesis of typical mechanism of technological machines]. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu – Announcer of the Kyiv national university of technologies and design, Vol. 5, 103–108 [in Ukraine].

МЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ МЕХАНИЗМА УШКОВЫХ ИГЛ ИЗМЕНЯЕМОЙ СТРУКТУРЫ В ОСНОВОВЯЗАЛЬНЫХ МАШИНАХ

КОТЛЯРОВ В. О., ДВОРЖАК В. Н.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Проектирование целевого механизма колебательного движения ушковых игл в основовязальных машинах с использованием прикладных CAD – программ.*

Методика. *Использованы методы метрического синтеза и кинематического анализа типовых механизмов технологических машин легкой промышленности.*

Результаты. *Разработан механизм изменяющейся структуры с остановкой для привода ушковой иглы в основоязальной машине за цикл петлеобразования; получены математические модели для метрического (геометрического) синтеза изменяющейся структуры механизма.*

Научная новизна. *Предложен аналитический метод метрического (геометрического) синтеза четырехзвенного механизма изменяемой структуры для привода ушковых игл основовязальной машины, воплощающий закон движения с остановкой за цикл петлетлеобразования.*

Практическая значимость. *Заключается в разработке функционально-совершенных механизмов основовязальных машин путем уменьшения количества подвижных элементов при сохранении технологического процесса петлетобразования, что обеспечит уменьшение инерционных нагрузок и потенциально повысит производительность машины.*

Ключевые слова: *основовязальная машина, механизм измененной структуры иглы, метрический синтез, ушковая игла.*

METRICAL SYNTHESIS OF GUIDED NEEDLES OF CHANGEABLE STRUCTURE IS IN WARP – KNITTING MACHINE

KOTLIAROV V. O., DVORZHAK V. M.
Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. *Design of the target mechanism of oscillating motion the ushkovykh of needles in the warp-knitting machine with use of applied CAD – programs.*

Methodology. *Methods of metric synthesis and the kinematic analysis of standard mechanisms of technological machines of light industry are used.*

Findings. *The mechanism of changing structure is worked out with a stop for the drive of guide needle in a warp – kitting machine for the cycle of looping; mathematical models are got for the metrical (geometrical) synthesis of changing structure of mechanism.*

Originality. *The analytical method of metrical (geometrical) synthesis is offered four link mechanism of changeable structure for the drive of guide needles of warp – knitting machine, incarnating law of motion with a stop for the cycle of looping.*

Practical value *consists in development of functionally-perfect mechanisms of warp – knitting machines by reduction of amount of movable elements at maintenance of technological process of looping, that will provide reduction of the inertia loading and potentially will promote the productivity of machine.*

Keywords*: warp - knitting machine, the mechanism of the changed structure of a needle, metric synthesis, guide needle.*

УДК 621.9

САВЧЕНКО С. В.
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИБОРОВ ПО СИГНАЛУ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ РАЗГРУЗКЕ ОБРАЗЦА

Цель. *Нахождение взаимосвязи между сигналом акустической эмиссии в чувствительных упругих элементах, в данном случае упругих пластин (плоских пружин), при снятии с них нагрузки, и их характеристиками, для построения методики контроля.*

Методика. *Использовано метод акустической эмиссии в основе которого улавливание и усиление звуковых колебаний, излучаемых дефектами, а также смещающимися дислокациями при нагружении конструкции и ее разгрузке.*

Результаты. *Проведен эксперимент и получен сигнал акустической эмиссии при снятии нагрузки с исследуемого упругого элемента. Установлена закономерность между основными характеристиками упругих элементов и акустосигналом, который изменяется относительно нагружению объекта. Для наглядности приведены несколько диаграмм образцов из разных материалов.*

Научная новизна. *Впервые использовано пьезоэлектрический датчик новой компоновки для исследования взаимосвязи параметров акустического сигнала и характеристик упругих элементов. Что позволило получить более качественные показания исследования акустосигнала.*

Практичная значимость. *Значимость полученных результатов исследований заключается в совершенствовании дефектоскопии с применением акустических методов и возможности полного контроля упругих чувствительных элементов на стадии производства, что позволит сократить брак готовых изделий.*

Ключевые слова: *упругий элемент; сигнал акустической эмиссии; широкополосный пьезоэлектрический датчик*

Вступ. На приборостроительных предприятиях большое внимание уделяют оценке качества материала и прогнозированию эксплуатационных характеристик готовых изделий. В настоящее время, как правило, осуществляется выборочный контроль качества изделий достаточно трудоемким методом визуального осмотра, не всегда гарантирующим надежный результат. Возможность прогнозирования качества готового изделия во времени (эксплуатационные свойства) также важна. Применяемые в настоящее время способы прогнозирования эксплуатационных характеристик приборостроительных изделий в большинстве своем разрушающие, основаны на результатах оценки выборочной партии изделий и связаны со значительными трудовыми и энергетическими затратами.

Постановка задачи. На стадии контроля предлагается внедрить методику, основанную на регистрации сигналов акустической эмиссии, которая позволит без больших затрат времени дать оценку качества поступившего изделия (упругого элемента), его соответствия требованиям, указанным в сертификате, подтверждающую отсутствие недопустимых дефектов.

Контроль упругих чувствительных элементов необходим для выявления недопустимых неоднородностей, пустот и трещин на поверхности и внутри в соответствии с сертификатом химического состава, механических свойств и микроструктуры. Обнаружение трещин осуществляется методом ультразвуковой дефектоскопии, но ввиду особенностей УЗ-метода невозможно контролировать качество тонких пластин и проволоки размерами меньше 3-4 мм. В

связи с этим актуальны решение задачи комплексного контроля и разработка неразрушающего способа оценки качества плоских упругих элементов.

Интерес для производства представляет установление закономерностей между параметрами акустической эмиссии и микроструктурой исходного материала и готовых изделий (упругих элементов из рессорно-пружинных сталей 65Г, 60С2А и 65С2ВА).

Акустические методы основаны на регистрации параметров упругих колебаний, возбужденных в контролируемой конструкции. Колебания возбуждаются обычно в ультразвуковом диапазоне (что уменьшает помехи) с помощью пьезометрического или электромагнитного преобразователя, удара по конструкции, а также при изменении структуры самой конструкции вследствие приложения нагрузки.

Весьма перспективным в дефектоскопии является метод акустической эмиссии (АЭ). Основой этого метода является улавливание и усиление звуковых колебаний, излучаемых дефектами, а также смещающимися дислокациями при нагружении конструкции. О наличии дефекта судят по появлению сигналов акустической эмиссии, об уровне напряженного состояния - по интенсивности сигналов акустической эмиссии (число сигналов в 1 с).

Итак, источником акустико-эмиссионной энергии служит поле упругих напряжений в материале. Без напряжений нет и эмиссии, поэтому АЭ контроль обычно проводится путем нагружения контролируемого объекта. Это может быть проверочный контроль, контроль изменений нагрузки во время работы объекта, испытания на усталость, ползучесть или комплексное нагружение. Очень часто конструкция нагружается произвольным способом. В этом случае использование АЭ контроля позволяет получать дополнительную ценную информацию о поведении конструкции под действием нагрузки. В других случаях эмиссия используется по причинам экономичности и безопасности; для таких задач разрабатываются специальные процедуры нагружения и тестирования [1].

Рассмотрим исследование по поиску взаимосвязи между параметрами акустической эмиссии и характеристиками готовых изделий. Для исследования было выбрано плоские пружины с геометрическими параметрами 300х30х3 мм. из пружинно рессорной сталей 65Г и нержавеющей инструментальной стали 12х18н9. Образцы обладают одинаковой геометрией, но разными упругими параметрами и рабочим диапазоном. Установка для контроля состояла из такого оборудования: гидравлический пресс с усилием в 10 т., широкополосный акустический пьезодатчик, динамометр, аналого-цифровой преобразователь модели Е20-10, усилитель и амплитудный детектор, а также программное обеспечение Power Graph 3.3 Professional. Схема автоматизированной системы контроля упругих чувствительных элементов представлена на Рис. 1.

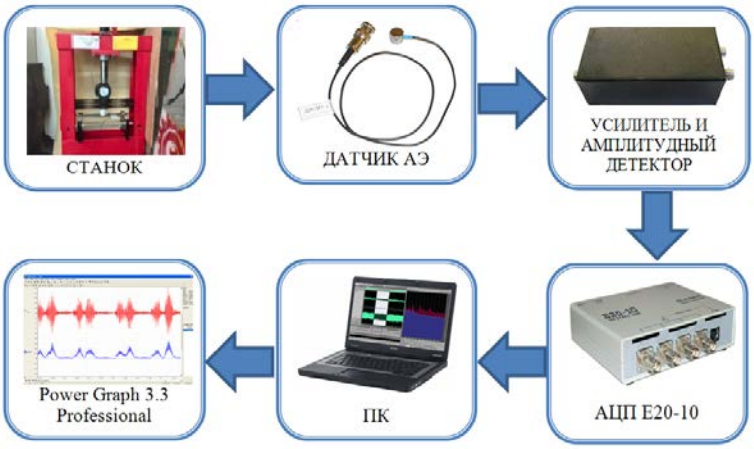


Рис.1. **Основным новым элементом рассматриваемой системы является широкополосный датчик АЭ**

Для исследования использовали новую систему градуировки датчиков АЭ, выполнили стыковку системы градуировки с персональным компьютером, разработали специальное программное обеспечение, позволяющее в полуавтоматическом режиме получать амплитудно-частотную характеристику каждого датчика. Исследовали амплитудно-частотные характеристики датчиков различных конструкций и выбрали оптимальный вариант датчика акустической эмиссии с линейной амплитудно-частотной характеристикой – 200–1200 кГц.

В качестве демпфера использовали оригинальный материал (защищен патентом Украины), состоящий из частиц WC и TiNi, скрепленных эпоксидной смолой с отвердителем. Состав демпфера подобран так, что его акустический импеданс равен импедансу пьезокерамики, а демпфирующие свойства максимальны благодаря использованию мартенситного превращения TiNi с поглощением энергии. За счет этого удалось улучшить демпфирующие свойства демпфера в 1,5–2 раза. В совокупности это позволило значительно уменьшить резонансные пики, исключить паразитные отраженные сигналы с тыльной стороны пластины и от корпуса датчика, уменьшить неравномерность амплитудно-частотной характеристики с 23 до 8,5 дБ.

Искажения формы сигналов АЭ связаны с нелинейностью АЧХ пьезоэлемента датчика АЭ. Уменьшить нелинейность АЧХ можно путем механического демпфирования пьезоэлемента, а именно использования для этого наполнителя с характеристическим импедансом, близким к импедансу пьезоэлемента. Введение карбида вольфрама как наполнителя в состав материала демпфера позволило получить материал с высокими демпфирующими свойствами. Частички карбида вольфрама размером 1–10 мкм, хаотично размещенные в композиционном материале, хорошо поглощали акустические волны в рабочей полосе частот, за счет чего выровнялась АЧХ датчика АЭ. Конструкция широкополосного датчика АЭ позволила уменьшить нелинейность АЧХ на 20% в диапазоне рабочих частот приемоусилительного тракта (0,1–2,0 МГц) по сравнению с традиционными датчиками [3].

В нашем случае при контроле упругих чувствительных элементов, а именно плоских пружин (рессор) элемент нагружается до его рабочего диапазона, который находится в 0,7-0,8 предела текучести материала, и быстро разгружается, при этом считывается сигнал

акустической эмиссии. Полученный сигнал сравнивается с сигналом эталонного изделия и делается вывод, пригоден упругий элемент или отбракован.

Оценка качества упругих элементов производится по таким характеристикам полученного акустосигнала:

1. амплитуда акустосигнала *h*– как его мощность;
2. Угол наклона линии затухання сигнала – α;
3. время генерирования сигнала при разгрузке – t_p.

Был проведен эксперимент и получен сигнал акустической эмиссии при снятии нагрузки с исследуемого упругого элемента. Для наглядности приведем несколько диаграмм образцов из разных материалов. На диаграммах видно как изменяется амплитуда сигнала и угол затухания при наличии дефекта в образце.

На Рис.2. и Рис.3. диаграммы акустосигналы эталонной пластины из стали 65Г и образца с дефектом, соответственно.

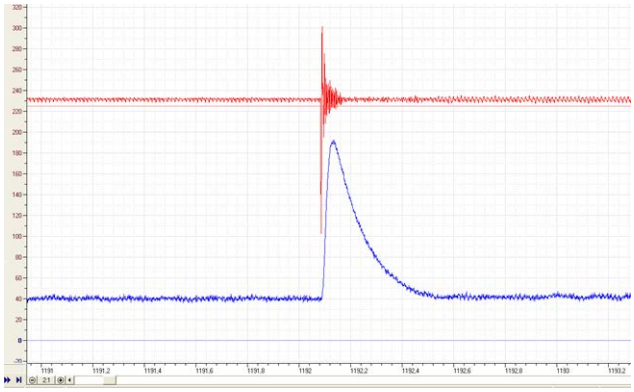


Рис.2.

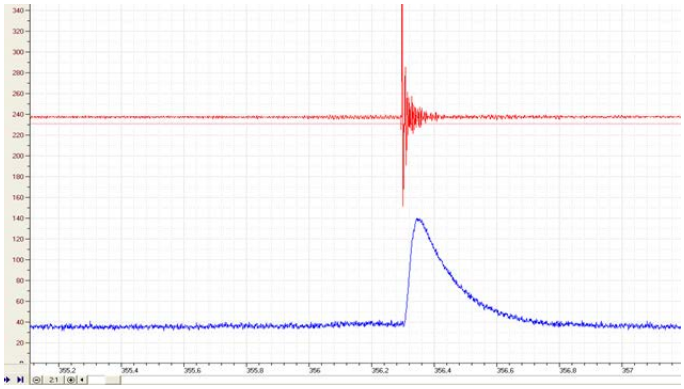


Рис.3.

На Рис.4. и Рис.5. сигналы акустической эмиссии образцов из стали 12х18н9, пригодного и дефектного соответственно.

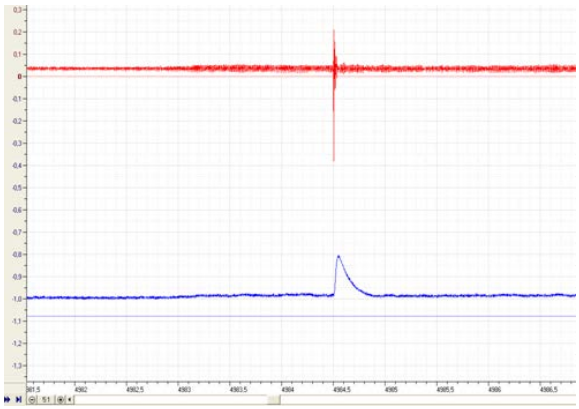


Рис.4.

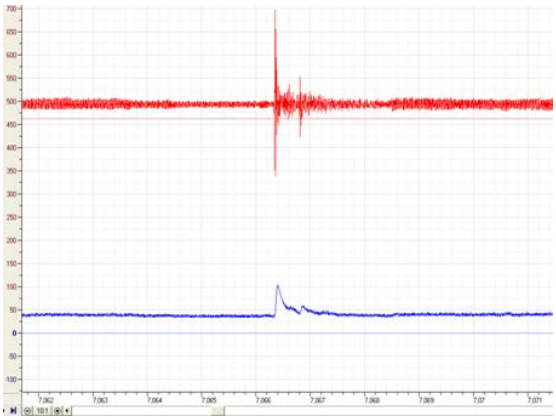


Рис.5.

На (Рис. 2–5) показаны диаграммы распространения сигнала АЭ, зависимость амплитуды сигнала АЭ от времени его распространения в теле образца.

Сравним парметры сигнала для наглядности.

для пластины №1:

- ✓ h_1 = 196 дБ
- ✓ τ_P = 0,29 мс
- ✓ α = 82°

для пластины №2:

- ✓ h_1 = 140 дБ
- ✓ τ_P = 0,35 мс
- ✓ α = 71°

для пластины №3:

- ✓ h_1 = 96 дБ
- ✓ τ_P = 0,21 мс
- ✓ α = 62°

для пластины №4:

- ✓ h_1 = 71 дБ
- ✓ τ_P = 0,32 мс
- ✓ α = 41°

При сравнительном анализе, видим, как изменяются параметры образцов при приложении одинаковой нагрузки, но с наличием и без наличия дефектов.

Выводы. Как вывод можно сказать, что зависимость между акустосигналом упругих чувствительных элементов приборов и их характеристиками существует и она достаточно четкая для построения методики контроля. Также изложенный метод может быть использован для дальнейшего изучения и развития управления качеством изготовления упругих элементов приборов.

Литература

1 Ремшев Е. Ю. Обеспечение эксплуатационной надежности упругих элементов акустическими методами / Е. Ю. Ремшев, Г. А. Данилин, Г. А.Воробьева, М. Ю. Силаев. – Спб.: Металург, 2015. – 250 с.

2 Маричев С. Н. Технология изготовления упругих элементов приборов : учеб. пособие / С. Н. Марычев ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 36 с.

3 Андреева Л. А. Сильфоны. Расчет и проектирование. Под ред. Л. Е. Андреевой. М., «Машиностроение», 1975., 156 с.

4 Лясников А. В., Агеев Н. П., Кузнецов

References

1 Remshev E. Yu. (2015). *Obespechenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti uprugih elementov akusticheskimi metodami* [Ensuring the operational reliability of elastic elements by acoustic methods]. Spb. : Metalurg [in Russian].

2 2. Marichev S. N. (2008). *Tehnologiya izgotovleniya uprugih elementov priborov : ucheb. Posobie* [Technology of manufacturing of elastic elements of devices]. Vladimir : Izd-vo Vladim. gos. un-ta [in Russian].

3 Andreeva L. A. (1975) *Silfonyi. Raschet i proektirovanie* [Bellows. Calculation and design] M: Mashynostroenye [in Russian]

4 Lyasnikov A. V., Ageev N. P., Kuznetsov D. P. i dr. (1995) *Soprotivlenie materialov plasticheskomu*

Д.П. и др. Сопротивление материалов пластическому деформированию в приложениях к процессам обработки металлов давлением. СПб.: Внешторгиздат, 1995. 527 с.

5 Никулин С. А., Ханжин В. Г. Мониторинг материалов, процессов и технологий методом акустической эмиссии // МиТОМ. 1999. № 4. С. 40-48.

6 Семашко Н. А., Рощупкин В. В., Чернов А.И. и др. Оценка структурной эволюции металлических материалов в процессе деформации и разрушения по комплексным параметрам акустической эмиссии // Деформация и разрушение материалов. 2006. № 10. С. 36-40.

7 Кудря А. В., Марков Е. А. Классификация источников акустической эмиссии в тонкой пластине по различиям структуры сигналов // Деформация и разрушение материалов. 2008. № 6. С. 32-38.

8 Куксенко В. С., Нагинаев К. Е., Савельев В. Н., Рустамова М. З. Акустико-эмиссионный метод регистрации трещинообразования в реальных конструкциях // Деформация и разрушение материалов. 2009. № 9. С. 45-48.

deformirovaniyu v prilozheniyah k protsessam obrabotki metallov davlenie [Resistance of materials to plastic deformation in applications to processes of metal forming] SPb.: Vneshtorgizdat [in Russian]

5 Nikulin S. A., Hanzhin V. G. (1999) *Monitoring materialov, protsessov i tehnologiy metodom akusticheskoy emissii* [Monitoring of materials, processes and technologies by acoustic emission method] MiTOM. [in Russian]

6 Semashko N. A., Roschupkin V. V., Chernov A. I. i dr. (2006) *Otsenka strukturnoy evolyutsii metallicheskih materialov v protsesse deformatsii i razrusheniya po kompleksnyim parametram akusticheskoy emissii* [Evaluation of the structural evolution of metallic materials in the process of deformation and destruction by complex parameters of acoustic emission] // Deformatsiya i razrushenie materialov. # 10. [in Russian]

7 Kudrya A. V., Markov E. A. (2008) *Klassifikatsiya istochnikov akusticheskoy emissii v tonkoy plastine po razlichiyam strukturyi signalov* [Classification of sources of acoustic emission in a thin plate by differences in signal structure] Deformatsiya i razrushenie materialov. # 6. [in Russian]

8 8. Kuksenko V. S., Naginaev K. E., Savelev V. N., Rustamova M.Z. (2009) *Akustiko-emissionnyiy metod registratsii treschinoobrazovaniya v realnyih konstruktsiyah* [Acoustics-emission method for detecting crack formation in real structures] Deformatsiya i razrushenie materialov. # 9. [in Russian]

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРУЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИЛАДІВ ПО СИГНАЛУ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ПІД ЧАС РОЗВАНТАЖЕННЯ ЗРАЗКА

САВЧЕНКО С. В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мета. *Знаходження взаємозв'язку між сигналом акустичної емісії в чутливих пружних елементах, у даному випадку пружних пластин (плоских пружин), при знятті з них навантаження, і їх характеристиками, для побудови методики контролю.*

Методика. *Використано метод акустичної емісії в основі якого уловлювання та посилення звукових коливань, випромінюваних дефектами, а також зміщаються дислокаціями при навантаженні конструкції і її розвантаження.*

Результати. *Проведено експеримент і отриманий сигнал акустичної емісії при знятті навантаження з досліджуваного пружного елемента. Встановлено закономірність між основними характеристиками пружних елементів і акустосігналом, який змінюється щодо нагруженню об'єкта. Для наочності наведено кілька діаграм зразків з різних матеріалів.*

Наукова новизна. *Вперше використано п'єзоелектричний датчик нової компонування для дослідження взаємозв'язку параметрів акустичного сигналу і характеристик пружних елементів. Що дозволило отримати більш якісні показання дослідження акустосігнала.*

Практична значимість. *Значимість отриманих результатів досліджень полягає в удосконаленні дефектоскопії із застосуванням акустичних методів і можливості повного контролю пружних чутливих елементів на стадії виробництва, що дозволить скоротити шлюб готових виробів.*

Ключові слова: *пружний елемент; сигнал акустичної емісії; широкосмуговий п'єзоелектричний датчик*

CONTROL OF QUALITY OF THE ELECTRICAL ELEMENTS OF THE ACOUSTIC EMISSION SIGNALING SYSTEMS AT THE TIME OF LOADING OF THE SAMPLE

SAVCHENKO S.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Goal. *Finding the relationship between the acoustic emission signal in sensitive elastic elements, in this case elastic plates (flat springs), when removing the load from them, and their characteristics, for constructing a control technique.*

Methodology. *The method of acoustic emission is based on the capture and amplification of acoustic vibrations emitted by defects, as well as by dislocating dislocations when the structure is loaded and unloaded.*

Results. *An experiment was performed and an acoustic emission signal was obtained when the load from the elastic element under investigation was removed. A regularity is established between the main characteristics of the elastic elements and the acoustic signal, which varies with respect to the loading of the object. For clarity, several diagrams of samples from different materials are given.*

Scientific novelty. *For the first time, a piezoelectric sensor of a new layout was used to investigate the relationship between the parameters of an acoustic signal and the characteristics of elastic elements. This made it possible to obtain more qualitative indications of the study of the acoustic signal.*

Practical significance. *The significance of the obtained research results lies in the improvement of flaw detection with the use of acoustic methods and the possibility of complete control of elastic sensitive elements at the production stage, which will reduce the marriage of finished products.*

Key words: *elastic element; acoustic emission signal; broadband piezoelectric sensor.*

УДК 685.34.01

ЧУПРИНКА В.І., ЗЕЛІНСЬКИЙ Г.Ю., ЧУПРИНКА Н.В.
Київський національний університет технологій та дизайну

АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМ РОЗКРОЮ ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ДЕТАЛІ НИЗУ ВЗУТТЯ

Мета. *Розробити метод автоматизованого проектування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області заданих розмірів.*

Методика. *Використані методи аналітичної геометрії та прикладної математики для проектування та коригування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області.*

Результати. *В роботі був запропонований метод автоматизованого проектування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області заданих розмірів.*

Наукова новизна. *Запропоновано метод автоматизованого проектування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області заданих розмірів, який більш ефективний за існуючі.*

Практична значимість. *Результати теоретичних досліджень були реалізовані в програмний модуль для автоматизованого проектування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області заданих розмірів.*

Ключові слова: *щільне розміщення, структурні компоненти, функція цілі, секція, схема розкрою, план розкрою, програмне забезпечення.*

Вступ. Автоматизоване проектування раціональних розкрійних схем матеріалів дозволить ефективно використовувати матеріали при розкрої, зменшити кількість відходів, що забруднюють навколишнє середовище, знизити собівартість виробів. Тому завдання автоматичного проектування раціональних схем щільного розміщення плоских геометричних об'єктів з різною конфігурацією зовнішніх контурів для прямокутної області Ω заданих розмірів є актуальним завданням.

Постановка завдання. В більшості випадків процес підготовки раціональних схем розкрою листових матеріалів на деталі взуття виконуються вручну. Але розвиток обчислювальної техніки та методів обчислювальної математики дозволяють виконувати ці етапи в автоматичному режимі. Завданням цієї роботи є розробка методу автоматизованого проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів на деталі взуття.

Результати досліджень. Для розв'язання цієї задачі необхідно математична постановка задачі, в якій сформулювати технологічні вимоги та обмеження.

Математична постановка задачі. Дано прямокутні області Ω необмеженої кількості з габаритами Dl_{mat} та H_{mat}. Необхідно щільно розмістити N_j, плоских геометричних об'єктів S_j , де $j=1,2..q$, таким чином, щоб сумарна площа використаних прямокутних областей Ω була б мінімальною. При цьому задовольнялись наступні обмеження:

– кількість різних плоских геометричних об'єктів у схемі розкрою для одної прямокутної області Ω не повинна перевищувати шести;

– плоскі геометричні об'єкти у схемі розкрою повинні не перетинатись та розміщатись на відстані один від одного не менше сталої величини Δ;

– плоскі геометричні об'єкти у схемі розкрою повинні не виходити за межі прямокутної області Ω на величину Δ;

– вимоги до орієнтації плоских геометричних об'єктів відносно матеріалу (плоских геометричних об'єктів на матеріалі розміщуються в основному положенні та повернуті відносно основного положення на 180 градусів; не має обмежень на орієнтацію деталей на матеріалі.);

– кількість плоских геометричних об'єктів кожного виду, що розміщені в прямокутних областях Ω, повинна задовольняти потребі в цих об'єктах.

В такій постановці задача автоматичного проектування не має розв'язків, так як ця задача має нескінченну кількість локальних екстремумів. Тому розглянемо більш просту модель задачі, яка забезпечить ефективний пошук раціональних схем розміщення плоских геометричних об'єктів із врахуванням комплектного виходу. Для цього розіб'ємо цю задачу на три підзадачі: генерування множини допустимих секцій; генерування множини допустимих схем розкрою із комбінації згенерованих секцій; вибір із множини допустимих схем розкрою тих, які забезпечать мінімальну сумарну площу використаних прямокутних областей Ω для побудови схем розміщення плоских геометричних об'єктів S_j ($j=1,2..q$) та задовольняють потребу в цих об'єктах.

Секція Q_{jm}, з плоского геометричного об'єкту S_j – це прямокутна область довжиною Dl_{mat} та висотою $H_{jm}(0<H_{jm}<=H_{mat})$, в якій системно розміщаються плоскі геометричні об'єкти S_j (рис.1.).

За систему розміщення у секції приймемо прямокутну подвійну решітку $\boldsymbol{W: n\mathbf{a}+m\mathbf{b}+k\mathbf{q}}$ в якій вектори $\boldsymbol{a}$ та $\boldsymbol{b}$ паралельні осям координат прямокутної системи координат *XOY*, яка пов'язана із розкладкою та початок координат якої знаходиться у лівому нижньому куті розкладки.

Схема розкрою складається із секцій(рис.1.*б*).. Комбінація секцій в схемі виконується тільки по висоті прямокутної області Ω та із секцій різних деталей. В схемі може бути не більше трьох секцій. (рис.1.*б*).

Тепер можна дати математичні постановки виділених підзадач. Для цього спочатку визначимо поняття подвійної решітки. Множину векторів виду [1-2]:

$$\boldsymbol{r_1}=n\boldsymbol{a}+m\boldsymbol{b} \text{ та } \boldsymbol{r_2}=n\boldsymbol{a}+m\boldsymbol{b}+\boldsymbol{q}, \text{ де } n,m=0, \pm1, \pm2, \pm3,\ldots\pm k\ldots ,$$

де $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$ - лінійно-незалежні вектори, назвемо подвійною решіткою з базисом $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$ і вектором зсуву решітки $\boldsymbol{q}$ та позначимо через $\boldsymbol{W}=\boldsymbol{W}(\boldsymbol{a}, \boldsymbol{b}, \boldsymbol{q})$.

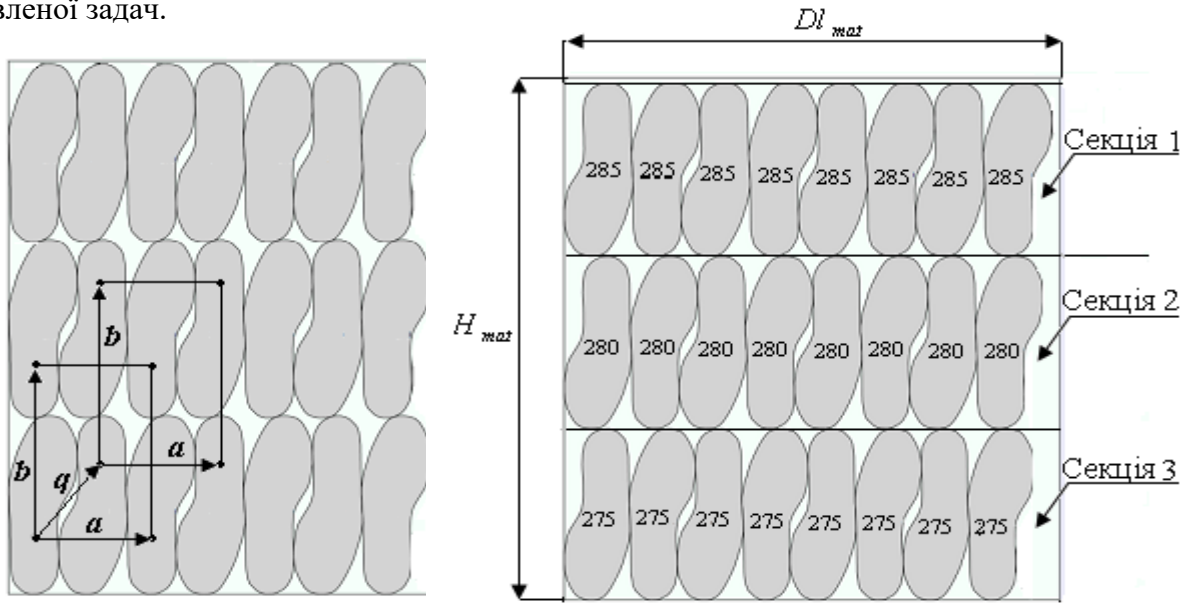
Підзадача «Секція». Для плоского геометричного об'єкту S_j, де $j=1,2,.q$, знайти прямокутну подвійну решітку $\boldsymbol{W^{pj}: n\mathbf{a}^{pj}+m\mathbf{b}^{pj}+k\mathbf{q}^{j}}$ (рис.1.а) з найщільнішою укладкою деталей S_j. На базі цією решітки спроектувати всю допустиму множину секцій Q_{jm}, $m=1,2...m_к$ із висотою $H_{jm}\leq H_{mat}$ та довжиною Dl_{max}, щільність яких $P_{jm}\geq P$, е P - наперед задана щільність.

В математичній моделі цієї задачі можна виділити наступні структурні компоненти.

- Аналітичне описання матеріалу прямокутної форми;
- Аналітичне описання геометрії плоских геометричних об'єктів S^j, де $j=1,2..q$, що розміщуються в прямокутній області Ω.
- Аналітичне представлення положення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області.

- Математичне описання системи розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області.
- Отримання аналітичного виразу для функції цілі.

Нижче детально розглянуто теоретичні основи, на яких розроблено ММ поставленої задач.



а) Секція *б) Схема розкрою*

Рис. 1. **Секція та схема розкрою**

Аналітичне описання матеріалу прямокутної форми. Матеріал прямокутної форми однозначно можна представити системою наступних нерівностей (рис. 1):

$$\Omega: \begin{cases} 0 \le X \le Dl_{mat} \\ 0 \le Y \le H_{mat} \end{cases}$$

Аналітичне представлення інформації про контур деталі S. Контури деталей взуття мають складну конфігурацію і в більшості випадків їх не вдається описати аналітично, тому їх апроксимують більш простими кривими. Найбільше розповсюдження одержала *кусково - лінійна* апроксимація , тобто апроксимація кривими першого порядку (прямими). При цій апроксимації контур деталі представляється многокутником. Кількість вершин апроксимуючого многокутника повинна забезпечувати потрібну точність апроксимації. Тоді деталь S можна представити координатами точок вершин апроксимуючого многокутника, тобто масивом $\{X_i, Y_i\}$, $i=1..n$, де X_i, Y_i - координати i-ї вершини та n-кількість вершин апроксимуючого многокутника.

Таке представлення надає можливість дати аналітичне описання контурів розміщуваних фігур у вигляді систем рівнянь відрізків, з яких складаються ці контури. В параметричній формі запису ця система має вигляд [3].

$$\begin{cases} X(t_i) = X_i + (X_{i+1} - X_i)t_i \\ Y(t_i) = Y_i + (Y_{i+1} - Y_i)t_i \end{cases} \quad i = \overline{1, n} \qquad (1)$$

де $(X_i; Y_i)$ точки на контурі деталі, вибрані при апроксимації, або вершини многокутника, t_i - параметр, $t_i \in [0;1)$.

Досвід свідчить, що для практичних задач достатньо забезпечити точність апроксимації контуру 0.5мм. Іншими словами, максимальне відхилення контуру деталі від ланки апроксимуючої лінії не повинно перевищувати 0.5мм. Виберемо на площині координатну систему XOY.

В подальшому будемо визначати координати вершин апроксимуючого многокутника для плоского геометричного об'єкту відносно фіксованої точки в середині цього об'єкту. Цю точку назвемо полюсом плоского геометричного об'єкту.

Аналітичне представлення положення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області. Для однозначного відображення положення плоского геометричного об'єкту S в прямокутній області Ω необхідно знати координати полюсу $P_{ij}(Xp_{ij}, Yp_{ij})$ плоского геометричного об'єкту S^q (точки, що знаходиться на плоскому геометричному об'єкті S^q та відносно якої задаються координати вершин апроксимуючого многокутника $A_k^q(Xs_k^q, Ys_k^q)$, $k = 1,2..n_q$ для цього плоского геометричного об'єкту) в системі координат XOY, що пов'язана із прямокутною областю Ω, та кут повороту θ_{ij} плоского геометричного об'єкту відносно його вихідного положення (рис. 2).

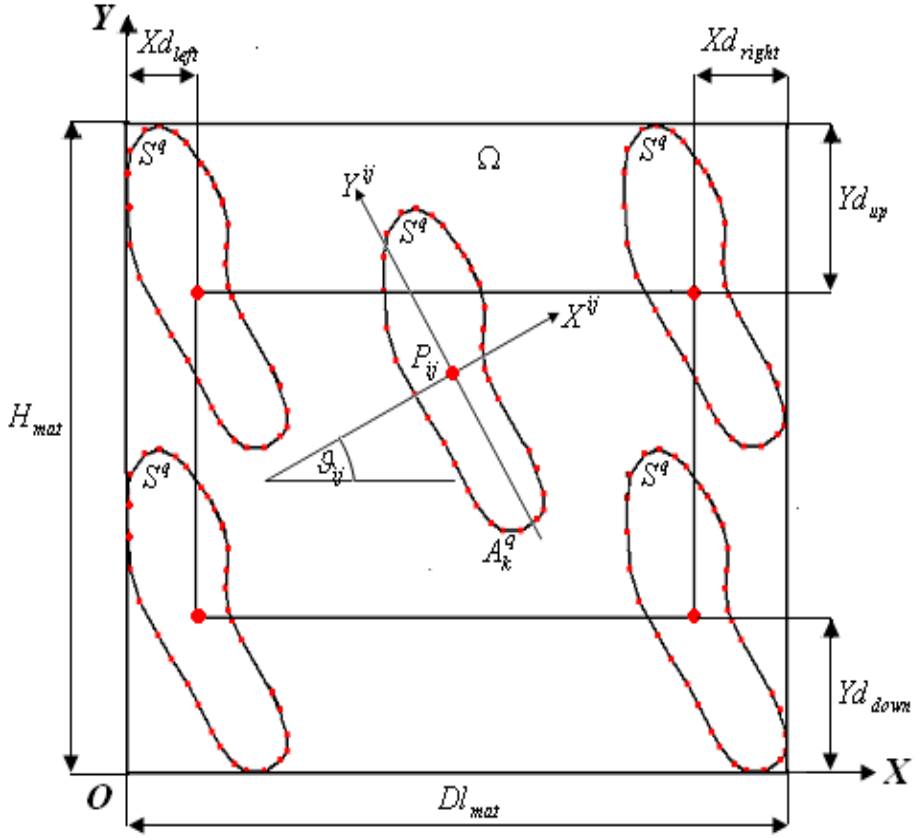


Рис. 2. **Визначення положення плоского геометричного об'єкту в прямокутній області Ω**

Тоді координати будь-якої вершини $A_k^q(Xs_k^q, Ys_k^q)$, $k = 1,2..n_q)$ апроксимуючого многокутника для плоского геометричного об'єкту S^q в системі координат *XOY*, що пов'язана з прямокутною областю Ω(рис. 2), визначатимуться наступним чином[3]:

$$\begin{cases} Xsr_k^q = Xs_k^q \cos\theta_{ij} - Ys_k^q \sin\theta_{ij} + Xp_{ij} \\ Ysr_k^q = Xs_k^q \sin\theta_{ij} + Ys_k^q \cos\theta_{ij} + Yp_{ij} \end{cases}, \text{ де } \begin{matrix} i = 1,2..Kd, \quad j = 1,2..Kr \\ q = 1,2..L \end{matrix}, \qquad (2)$$

де Kd – кількість плоских геометричних об'єктів в одному ряду секції, Kr – кількість рядів у секції, L – кількість різних за конфігурацією плоских геометричних об'єктів, для яких необхідно спроектувати схеми розкрою.

Тобто за допомогою виразів (2) можна однозначно аналітично описати зовнішній контур плоского геометричного об'єкту S^q із заданою точністю ε у щільній укладці на площині.

Математичне описання системи розміщення плоских геометричних об'єктів в прямокутній області. За систему розміщення плоских геометричних об'єктів візьмемо прямокутну подвійну решітку ***W: na +mb +kq***. Для однозначного визначення параметрів подвійної решітки ***W*** необхідно визначити вектори ***a , b, q.***

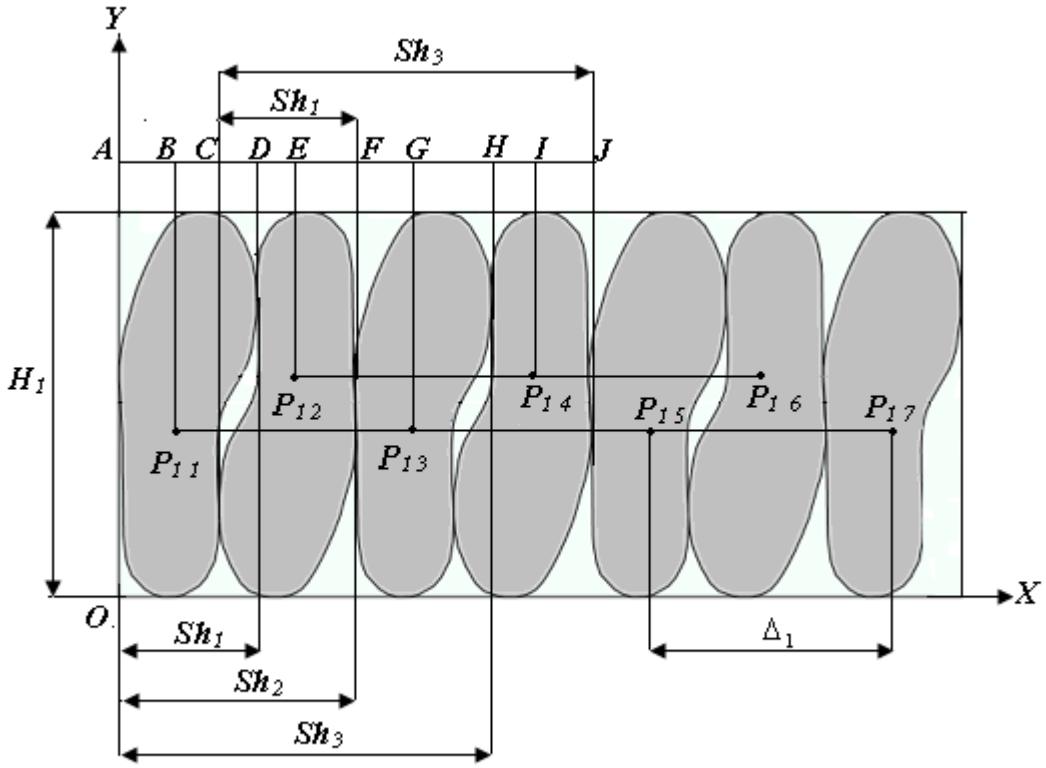


Рис. 3. **Параметри, що визначають щільне розміщення плоских геометричних об'єктів в ряду**

Визначимо ці вектори через наступні параметри (рис. 3-4):

Sh_1 – ширина одного плоского геометричного об'єкту;

Sh_2 – ширина двох щільно суміщених плоских геометричних об'єктів;

Sh_3 – ширина трьох щільно суміщених плоских геометричних об'єктів;

H_1 – висота одного плоского геометричного об'єкту;

H_2 – висота двох щільно суміщених плоских геометричних об'єктів;

$Xp_{1\,1}$, $Yp_{1\,1}$ – координати полюсу $P_{1\,1}$ плоского геометричного об'єкту.

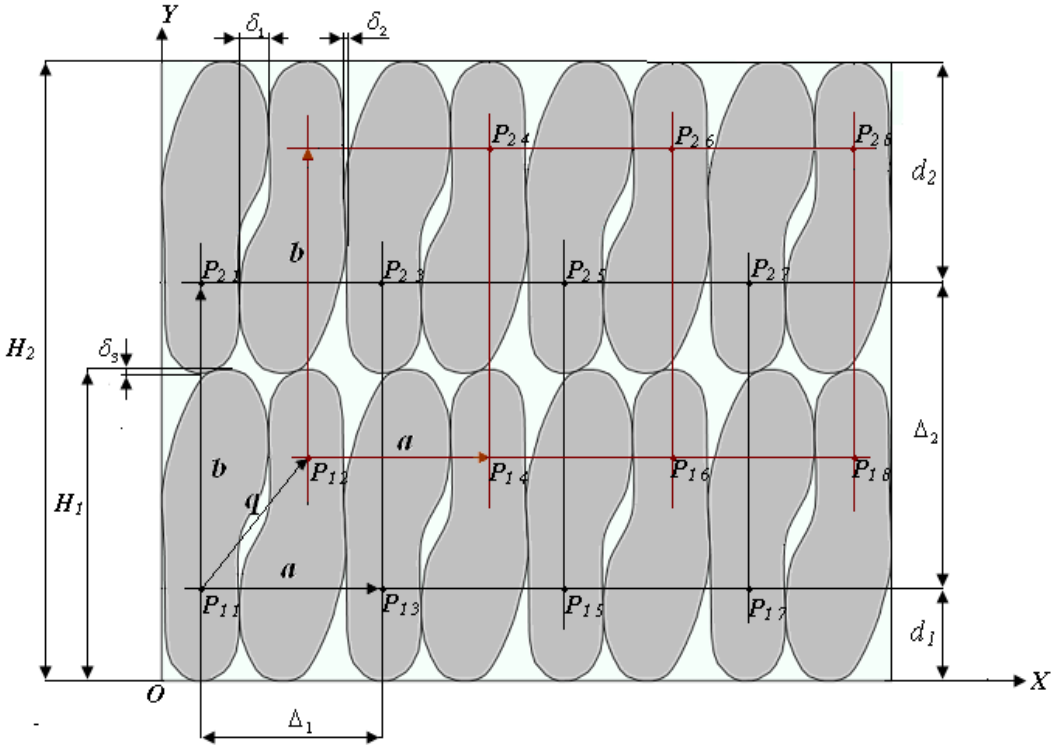


Рис. 4. **Параметри, що визначають щільне розміщення плоских геометричних об'єктів в секції**

Тоді вектори $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$ матимуть наступні координати: $\boldsymbol{a}(\Delta_1,0)$, $\boldsymbol{b}(0,\Delta_2)$.

Визначимо Δ_1 та Δ_2.

Так як $P_{1\,1}P_{1\,3}= P_{1\,3}P_{1\,5}= P_{1\,5}P_{1\,7}= P_{2\,1}P_{2\,3}= P_{2\,2}P_{2\,4}= P_{2\,4}P_{2\,6}=\Delta_1$ (рис. 3), то очевидно, що $\Delta_1=Sh_3-AB-GH=Sh_3-(AB+GH)$. Так як $GH=BC$, а $AB+BC=Sh_1$, то $\Delta_1=Sh_3-Sh_1$. Очевидно, що $\Delta_2=H_2-d_1-d_2=H_2-(d_1+d_2)$(рис. 4). Так як $d_1+d_2=H_1$(рис. 3), то $\Delta_2=H_2-H_1$. Тоді $\boldsymbol{a}\{\Delta_1,0\}=\{ Sh_3-Sh_1, 0\}$, $\boldsymbol{b}\{0,\Delta_2\}=\{0, H_2-H_1\}$.

З рис. 4 очевидно, що $\boldsymbol{q}\{Xp_{1\,2}-Xp_{1\,1}, Yp_{1\,2}-Yp_{1\,1}\}$. Так як плоский геометричний об'єкт з полюсом $P_{1\,2}$ повернутий відносно плоского геометричного об'єкту з полюсом $P_{1\,1}$(рис.2), то $Yp_{1\,2}=H_1- Yp_{1\,1}$. Визначимо $Xp_{1\,2}$. З рис. 3 видно, що $Xp_{1\,2}= Sh_2 - EF$. Так як $EF =AB=Xp_{1\,1}$, то $Xp_{1\,2}= =Sh_2- Xp_{1\,1}$. Тоді вектор $\boldsymbol{q}$ визначається наступним чином:

$$\boldsymbol{q}\{Xp_{1\,2}-Xp_{1\,1}, Yp_{1\,2}-Yp_{1\,1}\}=\{ Sh_2-2Xp_{1\,1}, H_1-Yp_{1\,1}\}.$$

Визначивши вектори $\boldsymbol{a}\{a_x, 0\}$, $\boldsymbol{b}\{0, b_y\}$, $\boldsymbol{q}\{q_x, q_y\}$ та Xp_{11}, Yp_{11} можна виразити координати полюса будь-якого із розміщених в секції плоского геометричного об'єкту через ці величини наступним чином(рис. 4):

$$Xp_{ij}=Xp_{11}+[i/2]\cdot a_x+(j+1-2\cdot[(j+1)/2])\cdot q_x \quad (3)$$

$$Yp_{ij}=Yp_{11}+(i+1)\cdot b_y+(j+1-2\cdot[(j+1)/2])\cdot q_y \quad (4)$$

$$i=1,2..Kd,\ \ j=1,2..Kr$$

де $Kd=[(Dl_{mat}-Dl_1)/a_x]$, $Kr_{max}=[(H_{mat}-H_1)/b_y]$ та $Kr=1,2..\ Kr_{max}$,

Kr_{max} – максимальна можлива кількість рядів у секціях для заданого плоского геометричного об'єкту.

Отримання аналітичного виразу для функції цілі. За функцію цілі візьмемо щільність P_{jm} секції Q_{jm}, – це відношення чистої площі плоских геометричних об'єктів S_j, які розміщені у секції до площі секції, тобто

$$P_{jm}= N_{jm} |S_j| /(Dl_{mat} \cdot H_{jm}),$$

де N_{jm}- кількість плоских геометричних об'єктів S^j , що розміщені у секції Q_{jm};

$|S_j|$ – площа плоского геометричного об'єкта S^j.

Визначимо N_{jm} , H_{jm}. Очевидно, що:

$$N_{jm}=Kd \cdot Kr; \qquad H_{jm}= (Kr-1) \cdot b_y+H_1.$$

Алгоритм генерування секцій. Для кожного із плоских геометричних об'єктів S_i, $i=1,2..Kdet$ генеруємо множину допустимих секцій за наступним алгоритмом:

- визначаємо параметри $Xp_{1\ 1}$,$Yp_{1\ 1}$, Sh_1, Sh_2, Sh_3, H_1, H_2 для плоского геометричного об'єкту S_i;
- визначаємо вектори решітки $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$, $\boldsymbol{q}$ для плоского геометричного об'єкту S_i;
- визначаємо параметри $Xp^{\Delta}_{1\ 1}$,$Yp^{\Delta}_{1\ 1}$, Sh^{Δ}_1, Sh^{Δ}_2, Sh^{Δ}_3, H^{Δ}_1, H^{Δ}_2 для плоского геометричного об'єкту S_i, які забезпечать сталу відстань Δ між плоскими геометричними об'єктами S_i при їх щільному розміщенні;
- визначаємо вектори решітки $\boldsymbol{a}^{\Delta}$, $\boldsymbol{b}^{\Delta}$, $\boldsymbol{q}^{\Delta}$ для плоского геометричного об'єкту S_i, які забезпечать сталу відстань Δ між плоскими геометричними об'єктами S_i при їх щільному розміщенні;
- визначаємо Kd - максимальну можливу кількість плоских геометричних об'єктів S_i в ряду секції;
- визначаємо максимальну можливу кількість рядів Kr_{max} в секції для плоского геометричного об'єкту S_i;
- генеруємо секції для плоского геометричного об'єкту S_j, $j=1,2..k$ з одного ряду, двох рядів і так до Kr_{max} рядів.

Генерування множини допустимих схем розкрою. Схеми розкрою генеруються із комбінації однієї, двох, трьох секцій для різних плоских геометричних об'єктів із множини згенерованих секцій (рис. 5). Схему розкрою будемо вважати допустимою, якщо для неї виконується наступна умова: $P_{sx} \geq P_0$, де P_{sx} - щільність розміщення плоских геометричних об'єктів в схемі розкрою, P_0 – наперед задана допустима щільність розміщення плоских геометричних об'єктів в схемі розкрою.

Щільність розміщення плоских геометричних об'єктів в схемі розкрою визначається наступним чином:

– для схеми, що складається з однієї секції (рис. 5.*а*)

$$P_{sx}=P_{jm} \cdot H_{jm}/H_{mat};$$

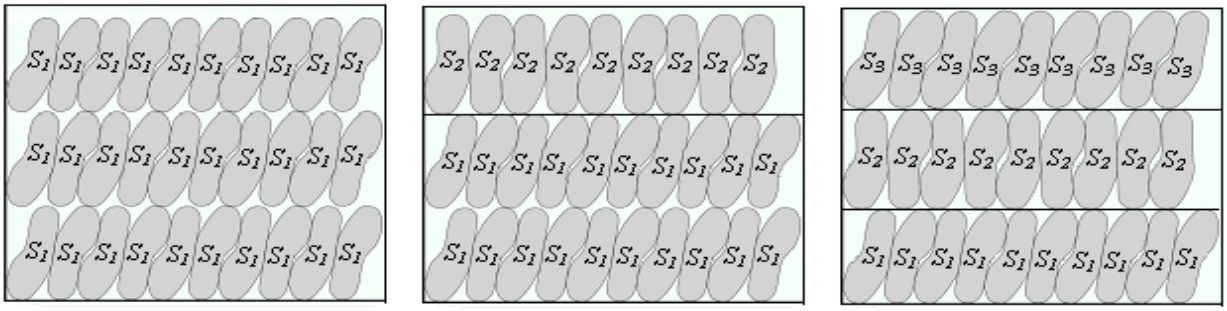
– для схеми, що складається з двох секцій (рис. 5.*б*)

$$P_{sx}=(P_{jm} \cdot H_{jm}+ P_{it} \cdot H_{it})/H_{mat};$$

– для схеми, що складається з трьох секцій (рис.5.*в*)

$$P_{sx}=(P_{jm} \cdot H_{jm}+ P_{it} \cdot H_{it}+ P_{nr} \cdot H_{nr})/H_{mat},$$

де P_{jm} , P_{it} , P_{nr}- відповідно щільність розміщення плоских геометричних об'єктів в j, i, n – их секціях відповідно для плоских геометричних об'єктів S_m , S_t , S_r.



*а) С*хеми, що складається б) Схеми, що складається б) Схеми, що складається

Рис. 5. **Варіанти допустимих схем розкрою**

Алгоритм генерування схем розкрою. Алгоритм генерування схем розкрою складається із трьох основних частин:

- генерування схем розкрою для одного виду плоского геометричного об'єкту S_j, $j=1,2..k$. Це будуть секції для плоских геометричних об'єктів S_j, $j=1,2..k$ з максимально допустимою кількістю рядів;
- генерування схем розкрою із двох секцій з різними видами плоских геометричних об'єктів;
- генерування схем розкрою із трьох секцій з різними видами плоских геометричних об'єктів.

введемо поняття план розкрою.

Під планом розкрою будемо розуміти набір схем розкрою із згенерованих схем розкрою, які забезпечують комплектний вихід в плоских геометричних об'єктів та мінімізують відходи при розкрої матеріалу.

Підзадача «*Комплект*». Із множини допустимих схем розкрою $\hat{S}_{kr}$ вибрати таку підмножину схем $\check{S}^*_{kr}$, комбінація яких утворить план розкрою, в якому буде врахований комплектний вихід плоских геометричних об'єктів та використання матеріалу буде максимальним.

Математична постановка підзадачі «*Комплект*».

Аналітичне представлення вимог комплектного виходу. Аналітичне представлення вимог комплектного виходу має вигляд

$$N_j - \chi \le \sum_{i=1}^{r} A_{ij} \cdot x_i \le N_j, \qquad j=1,2..q,$$

де q – кількість видів плоских геометричних об'єктів S_j, для яких будується план розкрою, N_j – потреба в плоскому геометричному об'єкті S_j, A_{ij} – кількість плоских геометричних об'єктів S_j в i-ій схемі розкрою, X_i – кількість i-их схем розкрою в плані розкрою, χ – допустиме відхилення від комплектного виходу.

Множина допустимих розв'язків задачі. Множиною допустимих розв'язків задачі *„Комплект"* будуть підмножини секцій із множини згенерованих секцій $\hat{S}_i$, для яких

$$N_j - \chi \le \sum_{i=1}^{r} A_{ij} \cdot x_i \le N_j, \qquad j=1,2..q.$$

Функція цілі. Функція цілі для задачі «*Комплект*».має наступний аналітичний вигляд:

$$L=f(X_i, S_j, N_j, Dl_{mat}, H_{mat}) = \sum_{i=1}^{r} X_i \cdot Dl_{mat} \cdot H_{mat} - \sum_{j=1}^{q}\sum_{i=1}^{r} X_{ii} \cdot \left|S_j\right| \cdot A_{ij} \cdot \rightarrow \min ,$$

де Sh_{mat} та H_{mat} – габаритні розміри прямокутної області; $|S_j|$ – площа плоского геометричного об'єкту S_j, $j=1,2..q$ та $i=1,2..r$.

Висновки. Запропонований метод автоматичного проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів на деталі низу взуття дозволив розробити програмне забезпечення для метода автоматизованого проектування схем розкрою, що дозволило підвищити продуктивність праці при підготовці схем розкрою та ефективність використання матеріалів.

Література

1. Chuprynka V.I. Method of construction of lattice pilings of two plane geometric object with different configurations of outer contours/ V.I. Chuprynka, G.Y. Zelinsky, N.V. Chuprynka // The scientific heritage – 2017, – №8, Vol. 1, P. 100-109

2. Чупринка В.І., Чебанюк О.В. Алгоритм автоматичної підготовки вихідної інформації для побудови раціональних схем розкрою / В.І. Чупринка, О.В. Чебанюк // Вісник КНУТД. – 2006. – № 5. – С. 18-22.

3. Ильин В. А. Аналитическая геометрия / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. – М.:Издательство "Наука", Главная редакция физико-математической литературы., 1975, – 243 с.

References

1. Chuprynka V. I. Method of construction of lattice pilings of two plane geometric object with different configurations of outer contours/ V.I. Chuprynka, G.Y. Zelinsky, N.V. Chuprynka // The scientific heritage – 2017, – №8, Vol. 1, P. 100-109

2. Chuprynka, V. I., Chebanyuk, O. V. (2006) Alhorytm avtomatychnoyi pidhotovky vykhidnoyi informatsiyi dlya pobudovy ratsional'nykh skhem rozkroyu [Algorithm of automatic preparation of the initial information for the construction of rational schemes of cutting]. *Visnyk KNUTD – KNUTD Bulletin.*, Vol. 5, 18-22 [in Ukraine]..

3. Yl'ynm, V. A. & Poznyak, E. H. (1975) *Analytycheskaya heometryya*. [Analytic geometry]– M.:Yzdatel'stvo "Nauka", Hlavnaya redaktsyya fyzyko-matematycheskoy lyteratury[in Russian]

АВТОМАТИЗИРОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМ РАСКРОЯ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ДЕТАЛИ НИЗА ОБУВИ

ЧУПРИНКА В. И., ЗЕЛИНСКИЙ Г. Ю., ЧУПРИНКА Н. В.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Разработать метод автоматизированного проектирования рациональных схем плотного размещения плоских геометрических объектов в прямоугольной области заданных размеров.*

Методика. *Использованные методы аналитической геометрии и прикладной математики для проектирования и корректировки рациональных схем плотного размещения плоских геометрических объектов в прямоугольной области.*

Результаты. *В работе был предложен метод автоматизированного проектирования рациональных схем плотного размещения плоских геометрических объектов в прямоугольной области заданных размеров.*

Научная новизна. *Предложен метод автоматизированного проектирования рациональных схем плотного размещения плоских геометрических объектов в прямоугольной области заданных размеров, который более эффективен существующих.*

Практическая значимость. *Результаты теоретических исследований были реализованы в программный модуль для автоматизированного проектирования рациональных схем плотного размещения плоских геометрических объектов в прямоугольной области заданных размеров.*

Ключевые слова: *плотное размещение, структурные компоненты, функция цели, секция, схема раскроя, план раскроя, программное обеспечение.*

AUTOMATIC DESIGNING SCHEMES OF PUNCHING SHEET MATERIALS ON DETAILS OF FOOTWEAR FOOTWEAR

CHUPRYNKA V. I., ZELINSKY G. U., CHUPRYNKA N. V.
Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. *To develop a method for the automatic design of rational schemes for the dense placement of planar geometric objects in a rectangular region of specified dimensions.*

Methodology. *The methods of analytical geometry and applied mathematics used to design and correct rational schemes for the dense placement of planar geometric objects in a rectangular region.*

Findings. *In the paper, a method was proposed for the automatic design of rational schemes for the dense placement of planar geometric objects in a rectangular region of specified dimensions.*

Originality. *A method is proposed for automatic design of rational schemes for the dense placement of planar geometric objects in a rectangular region of specified dimensions that is more efficient than existing ones.*

Practical value. *The results of theoretical studies were implemented in a software module for the automatic design of rational schemes for the dense placement of planar geometric objects in a rectangular region of specified dimensions.*

Key words: *dense placement, structural components, target function, section, cutting layout, cutting plan, software.*

УДК 677.07

КУРГАНСЬКИЙ А. В.*, САКОВЕЦЬ В. В., ГОНЧАРОВ О. С.*, ВАСИЛЕНКО В. М.*, НОВАК Д. С.*, АСТІСТОВА Т. І.*, КУРГАНСЬКА М. М.*, ОПАНАСЕНКО К. В.***

* Київський національний університет технологій та дизайну

** Головне управління розвитку та супроводження матеріального забезпечення ЗСУ

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗИМОВИХ КОМПЛЕКТІВ ОДЯГУ

Мета. *Визначення впливу холоду на параметри підодягового простору зимових комплектів у контрольованих умовах за участю людей.*

Методика. *Порівняльні тестування впливу якісних та кількісних характеристик предметів верхнього шару зимового комплекту обмундирування військовослужбовців Збройних Сил України (норма № 1) за участю людей в умовах холоду.*

Результати. *Проаналізовано вплив предметів верхнього шару зимового комплекту та визначено вплив структури його пакетів матеріалів на стабільність на параметри підодягового простору в умовах холоду.*

Наукова новизна. *Вперше досліджено та встановлено залежності параметрів підодягового простору (температури та відносної вологості) від структури пакетів матеріалів предметів верхнього шару штатних зимових комплектів обмундирування військовослужбовців Збройних Сил України (норма № 1) із застосуванням бездротової сенсорної натільної системи в умовах холоду за участю людей.*

Практична значимість. *Отримано базові показники підодягового простору зимових комплектів для порівняльних тестувань по удосконаленню предметів верхнього захисного шару. Результати досліджень є вагомими для прогнозування максимального часу комфортного стану військовослужбовця та оптимізації кількісного та якісного складу датчиків бездротової сенсорної натільної системи.*

Ключові слова: *комфортність, спеціальний одяг, захист від холоду, температура, відносна вологість.*

Вступ. Значну роль у зниженні несприятливих дій в умовах холоду відіграють раціональні види одягу, взуття та предметів комплектів загалом. Участь людей як суб'єктів у дослідженнях вимагає відповідного їх відбору та урахування вимог до циклу проведення серії досліджень. Дослідження при цьому повинні проводитись у контрольованих лабораторних умовах за участю людей (рівень 3) з метою максимального урахування динамічних характеристик ізоляції предметом верхнього шару комплекту зимового [1].

Ефективним комплектом вважається такий, що не порушує природню терморегуляцію суб'єкту через забезпечення необхідного ступеню повітропроникності кожного шару та предмету вцілому [2].

Сучасний єдиний індивідуальний бойовий комплект військовослужбовця ЗСУ є модульного типу для досягнення максимальної адаптивності окремо взятого військовослужбовця до різних потреб місії та умов навколишнього середовища. На теперішній час є потреба в удосконаленні структури модулів комплектів, уточнення вимоги до пакетів матеріалів окремих модулів [3].

Постановка завдання. Певні види обов'язків військовослужбовців вимагають перебування в умовах, які максимально наближені до статичних, при наявності значного негативного впливу холоду. Для цього у комплекті передбачено застосування кожуху для вартових. На теперішній час кожух для вартових не є продуктом масового виробництва, у

зв'язку зі згортанням виробництва на базових підприємствах у період 2014-2016 років, тому постало питання пошуку альтернативного спеціального одягу для захисту від холоду.

Результати дослідження. За результатами аналізу альтернативними варіантами було обрано куртку волого-вітрозахисну подовжену, прямого силуету з пінним мікропористим покриттям тканини верху з утеплювачем та кожух для вартових з тканини верху та утеплювача-підкладки – штучне хутро (таблиця 1).

Таблиця 1

Характеристика пакетів матеріалів предметів зовнішнього шару комплектів

Код предмету	Назва предмету	Тип тканини	Волокнистий склад, %	Нормативні значення		
				Поверхнева густина, г/м^2	Повітропроникність, дм^3/м^2*с	Гігроскопічність, %
Р1	Кожух для вартових	Основна	65 Бавовна, 35 ПЕ	260	> 20	> 10,0
		Утеплювач-підкладка	Штучне хутро	-	-	-
Р2	Куртка зимова подовжена	Основна	100 ПЕ	260	> 20	> 6,0
		Утеплювач	100 ПЕ	135	> 50	> 6,0
		Підкладкова	100ПЕ	110	-	-

Дослідження проводились у два етапи за затвердженим протоколом (рис. 1) протягом часу порівняльних тестувань (Т, хв) 80 хв., з них: 20 хв. – сидіння при температурі 20±0,5^{o}С та відносній вологості 58±4%; 60 хв. – ходьба до 2 км/год при температурі -18±1^{o}С та відносній вологості 15±10%.

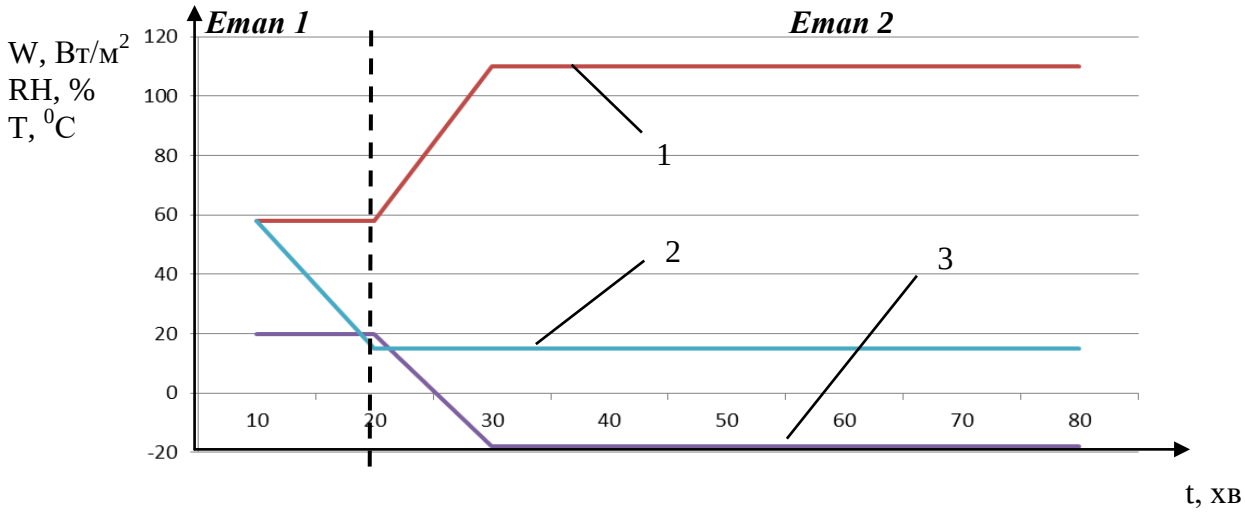


Рис. 1. **Умови проведення порівняльних тестувань: 1 – енерговитрати суб'єкту W, Вт/м^2; 2 – відносна вологість навколишнього середовища RH, %; 2 – температура навколишнього середовища Т, ^{o}С**

До складу дослідного комплекту зимового входять: шапка зимова, штани вітро–вологозахисті зимові (штани утеплені польові), рукавички зимові, шарф-труба зимовий,

білизна для холодної погоди (сорочка зимова та кальсони зимові), шкарпетки зимові (трекінгові), черевики з високими берцями зимові, куртка костюму утеплювача, шолом балістичний. Всі зразки комплекту були відібрані у встановленому прядку.

Для проведення досліджень обрано натільну бездротову систему (WBAN) типу ІБК3.4 та програмне забезпечення WBIM Soft 6.0 [4]. Застосування такої системи дозволяє у режимі реального часу отримувати параметри підодягового простору, температура та відносна вологість. Для досліджень обрано 8 точкову модель розташування датчиків дуального типу (рис. 2). Слід зауважити, що подальше розширення площ вимірювання параметрів підодягового мікроклімату можливе за рахунок більш широкого застосування струмопровідних полімерів у структурі біометричних пакетів матеріалів [5,6].

За протоколом волонтери-випробувачі перебували вдягнені у комплекти протягом 20 хв. з метою стабілізації показників параметрів підодягового простору.

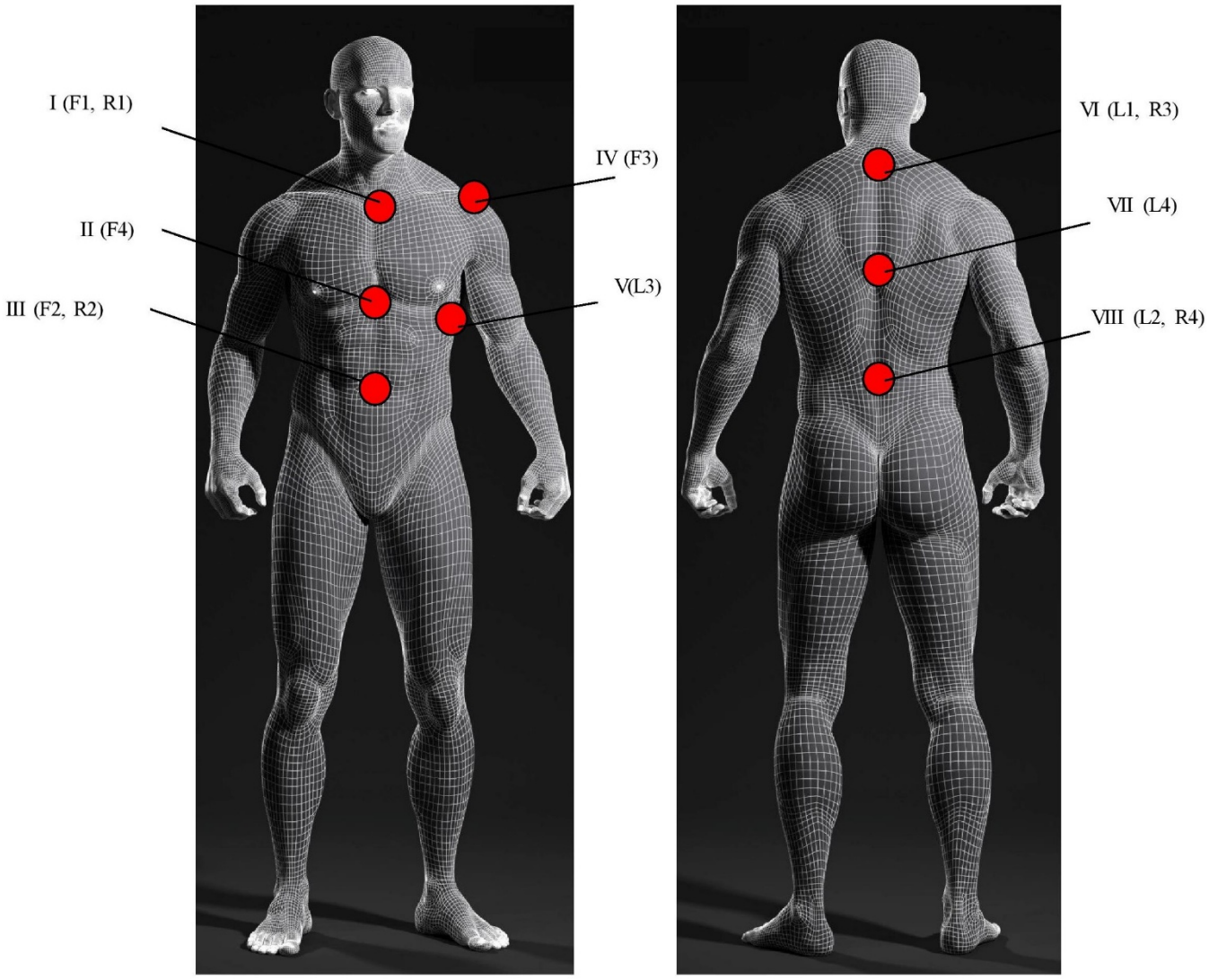
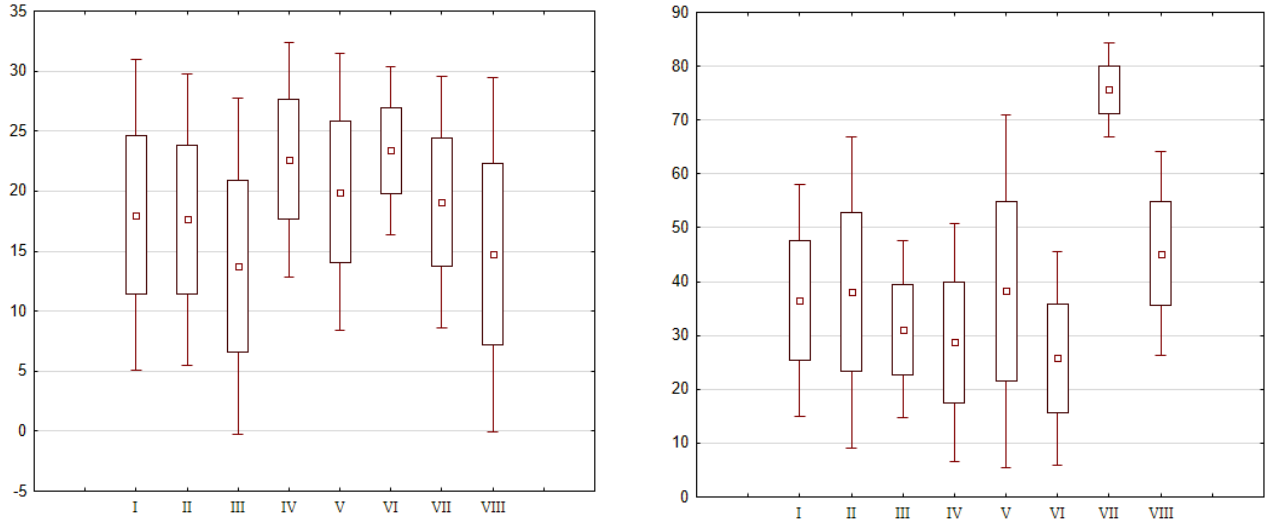


Рис. 2. **Схема розташування розташування датчиків дуального типу модулів ІБК3.4**

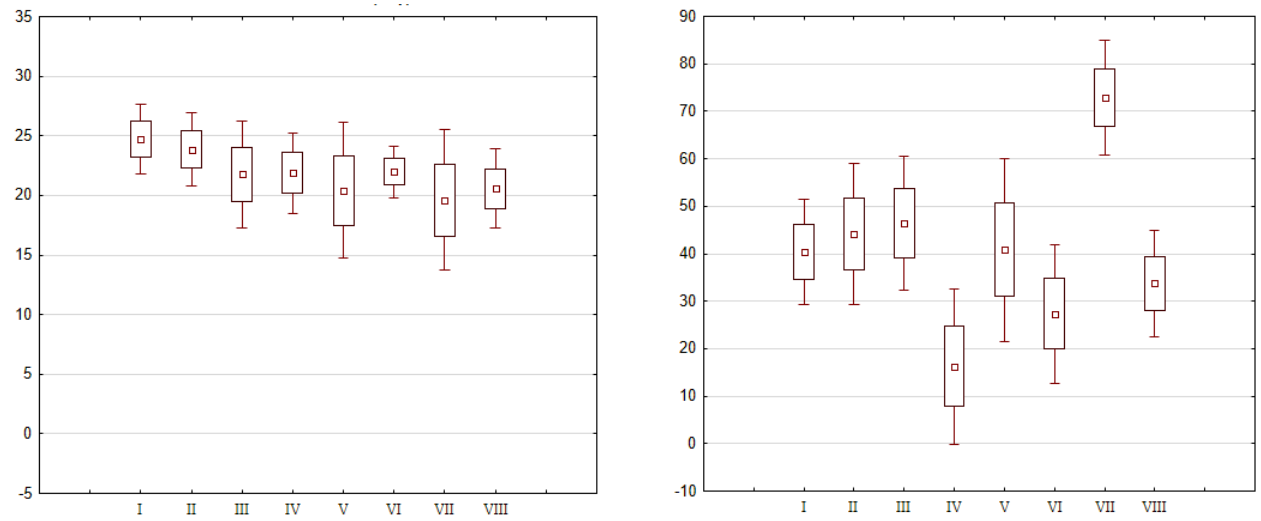
За встановленою методикою, визначальним у порівняльних дослідженнях є друга половина (30 хв.) етапу 2. Для аналізу отриманих результатів випробувань із використанням

програмного забезпечення Statistica 10 [7] було побудовано діаграми середніх значень та середньоквадратичного відхилення показників температури та вологості (рис. 3, рис. 4).



а) б)

Рис. 3. **Порівняння середніх значень та середньоквадратичного відхилення температури (а) та вологості (б) у восьми точках підодягового простору предмету Р1**



а) б)

Рис. 4. **Порівняння середніх значень та середньоквадратичного відхилення температури (а) та вологості (б) у восьми точках підодягового простору предмету Р2**

Аналіз графіків (рис. 3, рис. 4) показує, що середні значення температури у восьми точках підодягового простору знаходяться в межах 14-24 ºС для предмета одягу Р1 та 21-25 ºС для предмета одягу Р2, а середні значення вологості – в межах 25-75 % та 15-73 % відповідно. При цьому, величина середньоквадратичного відхилення як за температурою так і за вологістю для предмету Р2 значно менша у порівнянні з Р1. Отримані результати свідчать про те, що куртка зимова подовжена, на відміну від кожуха для вартових, створює

більш комфортні умови та мінімізує перепади температури та вологості в різних точках підодягового простору.

За результатами аналізу етапу 2 відзначено, що наявність поперекового фіксатора у курточці подовженій, дозволило на 47,94% підвищити температуру на ділянках I, II, III та VII, що повністю знівельовано у конструкції кожуху. Також за рахунок коміра стійки у курточці на ділянці VIII температура на 25% вища ніж у кожуха. Значна подовженість кожуху для вартових та відсутність конструктивного обмеження руху повітря спричиняє зниження температури на нижніх точках вимірювання, що не компенсується теплопродукцією рухів суб'єкту. За рахунок використання тканини верху з пінним мікропористим покриттям (табл.2) поглинання вологи на 11 % менше в пакеті куртки.

Таблиця 2

Результати порівняльних тестувань зразків Р1 та Р2

Код предмету	Кількість отриманих вихідних сигналів з датчиків	Середнє значення вибірки		Мінімальне значення вибірки	
		Температура, ^{0}C	Відносна вологість,%	Температура, ^{0}C	Відносна вологість,%
Р1	19688	14,4	34,1	7,52	11
Р2	12000	17,7	32,5	10,3	12

Висновки. За результатами випробувань встановлено, що куртка зимова подовжена має вище середнє значення утримання тепла на 18,6% та на 4,9% нижчі показники відносної вологості у підодяговому просторі в порівнянні із кожухом для вартових. Мінімальне значення показників температури у кожуха для вартових на 27% нижче, відносна вологість – нижча на 8,3% . Таким чином, у подальших дослідженнях доцільно приділити значну увагу об'єму та масі комплектів зимових, з метою їх оптимізації.

Погляди, думки та результати досліджень належать авторам і не повинні розцінюватись як офіційна позиція чи рішення Міністерства оборони України доки це не буде відзначено у інших офіційних документах.

Література

1. Курганська М. М. Прогнозування динамічних характеристик ізоляції комплектів одягу в умовах низьких температур / М. М. Курганська, В. М. Василенко, А. В. Курганський, В. В. Саковець, А. О. Малій, К. В. Опанасенко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. - 2017. - № 4 (112). - С. 82-88.
2. Potter A. W. et al. Mathematical prediction

References

1. Kurganska, M. M., Vasylenko, V. M., Kurhanskyi, A. V., Sakovets, V. V., Maliy A. O., Opanasenko K. V. (2017). *Prohnozuvannya dynamichnykh kharakterystyk izolyatsiyi komplektiv odyahu v umovakh nyz'kykh temperatur* [Prediction of dynamic characteristics of thermal insulation properties of winter clothing sets]. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical sciences», Vol. 112, No. 4, pp. 82–88 [in Ukrainian].
2. Potter A. W. et al. Mathematical prediction of core

of core body temperature from environment, activity, and clothing: The heat strain decision aid (HSDA) //Journal of Thermal Biology. – 2017. – Т. 64. – С. 78-85.

3. Оленєв В. М., Гончарук А. А., Азаров І. С. Визначення напрямків удосконалення комплексів бойового екіпірування військовослужбовців високомобільних десантних військ, підрозділів військової розвідки та спеціального призначення Збройних Сил України //Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). Технічні науки. – 2016. – №. 1. – С. 47-52.

4. Курганський А. В., Березненко С. М., Курганська М. М. Принцип зонально-диференційованого розташування елементів бездротових сенсорних мереж моніторингу мікроклімату під одягом // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки. – 2016. – №. 5. – С. 118- 125.

5. Graphic modeling of conductive filler spatial distribution in polymer matrix / Novak, D., Budash, Y., Bereznenko, N. // Vlakna a Textil. – 2016. –Vol. 23. – P. 37-42.

6. Новак Д.С. Композиційні матеріали електротехнічного призначення на основі термопластів: монографія / Д.С. Новак, Н.М. Березненко, А.В. Курганський. – М.: Lulu Press, Inc., 2017. – 181 с.

7. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов //СПб.: Питер. – 2003. – Т. 688. – С. 2.

body temperature from environment, activity, and clothing: The heat strain decision aid (HSDA). Journal of Thermal Biology. – 2017. – Т. 64. – С. 78-85. .[in English]

3. Olenev V. M., Goncharuk A. A., Azarov I.S. (2016) Definition of directions for improvement of combat equipment complexes of high-ammunition troops, units of military intelligence and special purpose of the Armed Forces of Ukraine. Collection of scientific works of the Military Academy (Odessa) Technical sciences. no. 1. P. 47-52. [in Ukrainian].

4. Kurhanskyi A.V., Bereznenko S.M., Kurganska M.M. (2016) *Pryntsyp zonalno- dyferentsiiovanoho roztashuvannia elementiv bezdrotovykh sensornykh merezh monitorynhu mikroklimatu pid odiahom* The principle of area-differentiated arrangement of wireless sensor network for microclimate monitoring under clothing space] Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Seriia Tekhnichni nauky – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design «Technical sciences», No. 5, pp. 118–125 [in Ukrainian].

5. Graphic modeling of conductive filler spatial distribution in polymer matrix / Novak, D., Budash, Y., Bereznenko, N. Vlakna a Textil. – 2016. –Vol. 23. – P. 37-42.[in English]

6. Novak D. S., Bereznenko N.M., Kurgan A.V. (2017) Composite materials for electrotechnical purposes on the basis of thermoplastics: monograph. Lulu Press, Inc., 2017. - 181 p.

7. Borovikov V. (2003) STATISTICA: the art of data analysis on a computer. For Professionals. SPb .: Peter. Vol. 688. - P. 2. [in Ukrainian].

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗИМНИХ КОМПЛЕКТОВ ОДЕЖДЫ

КУРГАНСКИЙ А. В.*, САКОВЕЦ В. В.**, ГОНЧАРОВ А. С. *, ВАСИЛЕНКО В. Н.*, НОВАК Д. С.*, АСТИСТОВА Т. И., КУРГАНСКАЯ М. М.*, ОПАНАСЕНКО К. В.*

**Киевский национальный университет технологий и дизайна*

*** Главное управление развития и сопровождения материального обеспечения ВСУ*

Цель. *Определение влияния холода на параметры микроклимата одежды зимних комплектов для военнослужащих в контролируемых условиях с участием людей.*

Методика. *Сравнительное тестирование влияния качественных и количественных характеристик верхнего слоя зимнего комплекта для военнослужащих Вооруженных Сил Украины (норма № 1) с участием людей.*

Результаты. *Проанализировано влияние предметов верхнего слоя зимнего комплекта боевого на параметры микроклимата одежды в условиях холода.*

Научная новизна. *Впервые исследованы и установлены зависимости параметров пододежного пространства (температуры и относительной влажности) от структуры пакетов материалов предметов верхнего слоя штатных зимних комплектов обмундирования*

военнослужащих Вооруженных Сил Украины (норма № 1) с применением беспроводной сенсорной нательного системы в условиях холода с участием людей.

Практическая значимость. *Получены основные показатели микроклимата зимнего комплекта для сравнительных испытаний по улучшению предметов верхнего защитного слоя. Результаты исследования важны для прогнозирования максимального времени комфортного состояния военнослужащего и оптимизации количественного состава датчиков в беспроводной сенсорной системе.*

Ключевые слова*: смарт одежда, специальная одежда, комфортность, беспроводные сенсорные сети, мониторинг микроклимата.*

THE EFFECTS OF COLD WEATHER CLOTHING SYSTEMS ON MICROCLIMATE

KURGANSKIY A. V. *, SAKSOVETS V. V. **, GONCHAROV O. S. *, VASILENKO V. M.*, NOVAK D. S.*, ASTISTOVA T. I., KURGANSKA M. M.*, OPANASENKO K. V.*

** Kiev National University of Technologies and Design*

*** General Directorate of Logistics Development and Maintenance, Armed Forces of Ukraine*

Purpose. *Determination of the influence of cold on the parameters of the inner-clothing space of warfighter winter kits in controlled conditions with the participation of people.*

Methodology*. Comparative testing of the influence of qualitative and quantitative characteristics of the upper layer of the warfighter winter kit of the Ukrainian Armed Forces (norm number 1) with the participation of people.*

Findings. *The influence of the pieces of the upper layer of the warfighter winter kit on the parameters of the inner-clothing space in the conditions of the cold is analyzed.*

Scientific novelty. *For the first time, the dependence of the parameters of the inner-clothing space (temperature and relative humidity) on the structure of the material packages of the pieces of the upper layer of standard winter warfighter winter kits of the Armed Forces of Ukraine (norm number 1) with the use of a wireless body area network in cold with the participation of people was investigated and established.*

Practical value. *Basic indices of the winter space kit inner space for the comparative tests on the improvement of the pieces of the upper protective layer are obtained. The results of the research are important for predicting the maximum time of a warfighter comfortable state and optimizing the quantitative composition of sensors in the WBAN.*

Keywords: *comfort, special clothes, protection from cold, temperature, relative humidity, membrane.*

УДК 677.027.625.121

САРІБЄКОВА Д. Г., КУНИК О. М., СЕРВЕТНИК Р. С., САРІБЕКОВ Г. С.
Херсонський національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ ПОХІДНИХ ПОЛІАМІНІВ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ОЛЕОФОБНОГО ПОКРИТТЯ

Мета. *У статті досліджено вплив похідних поліамінів ВПК-402 та Поліамін ПК-2 на якість олеофобного покриття бавовняної тканини, обробленої фторвмісним препаратом Aquaphob Softech.*

Методика. *Визначення олеофобних, гідрофобних, повітропроникних властивостей та стійкості бавовняної тканини до дії кислот та хімічної чистки здійснювали згідно чинним ДСТУ.*

Результати. *Встановлено, що використання катіонного полімеру ВПК-402 підвищує стійкість отриманого захисного апрету до 3 – 4 циклів мильно-содових обробок; значно підвищує стійкість олеофобного ефекту до дії органічних розчинників.*

Наукова новизна. *Вперше запропоновано застосування похідних поліамінів ВПК-402 та Поліамін ПК-2 у якості препаратів-фіксаторів олеофобного апрету на поверхні бавовняних тканин.*

Практична значимість. *Запропонований апретуючий склад може використовуватися у текстильній промисловості для покращення якості олеофобного покриття бавовняних текстильних матеріалів.*

Ключові слова: *похідні поліамінів, олеофобність, бавовняна тканина.*

Вступ. Надання текстильним матеріалам гідро- та олеофобних властивостей обумовлено утворенням на зовнішній поверхні окремих волокон нової поверхні, що володіє водо- та оливовідштовхувальними властивостями. При цьому система макропор (міжволоконний простір) має залишатися непорушеною [1].

Найбільше практичне застосування в якості гідрофобізаторів знаходять такі препарати:

- емульсії парафіну і воску з солями алюмінію або цирконію;
- четвертинні амонієві сполуки, похідні вищих жирних кислот;
- комплексні сполуки хрому з вищими жирними кислотами;
- похідні меламіну або етиленсечовини, що містять залишки вищих жирних кислот;
- кремнійорганічні гідрофобізатори;
- полімери на основі фторованих вуглеводнів [2].

Слід зазначити, що олеофобності текстильним матеріалам надають тільки препарати останнього типу, тобто ті, що містять залишки фторованих вуглеводнів [3].

Постановка завдання. Основною проблемою при наданні гідро- та олеофобних властивостей бавовняним текстильним матеріалам є нестійкість наданого ефекту до мильно-содових обробок (МСО) [4]. Недостатня стійкість захисного апрету на бавовняному текстильному матеріалі обумовлена схильністю захисної плівки і текстильного матеріалу до набухання під час прання або хімчистки. Різна ступінь набухання плівки і волокна викликає відрив полімерної плівки від поверхні волокон, тобто відбувається адгезійне відшаровування [5].

Для підвищення стійкості зв’язку захисної плівки з текстильним матеріалом в роботі запропоновано використання катіоноактивних полімерів, що є похідними поліамінів.

Результати дослідження. У даній роботі гладкофарбовану бавовняну тканину арт. 0-104, виробництво ТОВ «ВО ТК-Донбас», м. Донецьк (табл. 1), просочували розчинами

катіонних полімерів (ВПК-402, Поліамін ПК-2) концентрацією 5 – 20 г/л, віджимали до 90%-го приросту ваги, потім проводили просочення фторвмісним препаратом Aquaphob Softech (виробництво MKS Devo, Туреччина) концентрацією 10 – 100 г/л. Просочену тканину сушили при температурі 120°С протягом 5 хв [6].

Таблиця 1.

Технічні характеристики досліджуваної тканини

Показники	ООО «ПО ТК-Донбас» арт. 0-104
Ширина тканини з кромками, см	90
Поверхнева щільність тканини (маса), г/м^2	285
Щільність, кількість ниток на 10 см: основа уток	 412 176
Розривне навантаження стрічки тканини розміром 50 х 100 мм, Н, не менше: основа уток	 637 392
Вміст волокна, %	100 – бавовна
Переплетіння	саржа 2/2
Водопоглинення, %	71

Олеофобні властивості визначали згідно ДСТУ ISO 14419:2005 «Матеріали текстильні. Оливовідштовхувальність. Метод визначення стійкості до вуглеводнів», а також паралельно методом 3М.

Гідрофобні властивості визначали згідно ДСТУ ISO 9865-2001 «Матеріали текстильні. Визначення водонепроникності тканин шляхом випробування дощуванням за методом Бундесманна».

Стійкість апрету до прання визначали згідно ГОСТ 9733.4-83 «Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к стиркам».

Визначення повітропроникності здійснювали згідно ГОСТ 12088-77 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости».

Визначення стійкості обробки до дії хімічної чистки здійснювали згідно ГОСТ 9733.13-83 «Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к органическим растворителям».

Кислотопроникність бавовняного текстильного матеріалу визначали відповідно ГОСТ 9733.11-83 «Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к каплям кислот».

Для визначення оптимальної концентрації вторвмісного препарату бавовняну тканину просочували препаратом Aquaphob Softech концентрацією від 10 до 100 г/л (табл. 2).

Таблиця 2.

Вплив концентрації фторвмісного препарату на стійкість олеофобного апрету до МСО

№	Склад апрету	Концентрація, г/л	Олеофобні властивості до прання, умовні одиниці (бали)	Олеофобні властивості після прання, умовні одиниці (бали)		
				цикл МСО		
				1	2	3
1	Aquaphob Softech	10	50С (1С)	–	–	–
2		20	80В (4А)	50В (1В)	–	–
3		30	80А (4А)	60В (2А)	–	–
4		40	90В (5В)	70В (3В)	–	–
5		50	90В (5В)	80В (4В)	70А (4В)	–
6		60	90В (5В)	70В (3В)	50В (1А)	–
7		70	90В (5В)	70В (3В)	50В (1В)	–
8		100	80В (5В)	70В (3В)	60В (2В)	–

Згідно з даними, приведеними в табл. 2, найбільш високий ефект олеофобності досягається при концентрації препарату 50 г/л – 90 умовних одиниць і 5 балів до прання, та 80 умовних одиниць і 4 бали після 1 циклу прання при t = 60°С. Після другого циклу МСО олеофобні властивості знижуються до 70 умовних одиниць.

Вплив попередньої обробки бавовняної тканини розчинами катіонних полімерів ВПК-402 та Поліамін ПК-2 на стійкість олеофобного апрету до МСО приведено в табл. 3, 4.

Таблиця 3.

Вплив концентрації препарату ВПК-402 на стійкість олеофобного апрету до МСО

№	Просочення	Склад апрету	Концентрація, г/л	Олеофобні властивості до прання, умовні одиниці (бали)	Олеофобні властивості після прання, умовні одиниці (бали)			
					Цикл МСО			
					1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	ВПК-402	3	80В (4А)	60В (4В)	60В (2В)	–	–
	2	Aquaphob Softech	40					
2	1	ВПК-402	3	80В (4А)	80В (5В)	60В (3В)	–	–
	2	Aquaphob Softech	50					
3	1	ВПК-402	5	60В (4В)	50В (1В)	–	–	–
	2	Aquaphob Softech	40					
4	1	ВПК-402	5	70В (4В)	70В (4В)	60В (2В)	–	–
	2	Aquaphob Softech	50					
5	1	ВПК-402	7	50В (2В)	–	–	–	–
	2	Aquaphob Softech	20					
6	1	ВПК-402	7	60В (4В)	–	–	–	–
	2	Aquaphob Softech	30					
7	1	ВПК-402	7	70В (4В)	70В (4В)	70В (6В)	60В (5В)	50В (2В)
	2	Aquaphob Softech	40					
8	1	ВПК-402	7	90В (6А)	90В (6В)	90В (6В)	70В (5В)	60В (3В)
	2	Aquaphob Softech	50					
9	1	ВПК-402	10	70А (4В)	50В (1В)	–	–	–
	2	Aquaphob Softech	40					
10	1	ВПК-402	10	70А (4В)	50В (2В)	–	–	–
	2	Aquaphob Softech	50					
11	1	ВПК-402	15	70В (4А)	50В (1В)	–	–	–
	2	Aquaphob Softech	40					

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	1	ВПК-402	15	70В (5В)	60В (3В)	–	–	–
	2	Aquaphob Softech	50					
13	1	ВПК-402	20	70А (4А)	50В (1В)	–	–	–
	2	Aquaphob Softech	40					
14	1	ВПК-402	20	70А (4А)	50В (2В)	–	–	–
	2	Aquaphob Softech	50					

Таблиця 4.

Вплив концентрації препарату Поліамін ПК-2 на стійкість олеофобного апрету до МСО

№	Просочення	Склад апрету	Концентрація, г/л	Олеофобні властивості до прання, умовні одиниці (бали)	Олеофобні властивості після одного циклу прання, умовні одиниці (бали)
1	2	3	4	5	6
1	1	Поліамін ПК-2	5	50В (2В)	–
	2	Aquaphob Softech	20		
2	1	Поліамін ПК-2	5	60А (4А)	–
	2	Aquaphob Softech	30		
3	1	Поліамін ПК-2	5	80В (4А)	50А (2А)
	2	Aquaphob Softech	40		
4	1	Поліамін ПК-2	5	80А (5В)	50А (3В)
	2	Aquaphob Softech	50		
5	1	Поліамін ПК-2	7	70В (4В)	50В (2В)
	2	Aquaphob Softech	50		
6	1	Поліамін ПК-2	10	60А (3А)	50В (1А)
	2	Aquaphob Softech	50		
7	1	Поліамін ПК-2	20	60А (3В)	50В (1В)
	2	Aquaphob Softech	40		
8	1	Поліамін ПК-2	20	70В (3А)	50В (1В)
	2	Aquaphob Softech	50		

Аналіз даних, представлених в табл. 3, 4, показує, що найбільш ефективним катіонним полімером, що дозволяє підвищити стійкість олеофобного ефекту до МСО, є препарат ВПК-402 концентрацією 7 г/л у комбінації з препаратом-олеофобізатором концентрацією 50 г/л (90 умовних одиниць за методом ЗМ і 6 балів за ДСТУ).

Застосування препарату Поліамін ПК-2 знижує стійкість олеофобного ефекту до МСО на 20 – 30 умовних одиниць (2 – 3 бали), що, на нашу думку, обумовлено хімічною будовою досліджуваних катіонних препаратів. Тому подальші дослідження проводились лише з препаратом ВПК-402.

Вплив препарату ВПК-402 на водовідштовхуючі властивості бавовняного текстильного матеріалу представлено в табл. 5.

Таблиця 5.

Оцінка водовідштовхуючих властивостей

№	Просо-чення	Склад апрету	Концент-рація, г/л	Водовідштовхувальні властивості до прання, умовні одиниці	Водовідштовхувальні властивості після прання, умовні одиниці			
					цикл МСО			
					1	2	3	4
1	1	ВПК-402	7	90	70	70	60	50
	2	Aquaphob Softech	50					
2	1	Aquaphob Softech	50	100	80	80	70	60
3	1	Aquaphob Softech	100	100	80	80	70	60

Згідно з даними, приведеними в табл. 5, при використанні препарату Aquaphob Softech у поєднанні з полімером ВПК-402 досягається водотривкість бавовняної тканини у 90 умовних одиниць. Максимальне водовідштовхування у 100 умовних одиниць має склад, що містить фторвмісний препарат Aquaphob Softech концентрацією 50 та 100 г/л.

Таким чином, введення додаткового просочення тканини катіонним полімером негативно позначається на якості водовідштовхувальної обробки.

Вплив препарату ВПК-402 на кислотопроникність бавовняного текстильного матеріалу представлено в табл. 6.

Таблиця 6.

Оцінка кислотозахисних властивостей

№	Просочення	Склад апрету	Концентрація, г/л	Стійкість кислотозахисної обробки, кількість МСО
1	1	Aquaphob Softech	50	2
2	1	Aquaphob Softech	100	3
3	1	ВПК-402	7	1
	2	Aquaphob Softech	50	

Аналіз отриманих даних (табл. 6) свідчить, що попередня обробка бавовняної тканини препаратом ВПК-402 знижує стійкість кислотозахисної обробки до 1 циклу МСО. Слід відмітити, що при збільшенні концентрації вторвмісного препарату Aquaphob Softech до 100 г/л кислотозахисні властивості бавовняного текстильного матеріалу витримують 3 цикли МСО.

Вплив препарату КП.2 на стійкість отриманого олеофобного ефекту до дії органічних розчинників представлено у табл. 7.

Таблиця 7.

Стійкість олеофобного ефекту до дії органічних розчинників

№	Склад апрету	Олеофобні властивості до обробки, умовні одиниці (бали)	Олеофобні властивості після обробки, умовні одиниці (бали)
1	Aquaphob Softech – 50 г/л	90В (5В)	70В (4В)
2	КП.2 – 7 г/л; Aquaphob Softech – 50 г/л	90В (6А)	90В (5А)

Згідно з даними, наведеними в табл. 7, стійкість олеофобного ефекту до дії органічних розчинників із застосуванням попередньої обробки бавовняної тканини препаратом ВПК-402 концентрацією 7 г/л значно підвищується.

Вплив складу олеофобних апретів на повітропроникність бавовняної тканини наведено у табл. 8.

Таблиця 8.

Оцінка повітропроникних властивостей

№	Просочення	Склад апрету	Концентрація, г/л	Повітропроникність, $дм^3/м^2 \cdot с$
2	1	Aquaphob Softech	50	266,67
3	1	Aquaphob Softech	100	270,83
5	1	ВПК-402	7	187,50
	2	Aquaphob Softech	50	
6	–	Тканина без апрету	–	111,11

Проаналізувавши дані, приведені в табл. 8, можна зробити висновок, що повітропроникність тканини після апретування збільшується у порівняні з неапретованою тканиною. Отримані результати можна пояснити зменшенням рихлості пор за рахунок обгортання кожного волоконця апретуючим складом. Слід відмітити, що при застосуванні попередньої обробки тканини препаратом ВПК-402 повітропроникність бавовняної тканини складає 187,50 $дм^3/м^2 \cdot с$ на відміну від повітропроникності тканини, обробленої лише олеофобізатором Aquaphob Softech концентрацією 50 г/л, – 266,67 $дм^3/м^2 \cdot с$.

Висновки:

1. Здійснено вибір технологічного режиму процесу олеофобізації бавовняної тканини, визначено оптимальні концентрації фторвмісного препарату Aquaphob Softech і катіонних полімерів.

2. Встановлено, що отриманий захисний ефект з використанням катіонного полімеру ВПК-402 концентрацією 7 г/л стійкий до 4 циклів мильно-содових обробок при t = 60°С (без попередньої обробки катіонним препаратом – 1 цикл). Стійкість отриманого олеофобного ефекту до дії органічних розчинників зростає до 5 балів за ДСТУ ISO 14419:2005 і 90 умовних одиниць за методом ЗМ.

3. Визначено, що запропонований апретуючий склад негативно впливає на кислотозахисні та водовідштовхуючі властивості бавовняної тканини, повітропроникність залишається у нормі (187,50 $дм^3/м^2 \cdot с$).

Подальші дослідження будуть спрямовані на розширення асортименту досліджуваних фторорганічних препаратів в композиції з катіонними полімерами для поліпшення олеофобних властивостей і підвищення їх стійкості до МСО.

Література

1. Глубиш П.А. Маслоотталкивающая отделка текстильных материалов: Монография. – М.: ЦНИИ и ТЭИЛП, 1974. – 23 с.
2. Сарібєкова Д. Г. Фізико-хімічне обґрунтування технології надання текстильним матеріалам кислотозахисних властивостей та розробка композицій для їх одержання: дис. … доктора тех. наук: 05.19.03 / Сарібєкова Діана Георгіївна. – Херсон, 2007. – 468 с.
3. Мельников Б. Н. Роль текстильных вспомогательных веществ. Прогресс текстильной химии и технологии / Б.Н. Мельников // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2002. – т. XLVI, №1. – С. 9 – 19.
4. Глубіш П. А. Хімічна технологія текстильних матеріалів (Завершальне оброблення): навчальний посібник / П.А. Глубіш. – К.: Арістей, 2006. – 304 с.
5. Мельников Б. Н. Современные способы заключительной отделки тканей из целлюлозных волокон / Б.Н. Мельников, Т.Д. Захарова. – М.: Легкая индустрия, 1975. – 208 с.
6. Сарибекова Д. Г. Применение катионоактивных полимеров для улучшения качества олеофобной отделки ткани / Д.Г. Сарибекова, Л.В. Салеба, А.Н. Кулиш, Н.В. Томашевская, Г.С. Сарибеков // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2013. – №3. – С. 3 – 7.

References

1. Glubish, P.A. (1974). Masloottalkivayushchaya otdelka tekstil'nykh materialov [Oil repellent finish of textile materials]. Moscow [in Russian].
2. Saribyekova, D. H. (2007). *Fizyko-khimichne obgruntuvannya tekhnolohiyi nadannya tekstyl'nym materialam kyslotozakhysnykh vlastyvostey ta rozrobka kompozytsiy dlya yikh oderzhannya* [Physicochemical substantiation of the technology of providing textile materials with acid protection properties and the development of compositions for their obtaining]. Doctor's thesis. Kherson [in Russian].
3. Mel'nikov, B. N. (2002). *Rol' tekstil'nykh vspomogatel'nykh veshchestv. Progress tekstil'noy khimii i tekhnologii* [The role of textile auxiliaries. Progress of Textile Chemistry and Technology] Ros. khim. zh. (Zh. Ros. khim. ob-va im. D.I. Mendeleeva). – Rus. chem. j. (Journal of Russian Chemical Society named after D.Mendeleev), XLVI, 1, 9 – 19 [in Russian].
4. Hlubish, P. A. (2006). Khimichna tekhnolohiia tekstylnykh materialiv (Zavershalne obroblennia) [Chemical Technology of Textile Materials (Finishing)]. Kyiv [in Ukrainian].
5. Mel'nikov, B. N. & Zakharova, T. D. (1975). Sovremennye sposoby zaklyuchitel'noy otdelki tkaney iz tsellyuloznykh volokon [Modern ways of final finishing fabrics from cellulose fibers]. Moscow [in Russian].
6. Saribekova, D. G., Saleba, L. V., Kulish, A. N., Tomashevskaya, N. V., Saribekov, G. S. (2013). Primenenie kationoaktivnykh polimerov dlya uluchsheniya kachestva oleofobnoy otdelki tkani [The use of cationic polymers to improve the quality of oleophobic fabric finishing]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna. – Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design, 3, 3 – 7 [in Russian].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ПОЛИАМИНОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОЛЕОФОБНОГО ПОКРЫТИЯ

САРИБЕКОВА Д. Г., КУНИК А. Н., СЕРВЕТНИК Р. С., САРИБЕКОВ Г. С.
Херсонский национальный технический университет

Цель. *В статье исследовано влияние производных полиаминов ВПК-402 и Полиамин ПК-2 на качество олеофобного покрытия хлопчатобумажной ткани, обработанной фторсодержащим препаратом Aquaphob Softech.*

Методика. *Определение олеофобных, гидрофобных, воздухопроницаемых свойств и устойчивости хлопчатобумажной ткани к действию кислот и химической чистки осуществляли согласно действующим ДСТУ.*

Результаты. *Установлено, что использование катионного полимера ВПК-402 повышает устойчивость полученного защитного аппрета до 3 – 4 циклов мыльно-содовых обработок;*

значительно повышает устойчивость олеофобного эффекта к действию органических растворителей.

Научная новизна. *Впервые предложено применение производных полиаминов ВПК-402 и Полиамин ПК-2 в качестве препаратов-фиксаторов олеофобного аппрета на поверхности хлопчатобумажных тканей.*

Практическая значимость. *Предложенный аппретирующий состав может использоваться в текстильной промышленности для улучшения качества олеофобного покрытием хлопчатобумажных текстильных материалов.*

Ключевые слова: *производные полиаминов, олеофобность, хлопчатобумажная ткань.*

USE OF DERIVED POLYAMINES TO IMPROVE THE QUALITY OF OLEO-PHOBIC COVER

SARIBIKOVA D. G., KUNIK O. M., SERVETNIK R. S., SARIBEKOV G. S.
Kherson National Technical University

Purpose. *In article the influence of derivatives of polyamines ВПК-402 and Полиамин ПК-2 on the quality of oleo-phobic coating of cotton fabric treated with fluoride preparation Aquaphob Softech are investigated.*

Methodology. *Determination of oleo-phobic, hydrophobic, breathable properties and resistance of cotton fabric to the action of acids and chemical cleaning was carried out in accordance with the current DSTU.*

Findings. *It was established that the use of cationic polymer ВПК-402 increases the stability of the received protective batch to 3 – 4 cycles of soap and soda treatments; greatly increases the stability of the oleo-phobic effect to the action of organic solvents.*

Originality. *For the first time, the use of derivatives of polyamines ВПК-402 and Полиамин ПК-2 as the preparation-fixations of oleo-phobic cover on the surface of cotton fabrics was proposed.*

Practical value. *The proposed prescribing composition can be used in the textile industry to improve the quality of the oleo-phobic coating of cotton textile materials.*

Key words: *polyamines derivatives, oleo-phobic, cotton fabric.*

УДК 685.6:613.65

ДУМАНСЬКА Л. В, ЛУЩЕВСЬКА О. М, ЯНЦАЛОВСЬКИЙ О. Й.
Хмельницький національний університет

РОЗРОБЛЕННЯ НАПУЛЬСНИКІВ ІЗ ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЇХНЬОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Мета. *Створення лікувально-профілактичного напульсника, що може використовуватись для зменшення рівня стресу у зручний для користувача час.*

Методика. *Для антропометричного дослідження та дослідження характеристик трикотажних полотен використано стандартні методики. Апробацію виробу здійснено із використанням апаратно-програмного діагностичного комплексу «InteraDiaCor» і психологічного опитувальника.*

Результати. *На основі проведеного антропометричного дослідження кінцівок руки та дослідження властивостей трикотажних полотен, запропоновано конструктивно-технологічне вирішення напульсника.*

Наукова новизна. *Запропоновано шляхи надання напульснику лікувально-профілактичних властивостей зменшення рівня стресу та його негативних наслідків для організму людини, за рахунок використання елементів впливу в місцях розташування біологічно-активних зон зап'ястя руки.*

Практична значимість. *Розроблено лікувально-профілактичний напульсник, використання якого дозволяє покращити психофізіологічний та психоемоційний стан організму, тим самим підвищуючи якість життя людини.*

Ключові слова: *напульсник, лікувально-профілактичні вироби, інформаційно-хвильова терапія, біологічно-активні зони, біологічно-активні точки, стрес.*

Вступ. Сучасні люди живуть у шаленому ритмі життя, постійна занятість, недосипання, перевтома, шкідлива екологія, стреси негативно впливають на якість життя та здоров'я. Тому виникає потреба пошуку додаткових засобів для покращення самопочуття людини, адже лише комплексний підхід до свого оздоровлення гарантує людству майбутнє без хвороби. Таким засобом може бути лікувально-профілактичний одяг, який є складовою комплексу для профілактики, оздоровлення і відновлення здоров'я. Перевага одягу з лікувальними властивостями полягає в тому, що людина може одягати та носити його у будь-який зручний для себе час, займатися власними справами та, при цьому, отримувати лікувально-профілактичний ефект. Позитивним також є те, що у такого одягу майже немає побічних дій. Асортимент існуючих лікувально-профілактичних швейних виробів є різноманітним та направленим на лікування і профілактику різних видів захворювань [1-6].

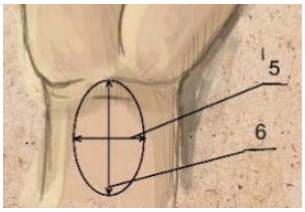
Постановка завдання. Як свідчать результати останніх психологічних досліджень [7], близько 70% українців перебувають у стресовому стані та відчувають його негативні наслідки. Тому важливим є проектування виробів, що здатні здійснювати позитивний вплив на психофізіологічний стан людини, що їх експлуатує.

Відома білизна [2] із трикотажного полотна, що може бути використана для лікування та профілактики стресу, шляхом енергоінформаційного впливу на біологічно активні зони відповідних ділянок тулуба та рук. Також відомі [3] рукавички, що містять на внутрішній стороні спеціально розміщені вузли, які здійснюють вплив на акупунктурні точки кисті та зап'ястя і, таким чином, позитивно впливають на стан вегетативної нервової системи людини, зменшуючи рівень стресу [3].

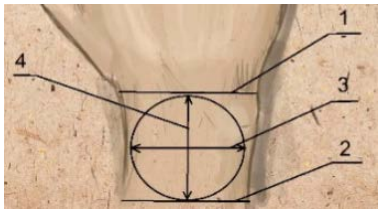
Негативним цих виробів є те, що вони призначенні для носіння в холодну пору року. Крім того, використання рукавичок для зменшення стресу та його негативних наслідків [3] є не доцільним у приміщенні. Тому метою роботи є створення лікувально-профілактичного напульсника, що одягається на променево-зап'ястковий суглоб людини, і може використовуватись для зменшення рівня стресу та його негативних наслідків у зручний для користувача час та будь-який погодний період.

Результати дослідження. Основною функцією напульсників є фіксація зап'ястя руки, однак як показали результати інформаційного дослідження сьогодні напульсники мають різноманітні додаткові можливості використання [8]. Одним із таких призначень є лікування та профілактика різних захворювань, за рахунок використання натуральних зігріваючих матеріалів, вовни, металів, капсул із лікарськими травами або медичними препаратами. Також у напульсниках із оздоровчим призначенням широко використовуються аплікатори, термоелементи, магніти та біофотони, які розташовують на спеціальних ділянках конструкції виробу відповідно біологічно-активним точкам (БАТ) та біологічно-активним зонам (БАЗ) передпліччя руки людини [8].

Отож, щоб запобігти негативним наслідкам стресу, авторами розроблено напульсник для корегування психофізіологічного стану організму людини. Виріб має розширені можливості використання і може використовуватись у повсякденному житті, одночасно здійснюючи лікувально-профілактичний вплив на організм людини.



а)



б)

Рис. 1. **Графічне зображення розташування розмірних ознак та БАЗ на долонній (а) та тильній (б) стороні руки: 1 – обхват зап'ястя; 2 – обхват передпліччя; 3 – ширина БАЗ «ІХВ-50»; 4 – довжина БАЗ «ІХВ-50»; 5 – ширина БАЗ «ІХВ-51»; 6 – довжина БАЗ «ІХВ-51»**

При проектуванні напульсника із лікувально-профілактичними властивостями конструкція орієнтована на розташування БАЗ передпліччя руки (рис. 1), через які можливо здійснювати вплив на стан вегетативної нервової системи, регулюючи емоційну нестійкість організму, порушення сну, неврози, покращувати самопочуття людини [9].

Зважаючи на те, що напульсник не повинен ускладнювати рухи кінцівок рук, досліджено зміни розмірних ознак передпліччя руки при виконанні стискання пальців руки у кулак із напруженням руки. При цьому досліджувалися розмірні ознаки наведені на рис. 1. Загалом проведено обмірювання 30 чоловіків молодшої вікової групи.

Як показали результати дослідження найбільші зміни (0,48 см) спостерігаються по обхвату зап'ястя при стисканні пальців руки у кулак. Тому для комфортного використання напульсника, доцільно для його виготовлення використовувати еластичні трикотажні полотна. Такі полотна повинні бути стійкими до стирання та інших механічних дій, мати достатню розтяжність, гігроскопічність та повітропроникність.

Для вибору матеріалів досліджено фізико-механічні та гігієнічні властивості 5 зразків трикотажних полотен, результати дослідження наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати дослідження характеристик трикотажних полотен

Номер зразка матеріалу та його сировинний склад	Товщина, мм	Поверхнева густина, г/м^2	Розривальне Навантаження, даН		Відносне видовження на момент розірвання, %		Розтяжність, %		Незворотна деформація, %		Гігроскопічність, %	Вологість, %	Капілярність, см		Зміна лінійних розмірів після прання, %	
			стовпчик	рядок	стовпчик	рядок	стовпчик	рядок	стовпчик	рядок			стовпчик	рядок	стовпчик	рядок
1.Бавовна, еластан	0,5	126	8,4	6,9	52,6	69,3	1,0	11,0	0,5	8,0	11,2	2,2	0	14,2	-2,0	1,5
2. Бавовна, поліефір	1,5	300	13,0	11,1	49,0	94,0	6,0	6,8	0,2	0	19,8	4,2	11,0	12,6	-3,6	2,1
3. Бавовна, ПАН	0,7	270	20,4	23,4	125,3	139,6	7,5	9,0	0	0,9	8,0	1,4	0	13,0	-7,5	2,3
4. Бавовна, поліамід	1,0	314	13,4	22,5	139,0	131,3	11,4	12,0	1,4	1,6	1,0	2,8	0	8,0	-8,0	2,5
5. Бавовна, поліамід	0,7	112	17,0	4,3	59,0	138,0	14,0	20,5	0,5	2,3	2,2	5,0	15,0	8,2	-11,0	3,2

За результатами дослідження (табл. 1) зразки трикотажних полотен № 1 та № 2 обрані для виготовлення проектованого напульсника як підкладка і матеріал верху.

Для побудови креслення конструкції висоту напульсника розраховано виходячи із довжини БАЗ «ІХВ-50» та «ІХВ-51» рівній 8,0 см. Оскільки, за результатами антропометричного дослідження встановлено, що у 80,0 % значення розмірної ознаки обхвату зап'ястя становить від 17,0 см до 19,0 см, то вихідним розміром конструкції напульсника є обхвату зап'ястя 18,0 см.

Лікувальними елементами напульсника виступають металеві пластини, які містять інформаційно-хвильові характеристики необхідних лікувальних препаратів, здатних здійснювати коригуючий вплив на стан вегетативної нервової системи людини. Металеві пластини закріплюють між двома шарами підкладки напульсника за допомогою паралельних ниткових строчок, в місцях, що є проекціями БАЗ. При контакті пластин із визначеними БАЗ забезпечується необхідний терапевтичний ефект.

Відповідно до вищезазначеного, виготовлено дослідний зразок напульсника із розширеними можливостями використання, технічний ескіз якого наведено на рис. 2.

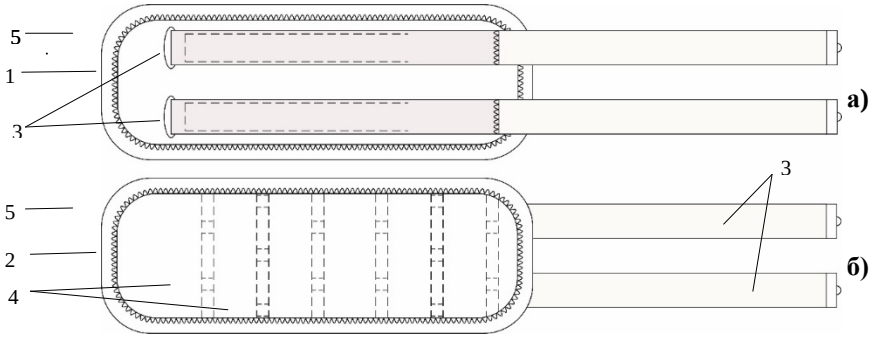


Рис. 2. **Технічний ескіз напульсника із лікувально-профілактичними властивостями: а) вигляд ззовні, б) вигляд зсередини; 1 – верхній шар, 2 – підкладка, 3 – тасьма застібка, 4 – металеві пластини, 5 – текстильна стропа**

Дослідження ефективності розробленого напульсника проведено за допомогою апаратно-програмного діагностичного комплексу (АПДК) «Intera-DiaCor», що внесений до

реєстру медичної техніки України (№3277/2004 від 30.10.2009 р.) та дозволений для застосування в медичній практиці [10]. У дослідженні приймали участь п'ять осіб молодшої вікової групи, які за власними відчуттями перебували у стані стресу.

Оцінювання впливу напульсника на функціональний стан організму людини проходило наступним чином. Спочатку здійснювалося дослідження стану органів та систем органів організму людини без напульсника. Після цього досліджуваний одягав проектований напульсник і проводилося діагностування функціонального стану організму людини із проектованим виробом. Після проведення досліджень у програмному середовищі АПДК «Intera-DiaCor» здійснювали порівняльний аналіз функціонального стану людини без виробу та із ним. При цьому на екрані монітору порівнювали гістограми, що відображають енергетичний резерв функціональної стійкості всіх органів і систем організму досліджуваної особи. При порівнянні використовуються три основні стани органів та систем організму людини виділені у програмному середовищі АПДК «Intera-DiaCor»: енергетичної лабільності, стан норми, енергетичної нестійкості, що свідчить про напруження енергетичних процесів та енергетичної недостатності, пригнічення, що призводить до виснаження стану органу.

Результати дослідження впливу напульсника на функціональний стан організму усіх досліджуваних осіб представлені у таблиці 2. Як видно з табл. 2 у 80,0 % досліджуваних осіб при впливі проектованого лікувально-профілактичного напульсника відбулося покращення функціонального стану організму. Детальний аналіз отриманих результатів дозволив виявити, що позитивні зміни сталися у органах дихальної, імунної та вегетативної нервової системи, зокрема: гіпофізі, епіфізі, таламусі, корі головного мозку, надниркових залозах.

Таблиця 2

Результати дослідження впливу напульсника на функціональний стан організму людини

Номер досліджуваної особи	Кількість органів і систем організму людини, що знаходяться у стані:					
	енергетичної лабільності		енергетичної нестійкості		енергетичної недостатності	
	без виробу	з виробом	без виробу	з виробом	без виробу	з виробом
1	46	54	4	0	15	11
2	57	50	8	12	0	3
3	44	65	6	0	15	0
4	38	36	13	17	14	12
5	53	55	12	4	0	6

Примітка: кольором відмічено позитивні зміни у функціональному стані досліджуваних осіб.

Також проведено дослідження ефективності напульсника за допомогою психологічного опитувальника, який дозволяє оцінити психоемоційний стан людини. Для цього спочатку здійснювалося оцінювання досліджуваними особами свого самопочуття, активності та настрою без впливу виробу, після чого досліджувані особи перебували у напульснику 20 хв та повторно оцінювали своє самопочуття. Результати оцінювання наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Результати оцінювання психоемоційного стану

Номер досліджуваної особи	Самооцінка досліджуваною особою:					
	самопочуття		активності		настрою	
	без виробу	із виробом	без виробу	із виробом	без виробу	із виробом
1	5,7	7,0	5,8	7,4	6,3	7,4
2	6,9	7,1	6,1	5,7	7,0	7,0
3	7,2	7,5	6,8	7,1	7,1	7,7
4	7,2	7,2	6,3	6,2	7,3	8,3
5	6,2	6,3	6,5	6,7	6,8	7,2

Як видно із таблиці 3 у 80,0% досліджуваних осіб покращилося самопочуття (наявні позитивні зміни виділено кольором), у 60,0% спостерігається збільшення активності та у 80,0% відмічається покращення настрою. Таким чином, порівнюючи результати двох досліджень встановлено, що створений напульсник має позитивний вплив на психофізіологічний та психоемоційний стан організму людини і може використовуватись як лікувально-профілактичний виріб для корегування стресових станів та їх негативних наслідків.

Висновки. На основі проведеного антропометричного дослідження параметрів біологічно-активних зон передпліччя, через які можливо здійснювати вплив на стан вегетативної нервової системи людини, розроблено конструктивно-технологічне вирішення напульсника для зменшення рівня стресу та його негативних наслідків. Обрано трикотажні полотна для виготовлення верху та підкладки напульсника.

У результаті апробації готового виробу встановлено, що напульсник з розширеними можливостями використання із закріпленими на ньому металевими пластинами, що утримують інформацію лікувальних препаратів, є простим і доступним способом лікувально-профілактичного впливу на біологічно активні зони, який нормалізує стан організму людини та зменшує негативні наслідки стресу.

Література

1. Пат. UA № 101373 Україна, МПК A41B 9/02. Труси лікувально-профілактичні / О. М. Троян, О. Й. Янцаловський, О. М. Лущевська, Л. В. Краснюк. – №u 2015 02183 ; заявл. 12.03.2015 ; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 17. – 3 с.
2. Пат. UA № 116472 Україна, МПК A41B 9/00. Лікувально-профілактична білизна з трикотажного полотна / Л. В. Краснюк, О. М. Троян, О. Й. Янцаловський. – №u 2016 11699 ; заявл. 21.11.2016 ; опубл. 25.05.2017, Бюл. № 10. – 4 с.
3. Пат. UA № 116146 Україна, МПК A61H 39/04. Рукавички лікувально-профілактичні / О. М. Лущевська, О. Й. Янцаловський, О. М. Троян, Л. В. Краснюк, Н. С. Лукашук. – №u 2016 11726 ; заявл. 21.11.2016 ; опубл. 10.05.2017,

References

1. Troian O M, Yantsalovskyi O I, Lushchevska O M, Krasniuk L V, invertors (2015). Trusy likuvalno-profilaktychni [Therapeutic and prophylactic panties]. Ukrainian patent, no. 101373.
2. Krasniuk L V, Troian O. M, Yantsalovskyi O. I, invertors (2017). Likuvalno-profilaktychna bilyzna z trykotazhnoho polotna [Therapeutic and prophylactic linen from a knitted fabric]. Ukrainian patent, no. 116472.
3. Lushchevska O. M., Yantsalovskyi O. I., Troian O. M, Krasniuk L. V, Lukashuk N. S., invertors (2017). Rukavychky likuvalno-profilaktychni [Therapeutic and preventive gloves]. Ukrainian patent, no 116146.
4. Lisa Rowe-Lanzisera, Frank Lanzisera (1995). Acupressure glove device. USA patent, no.5405357.

Бюл. № 9. – 3 с.
4. Пат. US № 5405357, МПК A61H 39/04. Acupressure glove device / Lisa Rowe-Lanzisera, Frank Lanzisera ; заявл. 22.09.1993 ; опубл. 11.04.1995.
5. Buhantsova L. Formation of the package of materials of adaptive multifunctional clothing / L. Buhantsova, O. Lushchevska, O. Troyan, L. Krasniuk, O. Yantsalovskyi // Technology audit and production reserves. – 2017. – № 3/3(35). – P. 4-12.
6. Троян О. М. Розроблення чоловічої білизни лікувально-профілактичного призначення з використанням енергоінформаційних технологій / О. М. Троян, О. М. Лущевська, Л. В. Краснюк // Вісник ХНУ. – 2017. – № 1. – С. 110-115.
7. Кабашнюк В. О. Після травматичні стресові розлади у жителів України / В. О. Кабашнюк // Актуальні питання теорії та практики психолого-педагогічної підготовки майбутніх фахівців: матеріали Всеукр. наук. - практ. конф., Хмельницький, 24-25 квітня 2014 р. – Хмельницький : ХНУ, 2014 - С. 141-144.
8. Думанська Л. В. Аналіз множинності призначень сучасних напульсників / Л. В. Думанська, О. М. Лущевська // Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів, Хмельницький, 17-18 листопада 2016 р. – Хмельницький : ХНУ, 2016 – С. 80-81.
9. Атлас биологически активных точек и зон при различных заболеваниях – Томск.: ООО «Спинор», 2013 – 73 с.
10.Падченко С. И. Научно-медицинское обоснование методики информационной диагностики «InteraVector-BIOPSI-DiaCor» / С.И. Падченко // Матеріали міжнародного конгрес-круїзу «Медицина третього тисячоліття». – К., 2003. – С. 134–138.

5. Buhantsova L. V., Lushchevska O. M., Troyan O. M., Krasniuk L. V., Yantsalovskyi O. I. (2017). Formation of the package of materials of adaptive multifunctional clothing. Technology audit and production reserves 35(3/3),4-12 [in English]
6. Troian O. M. Rozroblennia cholovichoi bilyzny likuvalno-profilaktychnoho pryznachennia z vykorystanniam enerhoinformatsiinykh tekhnolohii / O. M. Troian, O. M. Lushchevska, O. I. Yantsalovskyi, L. V. Krasniuk // Visnyk KhNU. – 2017. – № 1. – S. 110-115.
7. Kabashniuk V. O. (2014) Pislia travmatychni stresovi rozlady u zhyteliv Ukrainy [After traumatic stress disorder in Ukraine]. Aktualni pytannia teorii ta praktyky psykholoho-pedahohichnoi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv: materialy Vseukr. nauk. - prakt. konf., Khmelnytskyi, KhNU (24-25 kvitnia 2014 hoda). (pp.141-144). [in Ukraine]
8. Dumanska L. V., Lushchevska O. M. (2016) Analiz mnozhynnosti pryznachen suchasnykh napulsnykiv [Analis multiply recognition of the daily impulses] Resursozberihaiuchi tekhnolohii lehkoi, tekstylnoi i kharchovoi promyslovosti zbirnyk tez dopovidei Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi Internet-konferentsii molodykh vchenykh ta studentiv, Khmelnytskyi (17-18 lystopada 2016 hoda), (pp. 80-81) [in Ukraine]
9. Atlas biologicheski aktivnykh tochek i zon pri razlichnykh zabolevaniyakh [Atlas of biologically active points and zones for various diseases] (2013) OOO Spinor Publ., Tomsk 73 p. [in Russian]
10. Padchenko S. I. (2013). Nauchno-meditsinskoe obosnovanie metodiki informatsionnoy diagnostiki «InteraVector-BIOPSI-DiaCor» [Scientific and medical justification of the information diagnostic technique]. Materialy pershoho mizhnarodnoho konhres-kruizu «Medicine of the third millennium» (2003), (pp. 134–138) [in Russian]

РАЗРАБОТКА НАПУЛЬСНИКА С ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ И ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

ДУМАНСКАЯ Л. В, ЛУЩЕВСКАЯ Е. Н, ЯНЦАЛОВСКИЙ А. И.
Хмельницкий национальный университет

Цель. *Создание лечебно-профилактического напульсника, который может использоваться для уменьшения уровня стресса в удобное для пользователя время.*

Методика. *Для антропометрического исследования и исследования характеристик трикотажных полотен использовано стандартные методики. Апробацию изделия осуществлено с использованием аппаратно-программного диагностического комплекса «InteraDiaCor» и психологического опросника.*

Результаты. *На основе проведенного антропометрического исследования конечностей руки и исследования свойств трикотажных полотен, предложено конструктивно-технологическое решение напульсника.*

Научная новизна. *Предложены пути предоставления напульсникам лечебно-профилактических свойств, снижение уровня стресса и его негативных последствий для организма человека за счет использования элементов воздействия в местах расположения биологически активных зон запястья руки.*

Практическая значимость. *Разработан лечебно-профилактический напульсник, использование которого позволяет улучшить психофизиологическое и психоэмоциональное состояние организма, тем самым повышая качество жизни человека.*

Ключевые слова*: напульсник, лечебно-профилактические изделия, информационно-волновая терапия, биологически активные зоны, биологически активные точки, стресс.*

DEVELOPMENT OF WRISTBAND WITH THE THERAPEUTIC AND PROPHYLACTIC PROPERTIES AND ASSESSING THEIR EFFICIENCY

DUMANSKA L. V, LUSHCHEVSKA O. M, YANTSALOVSKYI O. Y.
Khmelnitsky National University

Purpose. *Creation of a preventive wristband that can be used to reduce stress at a convenient time.*

Methodology. *For anthropometric research and study of the characteristics of knitted fabrics, standard techniques have been used. Approval of the product was carried out using the hardware-software diagnostic complex "InteraDiaCor" and the psychological questionnaire.*

Results. *On the basis of the anthropometric study of the limb of the hand and the study of the properties of knitted cloths, a constructive-technological solution of the wristband is proposed.*

Originality. *The ways of giving the wristband of the therapeutic and prophylactic properties of reducing the level of stress and its negative consequences to the human body are proposed, due to the use of elements of influence in the locations of biologically active wrist zones.*

Practical significance. *A therapeutic and prophylactic wristband is developed, the use of which allows to improve the psychophysiological and psychoemotional state of the organism, thereby improving the quality of human life.*

Keywords: *wristband, therapeutic and prophylactic products, information-wave therapy, biologically active zones, biologically active points, stress.*

УДК 677.07

ПЕРВАЯ Н. В.
Київський національний університет технологій та дизайну

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ПРИЛАДІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВЗУТТЯ

Мета. *Аналіз існуючих методів та приладів, що використовуються для визначення теплофізичних властивостей матеріалів для взуття та їх показників для з'ясування доцільності їх використання в залежності від задач дослідження.*

Методика. *Аналітичний огляд та систематизація науково-технічної інформації щодо методів та приладів визначення теплозахисних властивостей матеріалів для взуття.*

Результати. *В роботі наведений аналіз сучасних методів та пристроїв, що застосовуються для дослідження теплофізичних властивостей матеріалів – зазначено їх особливості, переваги та недоліки.*

Наукова новизна. *Проведено детальний аналіз існуючих методів та пристроїв, що використовують для визначення теплозахисних властивостей матеріалів для взуття, систематизовано основні напрями та перспективи досліджень.*

Практична значимість. *Наведена в роботі систематизація методів та пристроїв для дослідження теплофізичних властивостей матеріалів для взуття дозволить швидко орієнтуватися у великій їх кількості, а також визначити доцільність їх використання в залежності від поставлених задач.*

Ключові слова: *матеріали для взуття, теплофізичні властивості, методи дослідження, прилади.*

Вступ. Теплообмін між стопою людини та зовнішнім середовищем здійснюється через матеріали, з яких виготовлене взуття. Знання показників теплофізичних властивостей матеріалів надає можливість раціонального підбору технологічних режимів обробки матеріалів, комплектування матеріалів у пакети верху та низу взуття з урахуванням умов експлуатації та забезпечення комфортних умов для людини.

Теплофізичні (теплозахисні) властивості матеріалів залежать від їх теплопровідності – здатності передавати через свою товщу тепловий потік, що виникає через різницю температур на протилежних поверхнях матеріалу.

Аналіз науково-технічної літератури вказує на підвищений інтерес до проблеми компетентного визначення теплофізичних властивостей матеріалів [1,2,3]. На сьогодні існує багато способів та приладів для визначення теплофізичних властивостей, але не кожен з них доречно застосовувати для взуттєвих матеріалів. Їх аналіз показує, що різноманітність умов випробувань, конструкцій пристроїв та підходів надає можливість отримати показники теплофізичних властивостей матеріалів різними методами, але порівняти їх можливо лише умовно.

Постановка завдання. Враховуючи вищенаведені факти, а також проблеми, виявлені у дослідженнях теплофізичних властивостей матеріалів для взуття, метою роботи є аналіз існуючих методів та пристроїв, що застосовуються для визначення теплофізичних властивостей взуттєвих матеріалів. Це дозволить визначити доцільність використання тієї чи іншої методики в залежності від задач дослідження.

Результати дослідження. Здійснити теоретичний розрахунок теплопровідності матеріалів, особливо тих, які мають складну будову, наприклад, шкіра натуральна, надто складно, тому її визначають експериментальними методами.

Загалом, теплофізичні властивості матеріалів поділяють на стаціонарні та нестаціонарні [1]. Стаціонарні теплофізичні властивості характеризуються такими показниками як теплопровідність λ, Вт/м·К та тепловий опір R_m, м^2·К/В, які інформують, наскільки матеріал зберігає тепло. Нестаціонарні теплофізичні властивості характеризуються показником теплового поглинання b, Вт·с$^{-2}$/м^2·К, який інформує про відчуття теплоти при першому дотику до матеріалу.

Методи, які використовуються для визначення показників теплофізичних властивостей матеріалів для виробництва взуття, поділяються на дві групи: *методи, що ґрунтуються на принципі стаціонарного теплового режиму*, та *методи, що ґрунтуються на принципі нестаціонарного (регулярного) теплового режиму*. Кожен з представлених методів можна покласти в принцип дії приладу, використовуючи той чи інший спосіб вимірювання. Але від необхідності визначення параметру тієї чи іншої показника теплофізичної властивості матеріалу залежить вибір методу та відповідно приладу, що застосовується для визначення цих показників.

При *стаціонарному тепловому режимі* визначають кількість тепла, необхідного для збереження постійної різниці температур двох поверхонь, які ізольовані одна від одної дослідним зразком матеріалу. За таким принципом працюють такі прилади як ИТ-3 (Академія наук України, Інститут технічної теплофізики), «Lee' disc» (ISO 17705:2003), а також прилад із захищеною гарячою плитою (ASTM D 1518-85, 1990).

Спосіб плаского шару стаціонарного методу покладений в основу принципу дії приладу ИТ-3 [4] (рис. 1). Теоретичною основою даного методу є формула для визначення теплового потоку, що передається при стаціонарній теплопровідності пласкої стінки з граничними умовами 1-го роду [5]:

$$q = К_Д \cdot Е_Д, \quad (1)$$

де $E_Д$ – ЕРС, яка розвивається датчиком теплового потоку, мВ;

$K_Д$ – коефіцієнт перетворення, який визначається калібруванням датчика для кожного приладу.

Зразок матеріалу розташовують між пластиною, яка нагрівається, та холодильником. Температуру на поверхнях зразка T_1 та T_2 виміряють за допомогою термопар, що притискаються до поверхонь зразка. За допомогою датчика теплового потоку виміряється питомий тепловий потік q. Цей датчик виробляє електрорушійна сила (ЕРС), величина якої пропорційна величині q. Але необхідно враховувати величину коефіцієнта перетворення $K_Д$, яка визначається калібруванням датчика для кожного приладу.

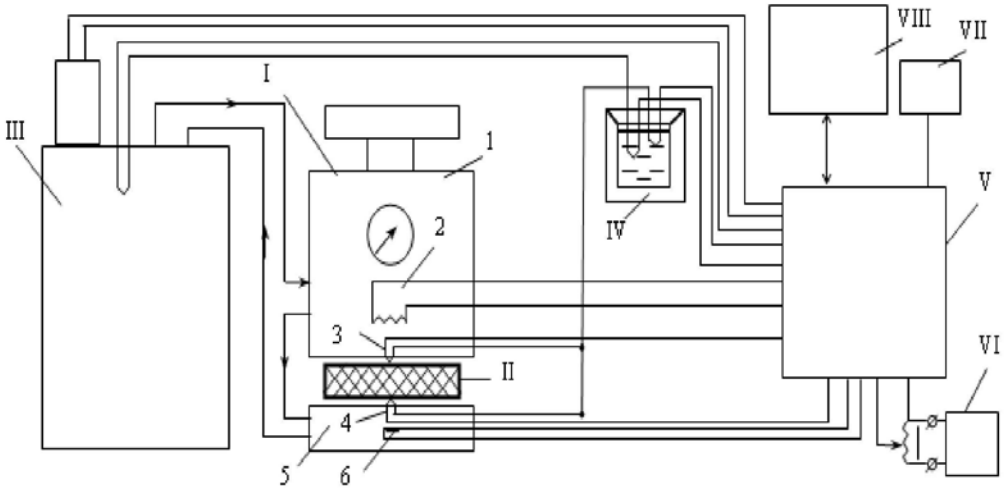


Рис. 1. **Схема приладу ИТ-3: I – вимірювач теплопровідності ИТ-3; II – досліджуваний зразок матеріалу; III – термостат; IV – посудина Дьюара; V – блок керування та вимірювання; VI – лабораторний автотрансформатор (джерело постійного струму, що регулюється); VII – стабілізоване джерело постійного струму; 1 – механізм переміщення; 2 – електронагрівач; 3,4 – термопари; 5 – холодильник; 6 – датчик теплового потоку**

Таким чином, коефіцієнт теплопровідності визначається за формулою:

$$\lambda = \delta \frac{K_Д}{K_T} \frac{E_Д}{E_1 - E_2} \qquad (2)$$

де K_T – коефіцієнт перетворення термопари, К/мВ;

E_1 та E_2 – термо-ЕРС відповідних термопар, мВ.

Основною складовою цього експериментального приладу є вимірювач теплопровідності ИТ-3. Він складається з плаского електричного нагрівача, який нагріває верхню поверхню дослідного зразка та стрічкових термопар, які розміщені в еластичних гумових прокладка для нейтралізації контактних термічних опорів. Датчик теплового потоку розташований у верхній частині холодильника. ИТ-3 оснащений механізмом переміщення, за допомогою якого піднімають або опускають рухому вставку з нагрівачем, що забезпечує можливість закладання зразка та щільного притискання його до холодильника. Також він оснащений індикатором годинникового типу, який дозволяє визначити зміну товщини досліджуваного зразка під час його стиснення та теплового розширення. Дослідний зразок матеріалу повинен мати діаметр 100 мм та товщину не більше 10 мм.

Оскільки прилад ИТ-3 розроблений для визначення стаціонарних теплофізичних властивостей твердих матеріалів та рідин за нормальних умов, його також застосовують для визначення теплопровідності текстильних та шкіряних матеріалів.

Проте, при використанні приладу ИТ-3 для створення одномірного температурного поля у досліджуваних зразках прилад виходить на сталий режим протягом 30 – 45 хв, потім кожні 10 хв потрібно вимірювати значення $E_д$, E_1 та E_2, що значно збільшує тривалість дослідження.

Принцип стаціонарного теплового режиму також закладений у прилад «Lee’ disc» (рис. 2) [6], у якому постійне джерело тепла розташоване між двома ідентичними металевими циліндрами, встановленими один над одним, тобто їх осі розташовані вертикально.

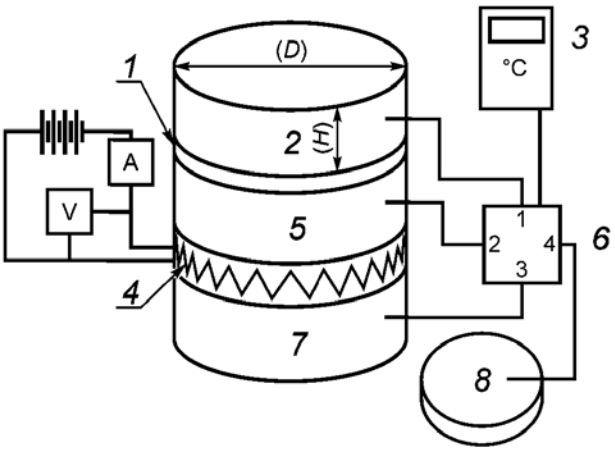


Рис. 2. **Схема приладу «Lee' disc»: 1 – досліджуваний зразок; 2 – циліндричний латунний блок В1 з термопарою; 3 – дисплей - показник температури; 4 – нагрівач; 5 – циліндричний латунний блок В2 з термопарою; 6 – перемикач; 7 - циліндричний латунний блок В3 з термопарою; 8 – циліндричний латунний блок В4 з термопарою для визначення температури навколишнього середовища**

Досліджуваний зразок матеріалу або пакету матеріалів діаметром 75 мм розташовують на верхній поверхні циліндричного блоку В2, а інший ідентичний циліндричний блок В1 – зверху зразка таким чином, щоб всі циліндри та дослідний зразок матеріалу були концентрично вирівняні. Джерело тепла включають та витримують до досягнення рівноважної температури (35±5) °С трьох циліндричних блоків В1, В2, В3.

Теплопровідність дослідного зразка матеріалу визначають за температурою, що встановилася у трьох блоках, відкритих ділянках поверхні блоків і досліджуваного зразка, а також за товщиною досліджуваного зразка:

$$\lambda = P \cdot S \cdot (A_S \cdot T_S + 2 \cdot A_1 \cdot T_1)/[(A_1 \cdot T_1 + A_S \cdot T_S + A_3 \cdot T_3) \cdot (0{,}5 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot (T_2 - T_1)] \qquad (3)$$

де P – потужність, що подається на нагрівач, Вт;

S – товщина зразка, мм, при тиску (2,0±0,2) кПа;

A_S, A_1, A_3 – площа зразка та поверхонь циліндричних блоків В1, В3, м^2, відповідно;

T_S, T_1, T_2, T_3 – температура зразка, поверхонь блоків В1, В2 та В3, К, відповідно.

При використанні приладу «Lee' disc» регулярно, приблизно з інтервалом 30 хв, реєструють температуру блоків В1, В2, В3, В4 з точністю до 0,2 °С. Після отримання трьох послідовних показників для кожного блоку дослід закінчують. Це значно збільшує тривалість дослідження. Але слід зазначити, що цей прилад використовують для визначення стаціонарних теплофізичних властивостей різноманітних матеріалів, а також відповідно до ISO 17705:2003 матеріалів для верху, підкладки та вкладних устілок взуття.

Для визначення стаціонарних теплофізичних властивостей текстильних та шкіряних матеріалів також застосовують прилад із захищеною гарячою пластиною [7]. Верхній та бічний вигляд цього приладу показано на рис. 3.

Рис. 3. **Захищена гаряча пластина**

Прилад складається з випробувальної пластини, що нагрівається, оточеної захисним кільцем та нижньою пластиною під нею. Всі три плити складаються з нагріваючих елементів, закріплених між алюмінієвими листами. Всі пластини підтримують однакову постійну температуру в діапазоні температури шкіри людини (33-36 °С). За наявності дослідного зразка прилад має досягати рівноважної температури. Кількість теплоти, що проходить через зразок, вимірюється за споживанням електроенергії нагрівача випробувальної пластини (Вт/м^2·К). Вимірюють температуру випробувальної пластини та повітря на висоті 500 мм над випробувальною пластиною. Розмір дослідного зразка 500×500 мм.

Теплопровідність і тепловий опір розраховують наступним чином:

1. Обчислюють комбіновану тепловіддачу зразка та повітря, U_1 до 0,005 Вт / м^2·К:

$$U_1 = P/A \cdot \left(T_\text{p} - T_\text{a}\right) \quad (4)$$

де Р - втрата потужності від контрольної пластини, Вт;

А - площа випробувальної пластини, м^2;

Тр і Та - температура пластини і температура повітря, К, відповідно.

2. Обчислюють тепловіддачу пластини без дослідного зразка, U_{bp}.

3. Обчислюють тепловіддачу дослідного зразка, використовуючи рівняння:

$$\frac{1}{U_2} = \frac{1}{U_1} - \frac{1}{U_{bp}} \quad (5)$$

4. Обчислюють теплопровідність дослідного зразка матеріалу за рівнянням:

$$\lambda = U_2 \cdot \frac{t_i}{1000} \quad (6)$$

де, t_i - товщина зразка, мм, при тиску 0,07 кПа.

5. Обчислюють тепловий опір досліджуваного матеріалу за рівнянням:

$$R = 1/U_2 \quad (7)$$

Метод випробування охоплює визначення загальних коефіцієнтів теплопередачі внаслідок об'єднаної дії провідності, конвекції та випромінювання для сухих зразків тканин та інших матеріалів товщиною не більше 50 мм, що мають тепловіддачу (U_2) в діапазоні 0,7 – 14 Вт/м^2·К. Але на практиці вимірювання швидкості теплового потоку у певному напрямку здійснити важко, оскільки підігрівач, розсіює тепло в усіх напрямках.

Враховуючи вище зазначене, до недоліків методу стаціонарного режиму покладеного в основу приладів ИТ-3, «Lee' disc» та із захищеної гарячою пластиною, можна віднести складність створення одновимірного температурного поля у досліджуваних зразках, облік тепловтрат і тривалість встановлення стаціонарного теплового режиму (від 2 до 5 год), що призводить до зміни вологості досліджуваного матеріалу, тим самим впливаючи на припущення, що температура нагрівача та холодильника дорівнюють температурі відповідних сторін матеріалу.

При *нестаціонарному або регулярному тепловому режимі* визначається швидкість охолодження нагрітого тіла, яке ізольоване від навколишнього середовища досліджуваним матеріалом. За цим принципом працюють прилади ПТС-225 (ГОСТ 29489-75) та Alambeta (Технічний університет Ліберця, Чеська республіка).

Прилад ПТС-225 [8] використовується для визначення сумарного теплового опору матеріалів для одягу, але, як виняток, його можна використовувати для дослідження матеріалів для взуття (рис. 5). Для визначення теплового опору матеріалу (пакету матеріалів) досліджуваний зразок матеріалу повинен мати розмір не менший за 300×400 мм. Товщину матеріалу виміряють при тиску 0,2 кПа.

Дослідження теплозахисних властивостей матеріалів проводять як в умовах природної конвекції повітря, так і при дії повітряного потоку зі швидкістю 5 м/с, направленого до поверхні зразка під кутом 45°. Дослідження відбувається при постійних значеннях температури навколишнього середовища та коефіцієнта тепловіддачі з поверхні матеріалу в інтервалі температури (55 – 45 °С) при середньому перепаді 50°С. Температуру пластини та навколишнього середовища визначають за допомогою термопар. Пластину нагрівають до заданого перепаду температур пластини і повітря та виміряють час охолодження пластин до заданого температурного перепаду.

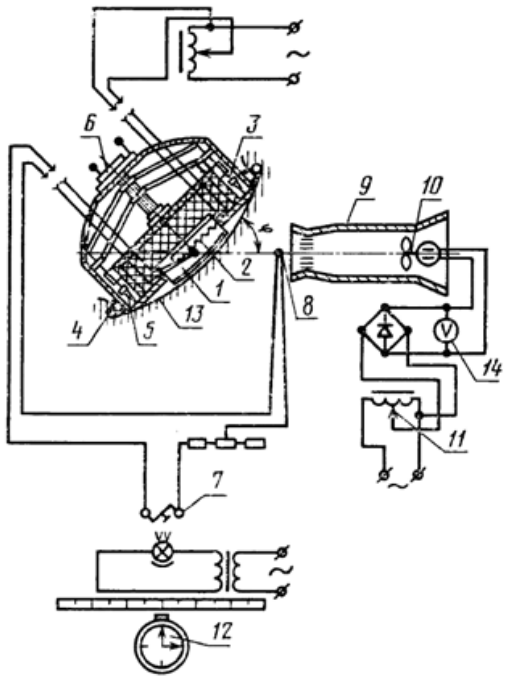


Рис. 5. **Схема приладу ПТС-225: 1 – пластина; 2 – електронагрівач; 3 – кришка корпусу; 4 – притискний пристрій; 5 – голчастий пристрій; 6 – механізм притискування; 7 – гальванометр; 8 – диференційна термопара; 9 – труба аеродинамічного пристрою; 10 – вентилятор аеродинамічного пристрою; 11 – регульований автотрансформатор; 12 – секундомір; 13 – досліджуваний зразок**

За темпом охолодження обчислюють значення теплового опору зразка матеріалу:

$$R_{сум} = E/Ф \cdot K(m - B \cdot E) \quad (8)$$

де Е – розрахунковий коефіцієнт, який залежить від повної теплоємності пластини та зразка матеріалу;

Ф – фактор приладу, який визначається за паспортом приладу, Дж/м$^{2 \cdot 0}$С;

Е – коригування розсіювання теплового потоку пристрою, який визначається за паспортом пристрою, с$^{-1}$;

m – темп охолодження пластини, с$^{-1}$,

Таким чином, прилад ПТС-225, в основу якого покладений принцип нестаціонарного (регулярного) теплового режиму, більш швидко та просто дозволяє відтворити умови теплообміну в одязі (взутті), коли виріб однією стороною прилягає до нагрітого тіла, а іншою контактує з оточуючим середовищем, зокрема з повітрям. До недоліків даного приладу можливо віднести значний розмір дослідного зразка, якщо враховувати чималу вартість натуральної шкіри для верху взуття.

Чеський прилад Alambeta (рис. 6) [9,2] діє за принципом нестаціонарного теплового режиму та визначає стаціонарні (тепловий опір *R* та коефіцієнт теплопровідності *λ*) та нестаціонарні (коефіцієнт теплового поглинання *b,* який надає об'єктивну оцінку властивості матеріалу, відому як "тепле-холодне відчуття", що виникає, коли шкіра людини дотикається до об'єкта) теплофізичні властивості матеріалу .

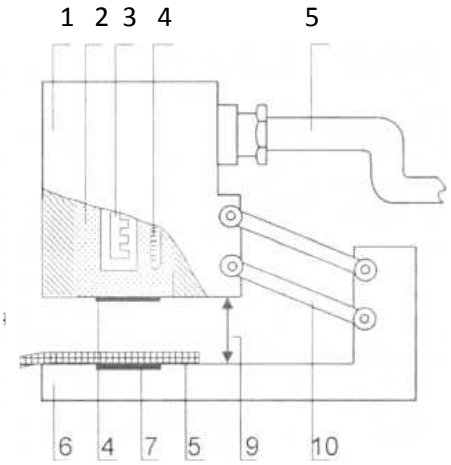


Рис. 6. **Схема прилад Alambeta: 1 – вимірювальна головка з постійною температурою; 2 – металевий блок; 3 – датчик температури; 4 – датчики теплового потоку; 5 – зразок для випробування; 6 – основа приладу; 7 – датчиків теплового потоку; 8 – термометр; 9 – регулятор товщини; 10 – регулятор висоти**

Прилад складається з двох вимірювальних головок, між якими розміщений дослідний зразок. Обидві вимірювальні головки оснащені термопарами та датчиками теплового потоку. Нижні вимірювальні головки регулюються до температури оточуючого середовища за допомогою відповідних засобів охолодження; верхня вимірювальна головка, що нагрівається, регулюється до контрольованої постійної диференціальної температури. Датчики теплового потоку діють на контактні поверхні обох вимірювальних головок. Після опускання вимірювальної головки на досліджуваний зразок, вимірюють тепловий потік на верхній та нижній сторонах досліджуваного зразка. Основний принцип цього приладу полягає у вимірюванні та обробці теплових потоків залежно від часу. Крім того, прилад вимірює відношення максимальної до стаціонарної щільності теплового потоку (q_{max}/q_s), стаціонарну щільність теплового потоку q_s у контактній точці, а також товщину зразка.

Комп'ютерний контролер приладу Alambeta працює у напівавтоматичному режимі та обчислює всі статистичні параметри вимірювань за допомогою програмного забезпечення. Вся процедура вимірювання та оцінка результатів займає менше 3 – 5 хв.

До переваг даного приладу належить можливість визначати показники теплофізичних властивостей матеріалу без його поділу на досліджувані зразки, але дослідження відбуваються при незмінній величині тиску, що не відповідає реальним умовам експлуатації взуття.

Існує прилад (МГУДТ) (рис.7) [3], який діє за принципом стаціонарного та нестаціонарного теплового режиму.

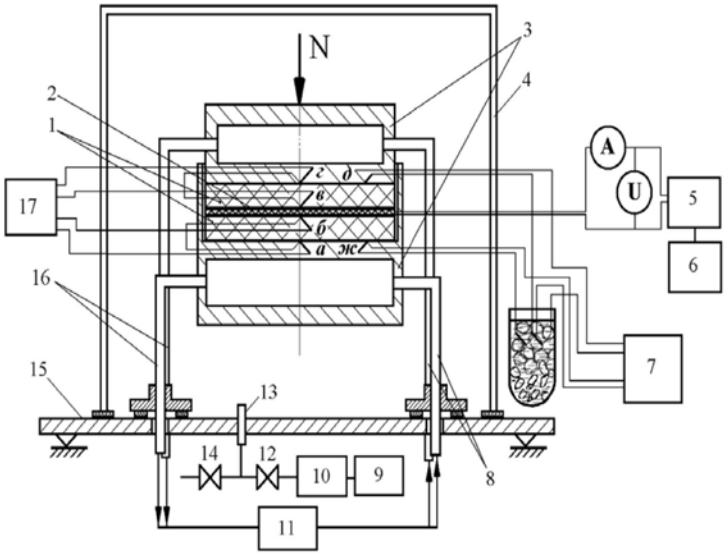


Рис. 7. **Схема приладу МГУДТ: 1 – зразки матеріалу; 2 – нагрівач; 3 – холодильники; 4 – вакуумний ковпак; 5 – електросекундомір; 6 – джерело живлення; 7 – прилад для реєстрації температури зразка матеріалу; 8, 16 – трубопроводи; 9 вакуумметр; 10 – форвакуумний та паромасляний насоси; 11 – ультратермостат; 12,14 – вакуумні вентилі; 13 – трубка; 15 – вакуумна плита; 17 – вимірювач перепаду температур на пробах матеріалу**

Прилад МГУДТ виміряє показники теплофізичних властивостей матеріалів та пакетів матеріалів в інтервалі температур від 100 до 500 $^{\circ}$К, атмосферному тиску від 10^5 до 10^{-4} Па та при зовнішньому тиску до 2 МПа , що дозволяє наблизити випробування зразків матеріалів для взуття до реальних умов експлуатації.

При дослідження на цьому приладі показників теплофізичних властивостей матеріалів для взуття (λ та R_m) визначено [10], що більш суттєві зміни цих показників спостерігаються при комплексному впливі вологи та силового тиску. При збільшенні вологості до 40 % та тиску до 157,35 кПа спостерігається зменшення теплового опору матеріалів R_m, що пояснюється збільшенням площі контакту між структурними елементами, зменшенням інтегральної пористості матеріалів або середньої щільності.

Висновки. Проведено системний аналіз особливостей різних методів та пристроїв для оцінки теплофізичних властивостей матеріалів для взуття. Визначено, що теплофізичні характеристики матеріалів для взуття визначаються приладами, в основу роботи яких покладено методи стаціонарного або нестаціонарного теплового режиму.

Прилади, в основу роботи яких покладений метод стаціонарного теплового режиму, мають такі недоліки як значна тривалість випробувань, значний розмір зразків та витрати часу на закладку дослідного зразка в пристрій. Прилади, в основу роботи яких покладений метод нестаціонарного теплового режиму, суттєво скорочують часовий проміжок проведення досліджень. До загальних недоліків всіх згаданих вище приладів для визначення теплофізичних властивостей матеріалів можна віднести те, що на практиці виміряти швидкість теплового потоку у певному напрямку досить складно, оскільки підігрівач розсіює тепло в усіх напрямках.

Встановлено, що теплофізичні показники, отримані за допомогою різних методів та приладів, можна порівняти лише умовно. Їх величина залежить від умов проведення дослідження: питомого тиску на зразок матеріалу, його початкової температури та вологості.

Враховуючи вище наведене, для подальших досліджень теплофізичних властивостей матеріалів для взуття рекомендовано використовувати такі прилади як «Lee' disc», Alambeta та прилад МГУДТ.

Література

1. Weedall, P. J. and Goldie, L., 2001, The Objective Measurement of the «Cool Feeling» in Fabrics, *J. of Text. Inst.*, 92(4), pp. 379-386.
2. Devanand Uttam. Objective Measurement of Heat Transport through Clothing, International Journal of Engineering Research and Development. Vol.2, Issue 12 (August 2012), pp. 43-47.
3. Селина Н.Г., Кораблина С.Ю., Осина Т.М., Афанасьева Р.Ф., Прохоров В.Т. Оценка обоснованности выбора пакетов материалов по формированию комфортных условий военнослужащим Арктики (сообщение 1) // Научный альманах – 2015. - №12-2(14) – с.177-198.
4. Прибор для измерения теплопроводности твердых тел ИТ-3: паспорт ИТ-300.00.000ПС / Академия наук УССР, ин-т технической теплофизики. – Киев, 1980. – 23 с.
5. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники. – М., 2002, 253 с.
6. ISO 17705:2003 Footwear - Test methods for uppers, lining and insocks - Thermal insulation, IDT
7. ASTM D 1518 "Standard test method for thermal transmittance of textile materials, 2005 Annual Book of ASTM Standards, vol.7.01, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2005
8. ГОСТ 29489-75. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления, М.: Издательство стандартов, 1986. – 11 с.
9. SENSORA, 1990. "Instruction manuals of the Alambeta, Permetest instruments", SENSORA Liberec Registered Company, Czech. Republic.
10.Жихарев А. П., Петропавловский Д. Г., Кузин С. К., Мишаков В. Ю. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. – М.: Издательский центр "Академия", 2004, 448 с.

References

1. Weedall, P. J. and Goldie, L., (2001), The Objective Measurement of the „Cool Feeling‟ in Fabrics, *J. of Text. Inst.*, 92(4), pp 379-386.
2. The device for measuring the thermal conductivity of solids IT-3: passport IT-300.00.000PS / Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Institute of Technical Thermophysics. - Kiev, 1980. - 23 p.
3. V.I. Lyashkov. (2002) Theoretical foundations of heat engineering. 253 p.
4. ISO 17705:2003 Footwear - Test methods for uppers, lining and insocks - Thermal insulation, IDT
5. ASTM D 1518 "Standard test method for thermal transmittance of textile materials, 2005 Annual Book of ASTM Standards, vol.7.01, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2005
6. GOST 29489-75. Materials for clothes. Method for determining the total thermal resistance, M .: Publishing House of Standards, 1986. - 11 p.
7. SENSORA, (1990). "Instruction manuals of the Alambeta, Permetest instruments", SENSORA Liberec Registered Company, Czech. Republic.
8. Devanand Uttam. Objective Measurement of Heat Transport through Clothing, International Journal of Engineering Research and Development. Vol.2, Issue 12 (August 2012), pp. 43-47.
9. Selina N. G., Korablina S. Yu., Osina T. M., Afanasyeva R. F., Prokhorov V. T. Assessment of the validity of the choice of materials for the formation of a package of comfortable conditions servicemen Arctic (1 message)// Scientific almanac - 2015. - № 12-2 (14) - p.177-198.
10. Zhikharev A.P., Petropavlovsky D.G., Kuzin S.K., Mishakov V.Yu. (2004) Material science in the manufacture of light industry products. - Moscow: Publishing Center "Academy", 448 p.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБУВИ

ПЕРВАЯ Н. В.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Анализ существующих методов и приборов, используемых для определения теплофизических свойств материалов для обуви и их показателей для определения целесообразности их использования в зависимости от задач исследования.*

Методика. *Аналитический обзор и систематизация научно-технической информации по методам и приборам для исследования теплозащитных свойств материалов для обуви.*

Результаты. *В работе представлен анализ современных методов и приборов, применяемых для исследования теплофизических свойств – отмечены их особенности, преимущества и недостатки.*

Научная новизна. *Проведен детальный анализ существующих методов и приборов, которые используются для определения теплозащитных свойств материалов для обуви и систематизированы основные направления и перспективы исследований.*

Практическая значимость. *Приведенная в работе систематизация методов, способов и приборов для исследования теплофизических свойств материалов для обуви позволяет быстро ориентироваться в их большом количестве. А также определять целесообразность их использования в зависимости от поставленных задач.*

Ключевые слова: *материалы для обуви, теплофизические свойства, методы исследования, приборы.*

ANALYSIS OF METHODS AND DEVICES FOR MEASURING OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF SHOE MATERIALS

PERVAYA N. V.
Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. *Analysis of existing methods and instruments for measuring the thermophysical properties of shoe materials and its indicators to determine the appropriateness of using one or another technique depending on the research objectives.*

Methodology. *Analytical review and systematization of scientific and technical information about methods and instruments for studying the the thermophysical properties of shoe materials.*

Results. *The paper presents an analysis of modern methods and instruments for studying thermophysical properties - their features, advantages and disadvantages are noted.*

Scientific novelty. *A detailed analysis of existing methods and instruments for determining the thermophysical properties of shoe materials has been carried out, and the main directions and prospects of research have been systematized.*

Practical value. *The systematization of methods, methods and instruments for studying the thermophysical properties of shoe materials makes it possible to quickly orientate in a large number of methods. And also determine the appropriateness of their use depending on the tasks assigned.*

Keywords: *shoe materials, thermophysical properties, research methods, instruments.*

УДК 685.34.03:675.017

ЩУЦЬКА Г. В., ПОНОМАРЕНКО Т. В.
Київський національний університет технологій та дизайну

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОРТОПЕДИЧНОГО ВЗУТТЯ

Мета. *Провести обґрунтований вибір матеріалів-компаньйонів для виготовлення деталей верху ортопедичного взуття на основі аналізу фізико-механічних характеристик.*

Методика. *За стандартизованими методиками визначено показники міцності та розтяжності матеріалів верху ортопедичного взуття, визначено вплив площі контакту на зусилля розшарування текстильної застібки.*

Результати. *Проведене визначення та порівняльний аналіз напів- та одноциклових характеристик при розтягуванні матеріалів верху ортопедичного взуття дозволило підібрати матеріали - компаньони різного походження з подібними показниками міцності і формостійкості.*

Наукова новизна. *Для підвищення формостійкості верху взуття запропоновано цільове змінювання шляхом термодублювання різних показників розтяжності матеріалів - компаньйонів до подібних значень.*

Практична значимість. *Проведено вибір матеріалів - компаньйонів для деталей верху формостійкого ортопедичного взуття з подібними фізико-механічними характеристиками .*

Ключові слова*: матеріали верху взуття, міцність, релаксаційні характеристики, деформація розтягування.*

Вступ. Текстильні матеріали широко використовуються у взуттєвій промисловості для верху, вкладних та вшивних устілок, підкладки та інших деталей різних видів взуття. Це викликано такими їх цінними споживчими властивостями, як невисока жорсткість і поверхнева густина, приємне туше, високі теплозахисні властивості, різноманітність художньо-колористичного оздоблення [1]. Для надання необхідної щільності, товщини, формостійкості, а також для скорочення часу технологічних операцій при розкроюванні і зборці заготовок, текстильні полотна взуттєвого призначення, як правило, випускаються дубльованими або трипльованими. З'єднання двох або трьох полотен різного виду в суцільний матеріал дозволяє забезпечити добротний зовнішній вигляд, згладити складки та згини, гарантувати високій рівень експлуатаційних характеристик і значно підвищити строки експлуатації виробів. В якості проміжного шару, який методом термодублювання міцно з'єднує матеріал верху і підкладки, останніми роками широко використовують текстильні полотна з одно- або двостороннім термоклейовим покриттям, сформованим із порошкоподібних клеїв-розплавів з температурою плавлення 60 – 80 ^{o}C, нанесених точково або суцільним шаром. Фізико-механічні властивості дубльованих і трипльованих матеріалів залежать від механічних властивостей вихідних матеріалів, від кількості, загальної площі та геометрії розташування термоклейових ділянок, режимів термодублювання.

Постановка завдання. Матеріали для деталей верху ортопедичного взуття мають одночасно сполучати міцність і формостійкість із здатністю забезпечити комфортний мікроклімат внутрішньовзуттєвого простору, що є непростою задачею [2]. Одним із варіантів її вирішення є використання трипльованих текстильних матеріалів, які відзначаються високими показниками гігієнічних властивостей [3], гнучкістю та м'якістю, що запобігає утворенню набряків м'яких тканин ступнів. Ортопедичне взуття має фіксуватися на стопі за допомогою застібок «велькро», нашитих на шкіряні клапани (рис. 1). Міцність кріплення, яка визначається площею контакту двох складових текстильної застібки, повинна мати

оптимальні значення – забезпечувати надійну фіксацію і не вимагати зайвих зусиль при розстібанні. Для забезпечення формостійкості взуття в процесі його експлуатації доцільно, щоб деформаційно-релаксаційні характеристики матеріалів - компаньйонів (трипльованих полотен берців і натуральної шкіри клапанів) були близькими.

Рис 1. **Зовнішній вигляд ортопедичного взуття**

Відомо, що найбільш поширеним видом деформації, яка діє на деталі взуття при виготовленні та експлуатації, є розтягування [4]. Саме тому міцність при розтягуванні матеріалів верху взуття завжди вважається найбільш вагомим показником якості. Здатність до формоутворення та формостійкість матеріалів верху взуття в значній мірі забезпечуються оптимальним співвідношенням складових частин повної деформації розтягування ($\varepsilon_п$) – оборотною, яка складається із швидко- та повільно оборотної ($\varepsilon_{ш.о} + \varepsilon_{п.о}$), і залишкової ($\varepsilon_{зал}$) [5,6]. Високі пружно-пластичні властивості матеріалів не тільки забезпечать якісне виконання основних процесів у взуттєвому виробництві (формування, з'єднання, оздоблення та ін.), але й гарантують здатність приформовуватися до стопи в перший період носіння і збереження форми взуття в процесі експлуатації.

Метою даного дослідження було визначення та порівняльний аналіз фізико-механічних властивостей матеріалів-компаньонів для виготовлення деталей верху формостійкого ортопедичного взуття.

Результати досліджень. Для досліджень було обрано три види трипльованих текстильних матеріалів, які, зважаючи на їх високі гігієнічні властивості, нами запропоновано [3] використовувати для виготовлення ортопедичного взуття, а також три види натуральних шкір – шеврет, шевро та лакований опойок для фіксуючих деталей верху. Характеристики міцності матеріалів визначали за стандартизованою методикою (ГОСТ 938.11-69) з використанням розривної машини РТ-250 М. Пружно-пластичні властивості оцінювали за величинами повного подовження та його компонентів, визначеними на релаксометрі Стійка за загальноприйнятою методикою [6] при навантаженні 30 Н. Визначення зусилля розшарування текстильної застібки «велькро» проводилось з використанням розривної машини РТ-250 М.

Отримані експериментальні дані (Табл. 1) свідчать про те, що за показником міцності досліджувані матеріали не дуже відрізняються між собою; найбільше значення P_p серед текстильних полотен має драп дубльований (зразок 3), серед шкір – лакований опойок. Значення ж видовження при розірванні відрізняються досить відчутно – показник $\varepsilon_р$ натуральних шкір більш ніж вдвічі перевищує $\varepsilon_р$ трипльованих по

Таблиця 1

Механічні властивості досліджуваних матеріалів

№ п/п	Назва матеріалу	Поверхнева густина, г/м²	Товщина, мм	Розривальне навантаження P_p, Н		Видовження при розірванні ε_p,%	
				повздовжній напрям	поперечний напрям	повздовжній напрям	поперечний напрям
1	Гамма, арт 49450	1142	3,3	450	450	15	15
2	Аленка, арт 49984	1218	3,6	250	245	15	15
3	Драп дубльований	1050	3,5	520	400	10	15
4	Шкіра шеврет	-	0,9	450	375	37	54
5	Шкіра шевро	-	0,7	475	406	32	47
6	Шкіра опойок лакований	-	1,1	502	498	26	46

Така відмінність значень тягучості може негативно позначитися на формозбереженні взуття в процесі його експлуатації. Визначення одноциклових характеристик при розтягуванні підтвердило виявлені особливості пружно - пластичних властивостей обраних для аналізу матеріалів - компаньйонів для верху взуття. Повна деформація розтягування (Табл. 2) трипльованих матеріалів при навантаженні 30 *Н* досить невелика. Найбільше значення $\varepsilon_{пов}$ =10% має драп дубльований, причому співвідношення оборотної та залишкової частин деформації цього матеріалу є таким, що вважається оптимальним для забезпечення формоутворення та формозбереження взуття [7,8].

Таблиця 2

Значення повної деформації розтягування та її складових частин

№ зразка	Назва матеріалу	Складові повної деформації розтягування		
		$\varepsilon_{пов.}$,%	$\Delta\varepsilon_{обор.}$	$\Delta\varepsilon_{залиш.}$
1	Гамма, арт 49450,	3	1,0	0
2	Аленка, арт49984	3	1,0	0
3	Драп дубльований арт 4921	8	0,7	0,3
4	Шкіра шеврет	22	0,4	0,6
5	Шкіра шевро	24	0,2	0,8
6	Шкіра опойок лакований	18	0,5	0,5
7	Пакет опойок лакований + клейовий матеріал	6	0,8	0,2

Для натуральних шкір величина повної деформації розтягування $\varepsilon_{пов}$ значно перевищує цей показник у трипльованих матеріалах, причому залишкова частина деформації $\Delta\varepsilon_{залиш.}$є переважаючою (Табл.2). Для того, щоб зменшити різницю деформаційно-релаксаційних характеристик матеріалів верху, нами було проведено термодублювання натуральних шкір з використанням клейового матеріалу з одностороннім точковим клейовим полімерним покриттям (ТУ 17-21-136). Це значно зменшило розтяжність шкір та змінило

співвідношення складових частин повної деформації. У найбільшому ступені пружно-еластичні властивості є подібними (Табл.2) для зразка матеріалу верху №3 і клейового пакету лакованого опойку (зразок №7), що дозволяє рекомендувати їх для використання в якості матеріалів - компаньйонів в деталях верху ортопедичного взуття.

В запропонованій конструкції ортопедичного взуття з`єднання халяв між собою для зручності в експлуатації та щільної фіксації на стопі передбачено з використанням текстильної застібки, що представляє собою пару текстильних стрічок, на одній з яких розміщені мікрокрючки, на іншій – мікропетлі (Рис.2). При контакті двох стрічок мікрокрючки зачіпляються за мікропетлі, і одна стрічка «прилипає» до іншої. Практика експлуатації застібки «велькро» показує, що при збільшенні натягу опорної стрічки (з петлями) сила від'єднання на початку збільшується до деякого максимуму, а далі при зростанні натягу сила від'єднання зменшується практично до нуля. Міцність з'єднання прийнято характеризувати відносним показником міцності застібки під час розшарування, який, згідно ДСТУ 2956-94, визначає опір звільнення елементів зчеплення на одиницю довжини поперечного ряду крючкової стрічки з елементів зчеплення петельної стрічки.

Визначення зусилля розшарування текстильної застібки «велькро» проводилось з використанням розривної машини РТ-250 М. Стрічка застібки «велькро» з петлями закріплена в зажимі. Стрічка застібки «велькро» з крючками закріплена в зажимі. Такий спосіб не дозволяє визначити вплив натягу опорної стрічки з петлями на силу розшарування. Для цього була розроблена схема в якій стрічка з крючками закріплена в зажимі розривальної машини. Стрічка з петлями огинає рухомі ролики. Один її кінець закріплений на зажимі розривної машини. Натяг стрічки задаємо за допомогою груза. Така конструкція дозволяє здійснити дослідження по визначенню впливу натягу стрічки з петлями на величину зусилля розшарування.

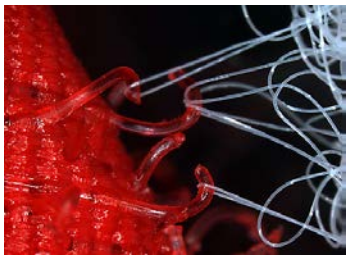


Рис 2. Текстильна застібка: а) зовнішній вигляд двох стрічок; б) зчеплення мікрокрючків з мікропетлями

Для вибору розміру текстильної застібки на фіксуючих деталях ортопедичного взуття нами було проведено визначення впливу площі контакту стрічок на зусилля розшарування. Її аналіз показав, що сила від'єднання при зростанні натягу спочатку зростає і досягає деякого максимуму. Подальше зростання призводить до зменшення величини сили від'єднання. Це може бути пов'язано з порушенням увом взаємодії між петлями та крючками. Наприклад, збільшенням відстані між крючками. Як свідчать отримані експериментальні дані, наведені в таблиці 3, значення зусилля розшарування досить відчутно залежить від площі контакту двох складових текстильної застібки. Найбільшу міцність з'єднання деталей забезпечуватиме текстильна застібка розміром 5,0×4,5 см.

Таблиця 3

Вплив розміру текстильної застібки на зусилля розшарування

№ п/п	Розмір текстильної застібки (см)	Зусилля розшарування, $P_{розш}$, (Н)*
1	5,0×3,0	11,5
2	5,0×4,0	9,5
3	5,0×4,5	12,5
4	5,0×5,0	8,5
5	5,0×7,0	7,5

**наведені усереднені значення із 5 замірів*

Висновки. Проведене визначення та порівняльний аналіз напів- та одноциклових характеристик при розтягуванні матеріалів верху ортопедичного взуття дозволило підібрати матеріали - компаньони (трипльоване текстильне полотно і дубльовану натуральну шкіру) з подібними показниками міцності, розтяжності і формостійкості. Пружно-еластичні властивості фіксуючих деталей, виготовлених із натуральної шкіри, цілеспрямовано змінені шляхом термодублювання до значень, які мають деталі, виконані із трипльованих текстильних матеріалів. Було проведено визначення впливу площі контакту стрічок на зусилля розшарування текстильної застібки, яка витримала найбільшу силу від'єднання в залежності від розмірів застібки.

Література

1. Коновал В. П., Універсальний довідник взуттєвика: Підручник / Коновал В. П., Гаркавенко С. С. та др. - К.: Лібра,-2005. -202-205 с.
2. Torrens G., Campbell I., Tutton W. Design issues in military footwear and hand wear // Advances in Military Textiles and Personal Equipment A volume in Woodhead Publishing Series in Textiles - 2012, - с. 139-164.
3. Пономаренко Т.В., Щуцька Г.В., Супрун Н.П. Особливості вибору матеріалів на дитяче ортопедичне взуття // Вісник КНУТД Серія «Технічні науки» - 2015. №.6(92).- с 164 -169.
4. Коновал В. П. Технологія взуттєвого виробництва: Підручник / Коновал В. П., Свістунова Л. Т., Олійникова В. В. – Київ. - 2003.- с. 50-51.
5. Зурабян К.И. и др. Материаловедение изделий из кожи.: Учебник для вузов. / -М.: Легпромбытиздат, -1980. – с. 240-247.
6. Рибальченко В. В. Матеріалознавство виробів легкої промисловості: Підручник / Рибальченко В. В., Коновал В. П., Хом'як М. Є., - К.: КНУТД. – 2007. - 365 с.
7. Виноградова М. Т., Гронская О. В. Деформационные свойства дублированных материалов для обуви // Кожевенно-обувная

References

1. Konoval V. P., Harkavenko S. S. ta dr. (2005) Universalnyi dovidnyk vzuttievyka [Universal reference shoemaker], Kyiv, Libra, p. 202-205.
2. Torrens G., Campbell I., Tutton W. (2012) [Design issues in military footwear and hand wear], Advances in Military Textiles and Personal Equipment A volume in Woodhead Publishing Series in Textiles, p. 139-164. (in English).
3. Ponomarenko T.V., Shchutska H.V., Suprun N.P. (2015) [Osoblyvosti vyboru materialiv na dytiache ortopedychne vzuttia] Visnyk KNUTD, (Tekhnichni nauky),№.6(92).- p164 -169. [in Ukrainian].
4. Konoval V. P., Svistunova L. T., Oliinykova V. V. (2003) Tekhnolohiia vzuttievoho vyrobnytstva [Shoe production technology], Kyiv, p 50-51. [in Ukrainian].
5. Zurabyan K.I. i dr. (1980). Materialovedenie izdeliy iz kozhi [Materials science leather products], Moskva, Legprombytizdat, p.240-247. [in Russian].
6. Rybalchenko V. V., Konoval V. P., Khomiak M. I(2007) Materialoznavstvo vyrobiv lehkoi promyslovosti [Materials science of light industry], Kyiv KNUTD, p 365 [in Ukrainian].
7. Vinogradova M. T., Gronskaya O. V. (1986) [Deformatsionnye svoystva dublirovannykh materialov dlya obuvi] (Kozhevenno-obuvnaya promyshlennost), № 5. pp. 21-24 [in Russian].

промышленность.- 1986.- № 5. - 21-24 с.
8. Куприянов М. П. Деформационные свойства кожи для верха обуви. Монография / – М.: Легкая индустрия, - 1969. – с. 248
9. ГОСТ 938.11-69. Кожа. Метод испытания на растяжение – Введ. 01.01.70. – М.: Государственний комитет СССР по стандартам, 1969.- с. 9.
10.ТУ 17-21-136. Пленки жесткие ударопрочные. Искусственные смолы и волокно, пластмассы и пластификаторы. Введ. 01.09.76- М.: Минлегпром СССР, 1976. - 10 с.
8. Kupriyanov M. P. (1969) [Deformatsionnye svoystva kozhi dlya verkha obuvi.] Monografiya, Moskva (Legkaya industriya), p. 248 [in Russian].
9. GOST 938.11-69. Kozha. Metod ispytaniya na rastyazhenie [State Standard 938.11-69. Leather. Tensile strength test Moskva, Gosudarstvenniy komitet SSSR po standartam, 1969, 9p. [in Russian].
10. TU 17-21-136. Plenki zhestkie udaroprochnye. Iskusstvennye smoly i volokno, plastmassy i plastifikatory, Moskva, Minlegprom SSSR, 1976, 10p . [in Russian].

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ОБУВИ

ЩУЦКАЯ А. В., ПОНОМАРЕНКО Т. В.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Провести обоснованный выбор материалов-компаньонов для изготовления деталей верха ортопедической обуви на основе анализа физико-механических характеристик.*

Методика. *По стандартизированным методикам определены показатели прочности и растяжимости материалов верха ортопедической обуви, определено влияние площади контакта на усилия расслоения текстильной застежки.*

Результаты. *Проведенное определение и сравнительный анализ полу- и одноцикловых характеристик при растяжении материалов верха ортопедической обуви позволил подобрать материалы - компаньоны различного происхождения с подобными показателями прочности и формоустойчивости.*

Научная новизна. *Для повышения формоустойчивости верха обуви предложено целевое изменение путем термодублирования различающихся показателей растяжимости материалов - компаньонов до подобных величин.*

Практическая значимость. *Проведен выбор материалов - компаньонов для деталей верха формоустойчивой ортопедической обуви с подобными физико-механическими характеристиками.*

Ключевые слова: *материалы верха обуви, прочность, релаксационные характеристики, деформация растяжения.*

PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF MATERIALS FOR ORTHOPEDIC SHOES

SHCHUTSKA G. V., PONOMARENKO T. V.
Kyiv National University of Technology and Design

Purpose*. Make a reasonable choice of companion upper materials for the manufacture of orthopedic shoes based on the analysis of physical and mechanical characteristics.*

Methodology. *By standardized methodologies defined the values of strength and elasticity of the upper materials for orthopedic shoes, the influence of the contact area on the efforts of delamination of hook and loop fastener was defined.*

Results. *A study and comparative analysis of the semi – and single-cycle tensile characteristics of upper materials of orthopedic shoes allowed to pick up materials - companion of different backgrounds with similar values of strength and shape stability.*

Originality. *To improve the dimensional stability of the shoe upper suggested target change by termo duplication of materials - companion with different values of tensile materials to the same values.*

Practical value. *Was made the choice of materials - companions with similar physical and mechanical for top details of form-stable orthopedic shoes characteristics.*

Keywords: *shoe upper materials, strength, relaxation characteristics, tensile strain.*

УДК 677.027.2

АСАУЛЮК Т. С., СЕМЕШКО О. Я., САРІБЄКОВА Ю. Г.
Херсонський національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОЇ ОБРОБКИ У ПРОЦЕСІ ВИБІЛЮВАННЯ ГРУБОЇ ПІГМЕНТОВАНОЇ ВОВНИ

Мета. *Дослідити вплив попередньої електророзрядної обробки на ефективність вибілювання грубої пігментованої вовни.*

Методика. *Використані стандартизовані методики дослідження показників фізико-хімічних властивостей вовняного волокна.*

Результати. *В роботі наведені результати дослідження впливу основного технологічного параметру процесу протравного пероксидного вибілювання на показники білизни та ступеня пошкодження кератину вовни і визначено оптимальну концентрацію каталізатору. Встановлено покращення фізико-механічних властивостей вибіленого грубого пігментованого волокна після електророзрядної обробки.*

Наукова новизна. *Доведено, що застосування електророзрядної обробки дозволяє максимально зберегти міцнісні властивості вовняного волокна в процесі протравного пероксидного вибілювання.*

Практична значимість. *Отримані результати створюють передумови для розширення вітчизняної сировинної бази вовняної текстильної промисловості за рахунок використання інноваційного способу модифікації грубої пігментованої вовни.*

Ключові слова: *грубе вовняне волокно, пігмент, вибілювання, електророзрядна обробка, кавітація.*

Вступ. В Україні вовняна сировина, значну частину якої складає грубе волокно, не здатна задовольнити потреби текстильних підприємств. Окрім погіршених експлуатаційних властивостей, вовна грубошерстних порід овець, як правило, має природне забарвлення, обумовлене наявністю пігменту. При фарбуванні пігментованої вовни навіть у темні тони неможливо отримати яскраві забарвлення через накладання кольорів. Для розширення можливості отримання різноманітних забарвлень з високими колористичними показниками пігментовану вовну світлих тонів необхідно вибілювати.

Аналіз науково технічної інформації [1-6] показав, що велика кількість досліджень в області вибілювання пігментованої вовни спрямовані на підвищення білизни та механічної міцності вибіленого волокна. Недоліками існуючих технологій вибілювання можна вважати їх суміщення з екологічно небезпечними хімічними та енергоємними фізичними методами модифікації грубого вовняного волокна.

У зв’язку з цим пошук інноваційних економічно вигідних та екологічно чистих способів обробки грубої пігментованої вовни з метою покращення якості вибіленого волокна і підвищення конкурентоспроможності готових текстильних матеріалів є актуальним завданням.

Постановка завдання. За результатами проведених раніше досліджень вибілювання непігментованої вовни [7–9] було встановлено, що застосування електророзрядної обробки, яка супроводжується виникненням електророзрядної нелінійної об’ємної кавітації (ЕРНОК), в якості методу попередньої модифікації вовняного волокна дає можливість отримати вибілений матеріал високої якості, що має новий комплекс властивостей. На основі даного факту можна припустити, що застосування модифікованої за допомогою ЕРНОК вовни буде мати переваги також в технології вибілювання пігментованого волокна.

Враховуючи вище викладене, основним завданням є дослідження особливостей технології вибілювання грубої пігментованої вовни та встановлення впливу попередньої модифікації з використанням ЕРНОК на показники якості вибіленого волокна.

Результати дослідження. Для дослідження була використана промита груба вовна світло-сірого кольору у вигляді топсу, яка складається з пухових волокон білого кольору, перехідних та остевих волокон чорного кольору.

Вибілювання пігментованого вовняного волокна передбачає три стадії: протравлення, промивку, пероксидне вибілювання. Знебарвлення пігменту здійснюється шляхом застосування іонів металів (звичайно Fe^{2+}) в якості каталізаторів на стадії протравлення. Найважливішим параметром в даній технології вибілювання є концентрація протравного агенту, яка залежить від інтенсивності природного забарвлення вовни і визначає ступінь знебарвлення пігменту. Оскільки встановлено, що ЕРНОК не змінює хімічну структуру кератину [10], отже, не впливає на кількість пігменту у волокні, то оптимальна концентрація протравного агенту буде однаковою як для необробленої, так і для модифікованої вовни.

Підбір концентрації протравного агенту для досліджуваного вовняного волокна здійснювали шляхом варіювання концентрації $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ від 1 до 10 г/л. Якість вибіленої вовни оцінювали за показниками білизни та ступеня пошкодження кератину.

Результати визначення ступеня білизни вовняного волокна в залежності від концентрації протравного агенту представлені на рис. 1.

$$y = \frac{10{,}562 + 2{,}121x}{1 - 0{,}130x + 0{,}019x^2},$$

$$S = 1{,}0024,\ r = 0{,}9916.$$

Рис. 1. **Вплив концентрації протравного агенту на ступінь білизни грубої пігментованої вовни:**

Згідно з отриманими даними (рис. 1) ступінь білизни вовни підвищується зі збільшенням концентрації $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ до 5 г/л. Максимальний приріст білизни при цьому складає 14,8%. Подальше підвищення концентрації протравного агенту до 10 г/л призводить до зниження досліджуваного показника, що обумовлено значним пошкодженням кератину, яке супроводжується пожовтінням волокна.

Для оцінки ступеня пошкодження кератину були застосовані методи, засновані на зміні розчинності вовни у розчинах хімічних реагентів. Розчинність вовняного волокна у розчині їдкого натру характеризує ступінь гідролізу основних поліпептидних ланцюгів. За розчинністю вовняного волокна у сечовино-гідросульфітному реагенті (СГР) можна судити

про кількість поперечних зв'язків у кератині. Результати визначення розчинності вибіленого вовняного волокна представлені на рис. 2.

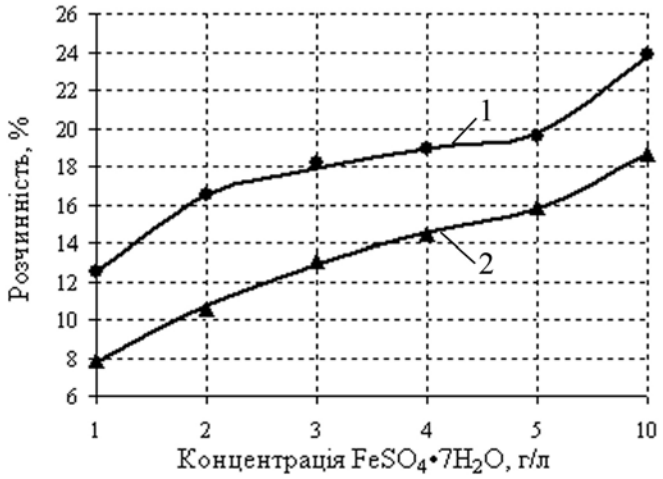


Рис. 2. **Вплив концентрації протравного агенту на розчинність вибіленої грубої пігментованої вовни в хімічних реагентах:**

$1 - \text{NaOH}$: $y = 8{,}649 + 5{,}746x - 0{,}459x^2$, $S = 1{,}0574$, $r = 0{,}9824$.

$2 - \text{СГР}$: $y = 15{,}648(1{,}248 - e^{-0{,}288x})$, $S = 0{,}1198$, $r = 0{,}9997$.

Отримані дані (рис. 2) показують, що розчинність в гідроксиді натрію пігментованого вовняного волокна, вибіленого за методом протравного пероксидного вибілювання, зростає зі збільшенням концентрації протравного агенту. Так, при концентрації $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 1-2 г/л лужна розчинність вовни складає 12,5-16,52%. У діапазоні від 2 до 5 г/л зміна досліджуваного показника відбувається менш інтенсивно і досягає 19,59%. Подальше збільшення концентрації протравного агенту призводить до значної втрати маси (до 23,86%) вибіленого волокна при лужному гідролізі, що свідчить про значну деструкцію поліпептидних ланцюгів кератину.

Результати, представлені на рис. 2 показують, що збільшення концентрації $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ призводить до рівномірного підвищення розчинності вовняного волокна в СГР у всьому досліджуваному діапазоні, що

Таким чином, на підставі проведених досліджень (рис. 1, 2) встановлено, що концентрація протравного агенту впливає не тільки на білизну вовняного волокна, але й на його міцність. Оптимальне співвідношення білизни та ступеня пошкодження кератину в процесі протравного пероксидного вибілювання досліджуваного пігментованого грубого волокна досягається при концентрації протравного агенту $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 3 г/л.

На наступному етапі роботи було проведено порівняння якісних показників модифікованого ЕРНОК та необробленого грубого пігментованого волокна, вибілених при встановленій оптимальній концентрації протравного агенту 3 г/л. Попередню електророзрядну обробку вовняного волокна проводили у відстояній водопровідній воді при температурі 25ºС і модулі ванни 1:150. Тривалість обробки складала 120 с. Результати експерименту наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники якості вибіленої грубої пігментованої вовни

Зразок	Білизна, %	Розчинність в технологічних реагентах, %		Відносне розривне навантаження, сН/текс	Втрата маси, %	Ступінь звалювання, г/см^3
		NaOH	МГР			
Невибілене волокно	10,8	3,55	1,07	8,16	–	0,194
Вибілене необроблене	22,5	18,14	13,07	7,23	2,6	0,233
Вибілене модифіковане	23	13,57	10,06	7,55	1,2	0,201

Отримані дані ступеня пошкодження модифікованого пігментованого вовняного волокна в процесі вибілювання узгоджуються з результатами проведених досліджень для непігментованої вовни [8].

Порівняльний аналіз отриманих результатів проведеного експерименту показав, що модифікація дисульфідних зв'язків кератину вовни в процесі попередньої електророзрядної обробки волокна [10] дозволяє підвищити стійкість грубої пігментованої вовни до дії окисників, тим самим максимально зберегти механічну міцність вибіленого волокна при досягненні необхідного ступеня білизни, а також зменшити його звалювання.

Висновки. Таким чином, результати проведеного дослідження доводять, що застосування попередньої електророзрядної обробки дозволяє покращити фізико-механічні властивості вибіленого вовняного волокна в процесі протравного пероксидного вибілювання грубої пігментованої вовни за рахунок модифікації поперечних зв'язків між поліпептидними ланцюгами кератину волокна, що обумовлено одночасним впливом діючих факторів ЕРНОК. Подальші дослідження будуть спрямовані на оптимізацію процесу вибілювання попередньо модифікованої ЕРНОК грубої пігментованої вовни.

Література

1. Korotowski W. Bleaching of melanin pigments [Text] / W. Korotowski, T. Sarna // The Journal of Biological Chemistry. – 1990. – № 21, v. 265. – P. 12410–12416.
2. Montazer M. Depigmentation of Pigmented Wool [Text] / M. Montazer, M. Zargaran, A. Rahimi // Textile Research Journal. – 2009. – №3, v. 79. – P. 261–267.
3. Arifoglu M. Sequential Oxidative and Reductive Bleaching of Stained and Pigmented Wool in a Single Bath [Text] / M. Arifoglu, W.N Marmer // Textile Research Journal. – 1990. – №9, vol. 60. – P. 549–554.
4. Bereck A. Bleaching of Pigmented Speciality Animal Fibres and Wool [Text] / A. Bereck //

References

1. Korotowski W., Sarna T. (1990). Bleaching of melanin pigments. The Journal of Biological Chemistry, no. 21, 265, 12410–12416.
2. Montazer M., Zargaran M., Rahimi A. (2009). Depigmentation of Pigmented Wool. Textile Research Journal, no. 3, 79, 261–267.
3. Arifoglu M., Marmer W. N. (1990). Sequential Oxidative and Reductive Bleaching of Stained and Pigmented Wool in a Single Bath. Textile Research Journal, no. 9, 60, 549–554.
4. Bereck A. (1994). Bleaching of Pigmented Speciality Animal Fibres and Wool. Review of Progress in Coloration, no. 1, 24, 17–25.
5. Oh K., Park M., Kang T. (1997). Effect of mordant bleaching on the optical and mechanical

Review of Progress in Coloration. – 1994. – №1, v. 24. – P. 17–25.

5. Oh K. Effect of mordant bleaching on the optical and mechanical properties of black human hair [Text] / K. Oh, M. Park, T. Kang // Journal of the Society of Dyers and Colourists. – 1997. – №9, v. 113. – P. 243–249.

6. Khishigsuren A. Effects of Ferrous Mordanting on Bleaching of Camel Hair [Text] / A. Khishigsuren, M. Nakajima, M. Takahashi // Textile research journal. – 2001. – №6, v. 71. – P. 3–22.

7. Асаулюк Т. С. Влияние предварительной электроразрядной обработки на поверхность шерстяного волокна в процессе беления [Текст] / Т.С. Асаулюк, Ю.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – №5(229). – С. 160–163.

8. Асаулюк Т. С. Влияние предварительной электроразрядной обработки на сохранность шерсти в процессе беления [Текст] / Т.С. Асаулюк, Ю.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2013. – № 4. Серия 1. Естественные и технические науки. – С. 16–18.

9. Сарибекова Ю.Г. Обоснование выбора электроразрядной обработки в качестве метода модификации шерстяного волокна [Текст] / Ю.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко, И.В. Панасюк, О.А. Матвиенко, Г.С. Сарибеков // Вестник Санкт-Петербургского университета технологий и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. – 2013. – №2. – С. 3–8.

10. Asaulyuk T., Semeshko O., Saribyekova Yu., Kunik O., Myasnikov S. (2017). Examining a change in the properties of coarse wool fiber under the influence of electrical discharge treatment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4, 1(88), 50–55. doi: 10.15587/1729-4061.2017.108269.

properties of black human hair. Journal of the Society of Dyers and Colourists, no. 9, 113, 243–249.

6. Khishigsuren A., Nakajima M., Takahashi M. (2001). Effects of Ferrous Mordanting on Bleaching of Camel Hair. Textile research journal, no. 6, 71, 3–22.

7. Asaulyuk, T. S., Saribekova, Yu. G., Semeshko, O.Ya. (2015). Vliyaniye predvaritel'noy elektrorazryadnoy obrabotki na poverkhnost' sherstyanogo volokna v protsesse beleniya [Effect of preliminary electric-discharge treatment on the surface of wool fibers during bleaching]. Vísnik Khmel'nits'kogo natsíonal'nogo uníversitetu. Tekhníchní nauki, no. 5 (229), 160–163. [in Ukrainian].

8. Asaulyuk, T. S., Saribekova, Yu. G., Semeshko, O. Ya. (2013). Vliyaniye predvaritel'noy elektrorazryadnoy obrabotki na sokhrannost' shersti v protsesse beleniya [Effect of preliminary electric discharge treatment on the safety of wool during bleaching]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna. Seriya 1. Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki, no. 4, 16–18. [in Russian].

9. Saribekova, Yu. G., Semeshko, O. Ya., Panasyuk, I. V., Matviyenko, O. A., Saribekov, G. S. (2013). Obosnovaniye vybora elektrorazryadnoy obrabotki v kachestve metoda modifikatsii sherstyanogo volokna [Substantiation of the choice of electric discharge treatment as a method of wool fiber modification]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta tekhnologiy i dizayna. Seriya 1. Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki, no. 2, 3–8. [in Russian].

10. Asaulyuk T., Semeshko O., Saribyekova Yu., Kunik O., Myasnikov S. (2017). Examining a change in the properties of coarse wool fiber under the influence of electrical discharge treatment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, no.4, 1(88), 50–55. doi: 10.15587/1729-4061.2017.108269.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ В ПРОЦЕССЕ БЕЛЕНИЯ ГРУБОЙ ПИГМЕНТИРОВАННОЙ ШЕРСТИ

АСАУЛЮК Т. С., СЕМЕШКО О. Я., САРИБЕКОВА Ю. Г.
Херсонский национальный технический университет

Цель. *Исследовать влияние предварительной электроразрядной обработки на эффективность беления грубой пигментированной шерсти.*

Методика. *Применены стандартизированные методики исследования показателей физико-химических свойств шерстяного волокна.*

Результаты. *В работе приведены результаты исследования влияния основного технологического параметра процесса протравного пероксидного беления на показатели белизны и степени повреждения кератина шерсти и определена оптимальная концентрация катализатора. Установлено улучшение физико-механических свойств отбеленного грубого пигментированного волокна после электроразрядной обработки.*

Научная новизна. *Доказано, что применение электроразрядной обработки позволяет максимально сохранить прочностные свойства шерстяного волокна в процессе протравного пероксидного беления.*

Практическая значимость. *Полученные результаты создают предпосылки для расширения отечественной сырьевой базы шерстяной текстильной промышленности за счет применения инновационного способа модификации грубой пигментированной шерсти.*

Ключевые слова: *грубое шерстяное волокно, пигмент, беление, электроразрядная обработка, кавитация.*

APPLICATION OF ELECTRIC DISCHARGE TREATMENT IN THE PROCESS OF BLEACHING OF THE COARSE PIGMENTED WOOL

ASAULYUK T. S., SEMESHKO O. Ya., SARIBYEKOVA Yu. G.
Kherson National Technical University

Purpose. *To study the effect of preliminary electric discharge treatment on the efficiency of bleaching of coarse pigmented wool.*

Methodology. *Standardized methods for studying the physicochemical properties of wool fibers have been applied.*

Findings. *The results of the study of the influence of the main technological parameter of the process of mordant peroxide bleaching on the whiteness and the degree of damage of wool keratin are given and the optimal concentration of the catalyst is determined. An improvement in the physical and mechanical properties of bleached coarse pigmented fiber after electric discharge treatment has been established.*

Originality. *It is proved that the use of electric discharge treatment allows to maximally preserve the strength properties of wool fiber in the process of mordant peroxide bleaching.*

Practical value. *The obtained results create prerequisites for expanding the domestic raw material base of the woolen textile industry through the use of an innovative method of modifying coarse pigmented wool.*

Keywords: *coarse wool fiber, pigment, bleaching, electric discharge treatment, cavitation.*

УДК:54-126:678.01:
678.664

GUDZENKO N. V., BARANTSOVA A. V., BUSKO N. A., GRISHCHENKO V. K.
Institute of Macromolecular Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

POLYMERIC MATERIALS BASED ON REACTIVE FUNCTIONAL OLIGOMERS

Purpose. *Research of structural characteristics of the alkyd resins and materials based; addition to structure alkyd resin diene/vinyl liquid rubbers and oligomers with various functional groups allows receiving polymeric materials of the various structural organization and the increase physicomechanical parameters.*

Methodology. *A films modified polymeric alkyd materials have been characterized by methods of IR-spectroscopy where devices Tensor-37 (Bruker, Germany).*

Findings. *Have been received modified polymeric film-forming materials with high protective properties by interaction alkyd resin and synthesized oligomers. It is proved, that at presence in structure alkyd 3÷5 % diene/vinyl oligomers result in substantial increase of parameters of impact resistance, elasticity and adhesion to a metal surface.*

Originality. *First established of interrelation of influence, it is proved, that at presence in structure alkyd 3÷5 % diene/vinyl oligomers result in substantial increase of parameters of impact resistance, elasticity and adhesion to a metal surface.*

Practical value. *These materials can be recommended for using as protective coatings for energy and chemical equipment, autoindustries and the objects of domestic facilities.*

Keywords: *oligoisoprene, oligostyrene, radical polymerization, modification.*

Introduction. At present, significant progress has been research on the synthesis of polymeric materials based on reactive oligomers with terminal functional groups. The changing nature of the functional groups in these oligomers can vary their physicochemical properties and, therefore, extends the possibilities of their use in various industries. Were carried out to develop methods for the synthesis of oligomers with terminal functional groups (amide, hydroxyl, epoxy, urethane, acrylate) [1–3]. As the monomers used isoprene, styrene, acrylate, aliphatic isocyanates and polyols nature. Synthesis oligodiene / oligovinyl with terminal amide and hydroxyl groups were carried out in methanol by free radical polymerization initiation 2.2 azo-bis-isobutiroamide [4–7]. Product yield was 25 – 80%, depending on the nature of the initial monomer. By physical modification of alkyd resins functionalized oligomers of these formulations have been developed polymeric film-forming materials (PPM) [8, 9]. It is proved that the increase in rates of adhesion and impact strength with the introduction of the MRP is 3 – 5% (by weight) of modifying-oligomers in the alkyd resin. Products based on them are characterized by adhesion to the surfaces of various materials, high dielectric properties, hardness and resistance to corrosion and water, as well as a sharp change in temperature.

Setting objectives. The aim of this study was to develop methods of modifying the industrial alkyd resins functionalized by oligomers, and obtaining on their basis of coatings with improved physical-mechanical properties.

Results of investigations. Synthesis and properties of the functional oligomers.

Chemical modification of the structure of vinyl and diene oligomers, is a promising method to create complex materials with improved properties. In most cases, this approach determines the need for additional steps or even the specific processes of chemical activation of macromolecular chains, which leads to the creation of oligomers with the respective functional groups.

Oligoisoprene / oligostyrene with amide terminale groups. Amide terminated oligomers of both isoprene and styrene as well as their cooligomers were synthesized by a free radical polymerisation in methanol using ABIA as initiator. Firstly, 0.75 g (0.0039 mol) of initiator (ABIA) was dissolved in 10 ml of methanol, and then this solution was mixed with 40 ml of styrene monomers (0.3997 mol). Chemical reaction was carried out for 10 hours in an autoclave at continuous stirring and at temperature 90±0.05°C. The final products of the reaction were dried from the solvent and unreacted monomers under vacuum conditions. The monomers of styrene and isoprene were taken at different combinations, and the functionality of the synthesized oligomers was varied by the ratio of monomers to initiator. The chemical structures of the sythesized oligomers of isoprene and styrene are presented in Fig. 1 (A) and (B) respectively. The samples abbreviation and their chemical compositions are given in Table 1. A product yield of the oligomers varies in the range of 30 – 80 % and depends on the ratio of the monomers to initiator.

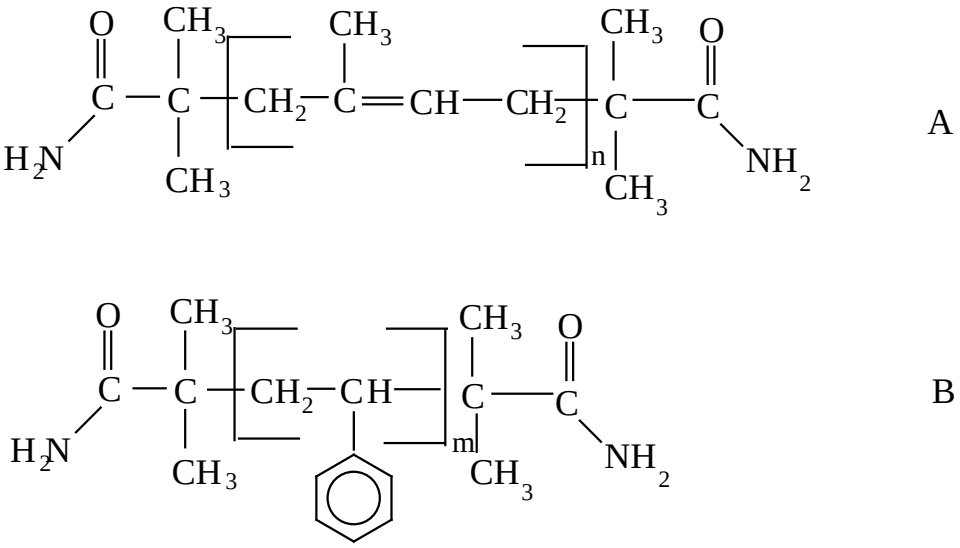


Fig. 1. **The chemical structures of the sythesized oligomers of isoprene (A) and styrene (B).**

The structural features of the original reagents and products of the reaction was studied by infrared spectroscopy with Fourier-transform on a spectrophotometer ''Tensor-37'' (f. Bruker, Germany), spectral range of 600 – 4000 cm^{-1}.

FTIR-spectra of the initiator ABIA (Fig. 2, spectrum 1) showed characteristic intense bands of stretching vibrations around 3150 – 3450 cm^{-1} NH_2 (max. 3188, 3401, 3429 cm^{-1}) stretching vibrations of C=O (max. at 1671 cm^{-1}) and deformation vibrations of 1500 – 1600 cm^{-1} NH_2 (max. 1574, 1629 cm^{-1}) of the amide group (–$CONH_2$). The bands of deformation vibrations CH, CH_2, CH_3 groups are showed around 1300 – 1500 cm^{-1} and 600 – 900 cm^{-1}.

Table 1.

Characteristics of the synthesized oligomers: number average molecular weight (Mn) and polydispersity index (Mw/Mn), content of amide groups, and functionality (f) of the oligomers

Samples code	Mn (g/mol)	Mw/Mn	Amide content (%)	f	Yield (%)
OI (50:1)	3400	3,09	2,48	1,92	45
OI (100:1)	4200	2,78	2,10	2,00	40
OI (200:1)	9700	1,79	0,88	1,94	31

The IR spectra (Fig. 2, spectrum 2) of synthesized OI terminated amide groups demonstrated the bands of stretching vibrations NH_2 with max. 3467, 3408, cm^{-1}, absorption bands characteristic of the C=O (max. 1675, 1643 cm^{-1} amide I) and NH_2 (max. 1605 cm^{-1}, amide II) of the amide group ($-CONH_2$). The appearance of a large absorption bands at 2900-3200 cm^{-1} for the CH_2 groups are demonstrated.

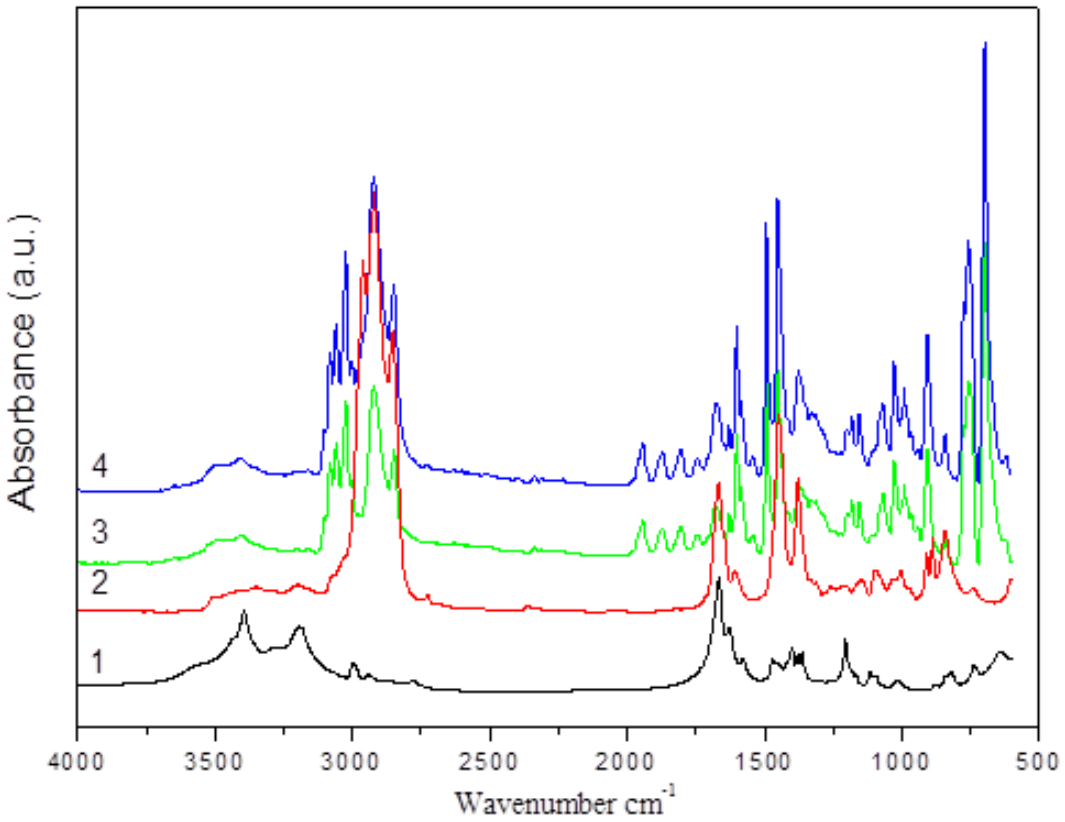


Fig. 2. Fragments of the IR-spectra for: ABIA – (1), OI – (2), OS – (3) and CO – (4).

The IR spectra (Fig. 2, spectrum 3) of synthesized OS with amide groups a showed absorption bands broad characteristic of the NH_2 end groups (max. 3481, 3408, cm^{-1}), absorption

bands characteristic of the bands of stretching vibrations of C=O linkages (max. 1671, 1628 cm^{-1} amid I) and NH_2 at (max. 1577 cm^{-1}, amide II) of the amide group (-$CONH_2$).

The IR spectra (Fig. 1, spectrum 4) CO with amide groups are observed characteristic bands of stretching vibrations of NH_2 (max. 3474, 3411 cm^{-1}), stretching vibration of C=O (max. 1678, 1631 cm^{-1} amide I) and NH_2 bending vibrations (max. 1581 cm^{-1}, amide II) of the amide group (-$CONH_2$).

IR spectra copolymer of isoprene with styrene (Fig. 1, spectra 3 and 4) is showed the bands of deformation vibrations (1800 – 2200 cm^{-1}) and stretching vibrations (3000 – 3200 cm^{-1}) of the CH groups phenyl ring.

Thus, the presence in the IR spectra of OI, OS, and CO with the terminal amide groups of absorption bands characteristic of amide groups, indicate the formation of oligomers of the proposed structure.

Applications. Have been received modified polymeric film-forming alkyd materials with high protective properties by interaction alkyd resin (varnish PF–060) and synthesized functional oligomers with amide groups. It is proved, that at presence in structure alkyd 5 % oligomers result in substantial increase of parameters of durability at impact, elasticity and adhesion to a metal surface.

Table 2.

Comparative physicomechanical parameters of the synthesized polymeric film-forming material and industrial analogue PF–060

Parameter	Industrial analogues PF-060	Polymeric film-forming materials
Drying time of film to degree 3, at 20±5 °C, hour	27	24
Hardness, point	0,38	0,43
Adhesion, (Method of trellised cuts), point	2	1
Shock strength, кGs	20	50
Elasticity, mm	1	1
Tg, °C	18,94	13,30
ΔCp, Jg/K*grad	0,270	0,296

It was determined that obtained materials are significantly better then industrial analogues by their physical chemical and protective properties, especially anticorrosion stability [10, 11]. So, these materials can be recommended for using as protective coatings for energy and chemical equipment, auto industries and the objects of domestic facilities.

Conclusions. Thus, the inclusion in the base polymer matrix a structural fragment of functional oligomers (various amounts) forms a systems with new desired properties. Found a significant increase in sensitivity of the compositions, degree of the structure forming (estimated by determining the hardness), a significant improvement in adhesion to the base of the application layer. This allows you to create new composite materials with controllable properties and to extend the capabilities of these materials for application in instrument manufacture, microelectronics as a protective coating of printed circuit boards and chips in the printing industry in the manufacture of label production, packaging, securities.

Література

1. Pabin-Szafko B., Wisniewska E., Czech Z. Selected radical azoinitiators in the synthesis of solvent-borne acrylic pressure-sensitive Adhesives // Chemistry & Chemical Technology. – 2009. – V.3. – № 2. – P. 123–132.
2. Yameen, B. A facile route for the preparation of azide-terminated polymers. ‘‘Clicking’’ polyelectrolyte brushes on planar surfaces and nanochannels / B. Yameen, M. Ali, M. Alvarez, R. Neumann, W. Ensinger, W. Knolld and O. Azzaroni // Polym. Chem. – 2010. – № 1. – P. 183–192.
3. Rajalingman P., Sharpe J., Baker W. Ground rubber tire/thermoplastic composites: Effect of different ground rubber tires // Rubb. Chem. Technol. – 1993. – Vol. 66, No. 4. – P. 664–677.
4. Investigation of the end groups of polymers/macromonomers by radical chain transfer reactions / Y. Tsukahara, Y. Nakanishi, Y. Yamashita, H. Ohtani, Y. Nakashima, Y. F. Luo, T. Ando, S. Tsuge // Macromolecules. – 1991. – V. 24, N. 9. – P. 2493–2497.
5. Physico-chemical properties of block copolymers based on polyazoinitiator and butylmethacrylate / Bus’ko N. A., Grishchenko V. K., Barantsova A. V., Babkina N. V., Silchenko Yu. // Kautshuk Gummi Kunstoffe. – 2010, №1. – P. 36–39.
6. Synthesis of telechelics with furanyl end-groups by radical polymerisation with azo-initiators and network formation with unsaturated polyesters via Diels-Alder additions Dirk Edelmann, Helmut Ritter / Makromolekulare Chemie. – 1993. – V. 194. – Issue 4. – P. 1183–1195.
7. Патент на корисну модель UA 47180 U МПК (2009) C07CF Амід 2,2́-азо-біс-ізомасляної кислоти як ініціатор радикальної полімеризації дієнових і вінілових мономерів // Грищенко В. К., Гудзенко Н. В., Баранцова А.В., Бусько Н. А. Опубл. 25.01.2010, Бюл. № 2.
8. Synthesis of hydroxy-functionalized star-branched PMMA by anionic polymerization / Baskaran D., Dhara M. G., Sivaram S. // Polym. Bull. – 2009. – № 63. – P. 185–196.
9. Synthesis and characterization of cyclohexene oxide functional polystyrene macromonomers by ATRP and their use in photoinitiated cationic polymerization / Degirmenci M., Izgin O., Acikses A., Genli N. // Reactive & Functional Polymers. – 2010. – №70. – P. 28–34.
10. Rubber seed oil modified with maleic anhydride and fumaric acid and their alkyd resins as binder in water reducible coatings / A. I. Aibgodion, F. E. Okieimen, E.U. Ikhuoria [et al.] // J. Appl. Polym. Sci. – 2003. – Vol. 89. – №12. – P. 3256–3259.

References

1. Pabin-Szafko, B., Wisniewska, E., Czech, Z. (2009) Selected radical azoinitiators in the synthesis of solvent-borne acrylic pressure-sensitive Adhesives. *Chemistry & Chemical Technology*. 3, 2, P. 123–132.
2. Yameen, B. (2010) A facile route for the preparation of azide-terminated polymers. Yameen, B., Ali, M., Alvarez, M., Neumann, R., Ensinger, W., Knolld W. and Azzaroni O. *Clicking’’polyelectrolyte brushes on planar surfaces and nanochannels. Polym. Chem*. 1, P. 183–192.
3. Rajalingman, P., Sharpe, J., Baker, W. (1993) Ground rubber tire/thermoplastic composites: Effect of different ground rubber tires. *Rubb. Chem. Technol*. 66, 4. P. 664–677.
4. Tsukahara, Y. (1991) Investigation of the end groups of polymers/macromonomers by radical chain transfer reactions. Tsukahara Y., Nakanishi Y., Yamashita Y., Ohtani, H., Nakashima, Y., Luo, Y. F., Ando, T., Tsuge, S. *Macromolecules*. 24, 9. P. 2493–2497.
5. Bus’ko N. A. (2010) Physico-chemical properties of block copolymers based on polyazoinitiator and butylmethacrylate. Bus’ko, N.A., Grishchenko, V.K., Barantsova, A. V., Babkina, N. V., Silchenko, Yu. *Kautshuk Gummi Kunstoffe*. 1. P. 36–39.
6. Synthesis of telechelics with furanyl end-groups by radical polymerisation with azo-initiators and network formation with unsaturated polyesters via Diels-Alder additions Dirk Edelmann, *Helmut Ritter / Makromolekulare Chemie.* 1993. V. 194. P. 1183–1195.
7. Hryshchenko, V. K., Hudzenko, N. V., Barantsova, A.V., Busko, N. A. (2010) Amid 2,2́-azo-bis-izomaslianoi kysloty yak initsiator radykalnoi polimeryzatsii diienovykh i vinilovykh monomeriv.. Ukrainian patent, no. 47180.
8. Baskaran, D., Dhara, M. G., Sivaram, S. (2009) Synthesis of hydroxy-functionalized star-branched PMMA by anionic polymerization. *Polym. Bull.* 63. P. 185–196.
9. Degirmenci, M., Izgin, O., Acikses, A., Genli, N. (2010) Synthesis and characterization of cyclohexene oxide functional polystyrene macromonomers by ATRP and their use in photoinitiated cationic polymerization. *Reactive & Functional Polymers*. 70. P. 28–34.
10. Aibgodion A. I. (2003) Rubber seed oil modified with maleic anhydride and fumaric acid and their alkyd resins as binder in water reducible coatings. A. I. Aibgodion, F. E. Okieimen, E. U. Ikhuoria [et al.] *J. Appl. Polym. Sci*. 89. 12. P. 3256–3259.
11. Karyakina M. I. (1988) *Ispytanie*

11. Карякина М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. – М: Химия. – 1988. – 272 с.

lakokrasochnykh materialov i pokrytiy [Testing of paints and coatings.] *M: Khimiya*. 272 p.[in Russian].

ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ РЕАКЦІЙНОЗДАТНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОЛІГОМЕРІВ

ГУДЗЕНКО Н.В., БАРАНЦОВА А.В., БУСЬКО Н.А., ГРИЩЕНКО В.К.
Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України

Мета. *Дослідження структурних характеристик алкідних смол і матеріалів на їх основі; додавання до структури алкідної смоли дієну / вінілу рідких каучуків або олігомерів з різними функціональними групами дозволяє отримувати полімерні матеріали різної хімічної природи та підвищують фізико-механічні показники.*

Методологія. *Модифіковані плівки полімерних алкідних матеріалів були охарактеризовані методами ІЧ-спектроскопії на приладі Тензор-37 (Bruker, Німеччина) .*

Результати. *Були отримані модифіковані полімерні матеріали з високими захисними властивостями при взаємодії алкідної смоли і синтезованих олігомерів. Доведено, що при наявності в структурі алкідних смол 3÷5 % дієн / вінілових олігомерів істотно збільшуються показники ударної міцності, еластичності і адгезії до металевої поверхні.*

Наукова новизна. *Вперше встановлено взаємозв'язок впливу наявності в структурі алкідних смол 3÷5 % дієн / вінілу, що призводить до істотного збільшення показників ударної міцності, еластичності і адгезії до металевої поверхні.*

Практична цінність. *Ці матеріали можуть бути рекомендовані для використання в якості захисних покриттів для енергії і хімічного обладнання, автоіндустрії та об'єктів побутових приміщень.*

Ключові слова: *олігоізопрен, олігостирол, радикальна полімеризація, модифікація.*

ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИОННОСПОСОБНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОЛИГОМЕРОВ

ГУДЗЕНКО Н.В., БАРАНЦОВА А.В., БУСЬКО Н.А., ГРИЩЕНКО В.К.
Институт химии высокомолекулярных соединений НАН Украины

Цель. *Исследование структурных характеристик алкидных смол и материалов на их основе; добавление к структуре алкидных смол диеновых / виниловых жидких каучуков или олигомеров с различными функциональными группами позволяет получать полимерные материалы различной структурной организации и увеличивать физико-механические параметры.*

Методика. *Модифицированные пленки полимерных алкидных материалов были охарактеризованы методами ИК-спектроскопии на приборе Tensor-37 (Bruker, Germany).*

Результаты. *Полученые модифицированные полимерные пленкообразующие материалы с высокими защитными свойствами путем взаимодействия алкидной смолы и синтезированных олигомеров. Доказано, что при наличии в структуре алкидных смол 3÷5 % диеновых / виниловых олигомеров происходит значительное увеличение параметров ударопрочности, эластичности и адгезии к поверхности металла.*

Научная новизна. *Доказано, что при наличии в структуре алкидных 3÷5 % диеновых / виниловых олигомеров наблюдается значительное увеличение параметров ударной вязкости, эластичности и адгезии к поверхности металла.*

Практическая ценность. *Эти материалы могут быть рекомендованы для использования в качестве защитных покрытий для энергетического и химического оборудования, автоиндустрии и объектов бытового назначения.*

Ключевые слова: *олигоизопрен, олигостирол, радикальная полимеризация, модификация.*

УДК 543.55; 543.64; 544.65

КУПРІЄНКО П. Ф.[1], КУРИСЬ Я. І.[2]
[1]Київський національний університет технологій та дизайну
[2]Інститут фізичної хімії ім. Л.В.Писаржевського НАН України

ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ДОПАМІНУ НА ЕЛЕКТРОДІ, МОДИФІКОВАНОМУ КОМПОЗИТОМ «ЕЛЕКТРОХІМІЧНО ВІДНОВЛЕНИЙ ОКСИД ГРАФЕНУ ПОЛІ (ПІРОЛ-3-КАРБОНОВА КИСЛОТА)»

Мета. *Встановлення можливості використання гібридних плівок на основі електрохімічно-відновленого оксиду графену (ЕВОГ) та спряженого полімеру полі(пірол-3-карбонова кислота) (ППЗКК) для електрохімічного визначення допаміну (ДА) в присутності аскорбінової (АК) та сечової (СК) кислот.*

Методика. *Для модифікування електроду нанокомпозитом використано електрохімічні підходи. Електрохімічні дослідження модифікованого електроду здійснювали за допомогою методу циклічної вольтамперометрії.*

Результати. *Встановлено, що модифікування склографітового (GC) електроду плівковим нанокомпозитом на основі ЕВОГ та ППЗКК дозволяє проводити електрохімічне детектування ДА в області концентрацій 20-1000 мкМ при наявності навіть 50 кратного надлишку АК, а також в присутності СК. Селективність такого модифікованого електроду може бути пов'язана з наявністю карбоксильних груп в структурі полімеру, які сприяють адсорбції позитивно зарядженого ДА на відміну від негативно заряджених АК та СК.*

Наукова новизна. *Вперше одержано гібридний нанокомпозит на основі ЕВОГ та ППЗКК. Об'єднання в композиті привабливих функціональних властивостей полімеру та графенового матеріалу забезпечує ефективне електрохімічне детектування ДА в присутності АК та СК.*

Практична значимість. *Отримані результати можуть бути використані для електрохімічного аналізу ДА у лікарських препаратах та біологічних зразках.*

Ключові слова: *модифіковані електроди, електроаналіз, допамін, полі(пірол-3-карбонова кислота), відновлений оксид графену.*

Вступ. Визначення допаміну (ДА) – нейромедіатору катехоламінів, що відіграє важливу роль у функціонуванні нирок, центральної нервової, гормональної і серцево-судинної систем – є важливим завданням сучасного аналізу. Використання електрохімічних підходів для експрес-детектування ДА вважається недорогим і зручним, однак проблемою є те, що поряд з ДА в біохімічних об'єктах і в лікарських препаратах містяться аскорбінова (АК) та сечова (СК) кислоти, які окислюються на немодифікованому склографітовому (GC) електроді в тому ж інтервалі потенціалів, що і ДА [1]. До того ж, пряме електрохімічне окиснення ДА, СК і АК на немодифікованому електроді вимагає високого потенціалу.

Одним із шляхів вирішення зазначеної проблеми може бути хімічна або електрохімічна модифікація електродів. Зокрема, для електрохімічного аналізу біологічно важливих речовин перспективним є використання електродів, модифікованих нанорозмірними вуглецевими матеріалами (нанотрубки, графен, відновлений оксид графену), органічними електропровідними полімерами (поліанілін, поліпірол та ін.) та композитами на їх основі [2-6]. Прикладом успішного використання останніх для електрохімічного детектування ДА в присутності АК та СК є запропоновані в роботах [4-6] електроди, модифіковані гібридними плівками на основі переокисненого поліпіролу з графеном або одношаровими вуглецевими нанотрубками. В той же час, використання подібних композитів в електроаналізі є досить обмеженим, що обумовлює актуальність проведення досліджень із створення нових перспективних нанокомпозиційних електродних матеріалів, які б за рахунок поєднання привабливих функціональних властивостей

полімерної і вуглецевої компоненти в одному матеріалі сприяли б підвищенню чутливості, селективності та відтворюваності при проведенні аналітичних вимірювань.

Постановка завдання. Мета роботи полягала у встановленні можливості ефективного електрохімічного детектування ДА в присутності АК та СК на GC-електроді, модифікованому новим нанокомпозитом на основі полі(пірол-3-карбонової кислоти) (ПП3КК) та електрохімічно-відновленого оксиду графену (ЕВОГ) за рахунок синергізму властивостей компонент такої гібридної плівки. При виборі компонент композиту ми керувалися припущеннями, що наявність в макромолекулі ПП3КК карбоксильної групи може забезпечити різний ефект взаємодії полімеру з кислотами (АК, СК) та основою (ДА), а наявність в складі композиту ЕВОГ дозволить підвищити електропровідність матеріалу та збільшити площу електрохімічно-активної поверхні модифікованого електроду.

Результати дослідження. Модифікацію GC-електродів плівками ПП3КК та ЕВОГ/ПП3КК проводили при кімнатній температурі в неподільній комірці (робочий електрод – дисковий, з видимою площею поверхні 0,03 см^2; допоміжний – платинова сітка; електрод порівняння – Ag/Ag^+ (E = 0,36 В відносно стандартного водневого електроду – SHE) з використанням комп'ютеризованого електрохімічного комплексу на базі потенциостату ПИ-50-1.1. Проведення відновлення плівок оксиду графену (ОГ) та електрохімічні вимірювання здійснювали у тій же самій комірці, але з електродом порівняння Ag/AgCl (3,0 моль/л KCl; E= 0,202 В відносно SHE).

Електрохімічну полімеризацію пірол-3-карбонової кислоти на GC-електроді проводили по аналогії з [7] із застосуванням потенціодинамічного режиму (-500÷1000 мВ; 15 циклів; 50 мВ/с) в електроліті 0,1 М $LiClO_4/CH_3CN$, що містив 10 мМ мономеру. Для модифікації GC-електроду плівкою ОГ на його поверхню наносили 2 мкл колоїдного ОГ (1 мг/мл), одержаного за модифікованим методом Хаммерса [8]. Після висушування на повітрі проводили незворотне відновлення плівки ОГ до ЕВОГ у водному 0,1 М KCl в потенціодинамічному режимі (0 ÷ -1 В, 10 мВ/с) (рис. 1 а, вставка). Електрохімічне формування композиційної плівки ЕВОГ/ПП3КК (рис. 1 а) проводили шляхом модифікування електроду ЕВОГ з наступним осадженням на такому GC/ЕВОГ електроді шару ПП3КК електрохімічною полімеризацією.

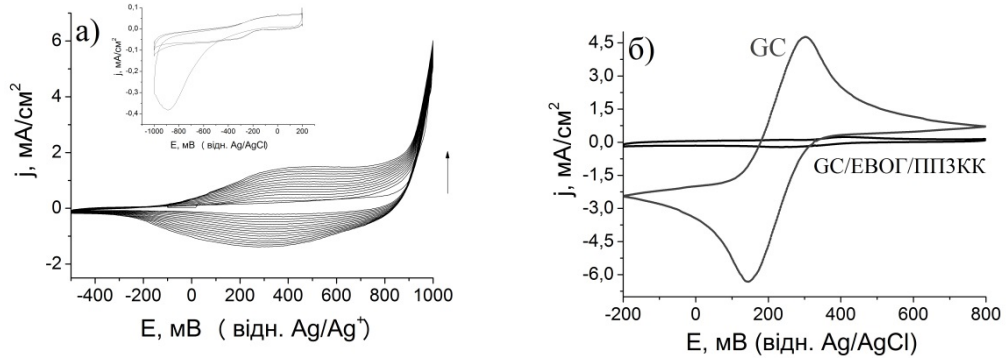


Рис. 1. **а) – формування гібридної плівки ЕВОГ/ПП3КК на GC-електроді (вставка – відновлення ОГ до ЕВОГ); б) – ЦВА GC та GC/ЕВОГ/ПП3КК електродів у 0,1М KCl, що містив 50 мМ $K_3[Fe(CN)_6]$**

На рис. 1 б наведено циклічні вольтамперограми (ЦВА), що відповідають окисненню/відновленню $K_3[Fe(CN)_6]$ на немодифікованому GC-електроді та

модифікованому ЕВОГ/ППЗКК електроді. Суттєве зменшення фарадеївського струму фероціанід-іона, що має місце на ЦВА після модифікування GC-електроду є, очевидно, наслідком утруднення дифузії аніонів $[Fe(CN)_6]^{3-}$ до поверхні електрода [5] через негативний заряд на композиті. Тобто, ППЗКК можна розглядати як негативно заряджену полімерну компоненту композиту, що здатна притягувати до себе позитивно заряджені катіони та, навпаки, відштовхувати аніони.

Враховуючи даний факт, викликало інтерес порівняти перебіг процесів електрохімічного окиснення ДА, АК, СК, а також їхньої суміші на немодифікованому GC-електроді, а також на електроді, модифікованому композитом ЕВОГ/ППЗКК та його окремими компонентами. Було встановлено, що детектування ДА в присутності АК та СК на немодифікованому електроді є неможливим через суттєве перекривання піків окиснення ДА, АК і СК (рис. 2 а). Модифікація GC-електроду ЕВОГ дозволяє лише знизити потенціали окиснення аналітів (за винятком СК) принаймні на ~ 100 мВ, що свідчить про електрокаталітичні властивості ЕВОГ у зазначених процесах, тоді як небажане перекривання відповідних піків в ЦВА залишається практично без змін. Анодний пік в ЦВА, який відповідає окисненню АК на GC/ППЗКК електроді, практично зникає, що узгоджується із зробленими вище припущеннями, але, не очікувано, пік окиснення СК практично не змінює своєї інтенсивності, а лише зміщується в катодний бік на ~ 50 мВ, частково перекриваючи пік окиснення ДА, що заважає детектуванню останнього в присутності СК.

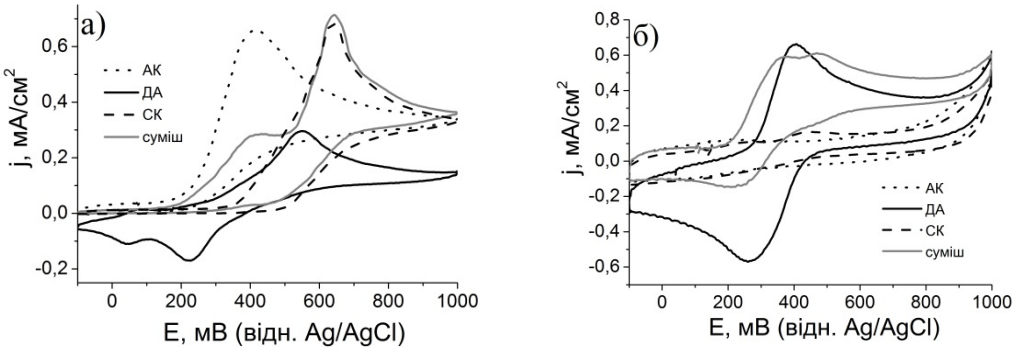


Рис. 2. **ЦВА окиснення АК (5мМ), ДА (1мМ), СК (8мМ) та їх суміші в 0,1М KCl на GC (а) та GC/ЕВОГ/ППЗКК (б) електродах**

Найбільш цікавим з точки зору електрохімічного визначення ДА виявились результати, що одержані нами для GC/ЕВОГ/ППЗКК електроду (рис. 2 б). У цьому випадку не тільки має місце зниження потенціалу окиснення ДА порівняно з немодифікованим електродом (на ~ 150 мВ), а й пригнічується окиснення як АК, так і СК, в той час як окиснення ДА є яскраво вираженим (початок окиснення в області ~ 290 мВ, максимум анодного піку ~ 400 мВ, густина струму ~ 0,7 мА/см^2). Важливо відзначити, що за таких умов детектування електрохімічному визначенню ДА не заважає присутність АК і СК в розчині, що аналізується у концентраціях, які в 5-8 разів перевищують такі для ДА. Тобто, параметр j_{pa} (густину струму анодного піку окиснення) можна, на наш погляд, застосовувати як сенсорний відгук на ДА навіть в присутності достатньо високої концентрації АК та СК.

Селективність GC/ЕВОГ/ППЗКК електроду може бути пов’язана з наявністю від’ємних зарядів на полімерній компоненті композитів, що обумовлює принципово різну взаємодію між композитом та позитивно зарядженим ДА, або негативно зарядженими АК і

СК [5, 6]. В той же час, пояснення відсутності пригнічення окиснення СК у випадку GC/ППЗКК потребує проведення додаткових досліджень. Можливо, даний ефект пов'язаний з різницею у морфології та властивостях ППЗКК на різних «підкладках» [5, 9] – безпосередньо на GC та на GC/ЕВОГ.

Методом циклічної вольтамперометрії нами було досліджено процес окиснення/відновлення ДА в присутності АК на модифікованому композитом GC-електроді при різних швидкостях розгортки потенціалу (рис. 3 а) та встановлено, що значення густини струмів анодного (j_{pa}) і катодного (j_{pc}) піків на ЦВА лінійно залежать від швидкості розгортки потенціалу в діапазоні 49÷256 мВ/с. Отримані результати свідчать про дифузійний контроль такої електрокаталітичної реакції, що бажано для кількісного електрохімічного аналізу [5].

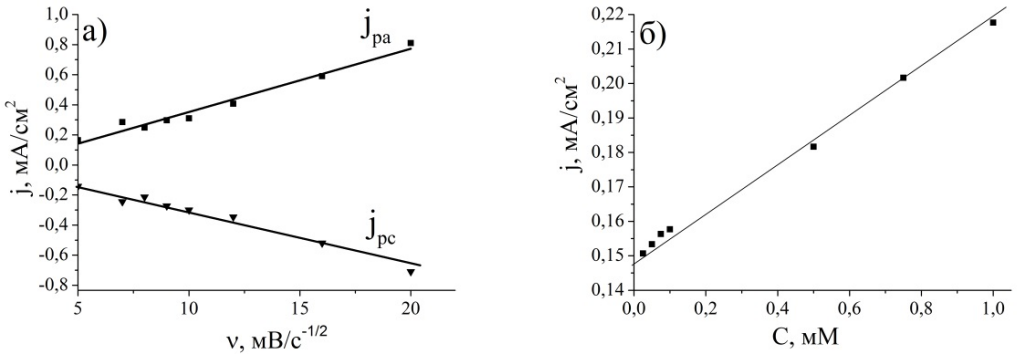


Рис. 3. **а) – лінійна залежність густини струму піків окиснення (j_{pa}) та відновлення (j_{pa}) ДА (0,5 мМ) в присутності АК (1мМ) від кореня швидкості розгортки потенціалу; б) – залежність j_{pa} ДА від його концентрації (С) в електроліті. Електрод – GC/ЕВОГ/ППЗКК; електроліт – фосфатно-цитратний буферний розчин з pH=5**

Враховуючи одержані результати, нами було проведено електрохімічне визначення ДА в присутності 1 мМ АК в області концентрацій ДА 20-1000 мкМ та встановлено, що із збільшенням концентрації аналіту має місце лінійне зростання j_{pa}, що відповідає окисненню ДА (рис. 2 а), в той час як очевидних сигналів, пов’язаних з окисненням АК на ЦВА, не спостерігається. Такі результати свідчать про можливість застосування нанокомпозиту ЕВОГ/ППЗКК в якості чутливого матеріалу для електрохімічного визначення ДА у мікромолярній області концентрацій аналіту, в тому числі при наявності навіть 50 кратного надлишку АК. На наш погляд, нижня межа концентрацій ДА, які можуть бути визначені з використанням GC/ЕВОГ/ППЗКК електроду, є значно нижчою, але перевірка даного припущення потребує використання більш чутливого електрохімічного обладнання.

Висновки. Одержано новий плівковий нанокомпозит на основі полі(пірол-3-карбонової кислоти) (ППЗКК) та електрохімічно-відновленого оксиду графену (ЕВОГ). Встановлено, що модифікування GC-електроду композитом ЕВОГ/ППЗКК дозволяє знизити потенціал окиснення ДА на ~ 150 мВ. Показано, що використання GC/ЕВОГ/ППЗКК електроду дає змогу проводити електрохімічне детектування ДА в області концентрацій 20-1000 мкМ при наявності навіть 50 кратного надлишку АК, а також в присутності СК. Селективність GC/ЕВОГ/ППЗКК електроду може бути пов’язана з наявністю карбоксильних груп в структурі полімеру, які сприяють адсорбції позитивно зарядженого ДА на відміну від негативно заряджених АК та СК.

Література

1. Zen, J.M., Chen, P. (1997). A selective voltammetric method for uric acid and dopamine detection using clay-modified electrodes. Anal. Chem., 69 (24), 5087-5093.
2. Ambrosi, A., Bonanni, A., Sofer, Z., Cross, J.S., Pumera, M. (2011). Electrochemistry at chemically modified graphenes. Chem. Eur. J., 17 (38), 10763-10770.
3. Malinauskas, A., Garjonyt, R., Mažeikien, R., Jurevičiūt, I. (2004). Electrochemical response of ascorbic acid at conducting and electrogenerated polymer modified electrodes for electroanalytical applications: a review. Talanta, 64 (1), 121-129.
4. Si, P., Chen, H., Kannan, P., Kim, D.-H. (2011). Selective and sensitive determination of dopamine by composites of polypyrrole and graphene modified electrodes. Analyst, 136 (24), 5134–5138.
5. Zhuang, Z., Li, J., Xu, R., Xiao, D. (2011). Electrochemical detection of dopamine in the presence of ascorbic acid using overoxidized polypyrrole/graphene modified electrodes. Int. J. Electrochem. Sci., 6 (6), 2149-2161.
6. Wen, J., Zhou, L., Jin, L. Cao, X., Ye, B.C. (2009). Overoxidized polypyrrole/multi-walled carbon nanotubes composite modified electrode for in vivo liquid chromatography–electrochemical detection of dopamine. J. Chromatogr. B, 877 (20), 1793-1798.
7. Kumar, S.A., Chen, S.M. (2008). Electroanalysis of NADH using conducting and redox active polymer/carbon nanotubes modified electrodes-A review. Sensors, 8 (2), 739-766.
8. De Giglio, E., Losito, I., Dagostino, F., Sabbatini, L., Zambonin, P.G., Torrisi, A., et al. (2004). Analytical characterization of poly(pyrrole-3-carboxylic acid) films electrosynthesised on Pt, Ti and Ti/Al/V substrates. Ann. Chim., 94 (3), 207-218.
9. Kovtyukhova, N.I., Ollivier, P.J., Martin, B.R., Mallouk, T.E., Chizhik S.A., Buzaneva E.V., et al. (1999). Layer-by-layer assembly of ultrathin composite films from micron-sized graphite oxide sheets and polycations. Chem. Mater., 11 (3), 771-778.
10. Witkowski, A., Brajter-Toth, A. (1992). Overoxidized polypyrrole films: a model for the design of permselective electrodes. Anal. Chem., 64 (6), 635-641.

References

1. Zen, J.M., Chen, P. (1997). A selective voltammetric method for uric acid and dopamine detection using clay-modified electrodes. Anal. Chem., 69 (24), 5087-5093.
2. Ambrosi, A., Bonanni, A., Sofer, Z., Cross, J.S., Pumera, M. (2011). Electrochemistry at chemically modified graphenes. Chem. Eur. J., 17 (38), 10763-10770.
3. Malinauskas, A., Garjonyt, R., Mažeikien, R., Jurevičiūt, I. (2004). Electrochemical response of ascorbic acid at conducting and electrogenerated polymer modified electrodes for electroanalytical applications: a review. Talanta, 64 (1), 121-129.
4. Si, P., Chen, H., Kannan, P., Kim, D.-H. (2011). Selective and sensitive determination of dopamine by composites of polypyrrole and graphene modified electrodes. Analyst, 136 (24), 5134–5138.
5. Zhuang, Z., Li, J., Xu, R., Xiao, D. (2011). Electrochemical detection of dopamine in the presence of ascorbic acid using overoxidized polypyrrole/graphene modified electrodes. Int. J. Electrochem. Sci., 6 (6), 2149-2161.
6. Wen, J., Zhou, L., Jin, L. Cao, X., Ye, B.C. (2009). Overoxidized polypyrrole/multi-walled carbon nanotubes composite modified electrode for in vivo liquid chromatography–electrochemical detection of dopamine. J. Chromatogr. B, 877 (20), 1793-1798.
7. Kumar, S.A., Chen, S.M. (2008). Electroanalysis of NADH using conducting and redox active polymer/carbon nanotubes modified electrodes-A review. Sensors, 8 (2), 739-766.
8. De Giglio, E., Losito, I., Dagostino, F., Sabbatini, L., Zambonin, P.G., Torrisi, A., et al. (2004). Analytical characterization of poly(pyrrole-3-carboxylic acid) films electrosynthesised on Pt, Ti and Ti/Al/V substrates. Ann. Chim., 94 (3), 207-218.
9. Kovtyukhova, N.I., Ollivier, P.J., Martin, B.R., Mallouk, T.E., Chizhik S.A., Buzaneva E.V., et al. (1999). Layer-by-layer assembly of ultrathin composite films from micron-sized graphite oxide sheets and polycations. Chem. Mater., 11 (3), 771-778.
10. Witkowski, A., Brajter-Toth, A. (1992). Overoxidized polypyrrole films: a model for the design of permselective electrodes. Anal. Chem., 64 (6), 635-641.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПАМИНА НА ЭЛЕКТРОДЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ КОМПОЗИТОМ «ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ ВОССТАНОВЛЕННЫЙ ОКСИД ГРАФЕНА – ПОЛИ(ПИРРОЛ-3-КАРБОНОВАЯ КИСЛОТА)»

КУПРИЕНКО П. Ф.[1], КУРЫСЬ Я. И.[2]
[1]Киевский национальный университет технологий и дизайна
[2]Институт физической химии им. Л.В.Писаржевского НАН Украины

Цель. *Установление возможности использования гибридных пленок на основе электрохимически-восстановленного оксида графена (ЭВОГ) и сопряженного полимера поли(пиррол-3-карбоновая кислота) (ПП3КК) для электрохимического определения допамина (ДА) в присутствии аскорбиновой (АК) и мочевой (МК) кислот.*

Методика. *Для модифицирования электрода нанокомпозитом использованы электрохимические подходы. Электрохимические исследования модифицированного электрода проводили с помощью метода циклической вольтамперометрии.*

Результаты. *Установлено, что модифицирование GC-электрода пленочным нанокомпозитом на основе ЭВОГ и ПП3КК позволяет проводить электрохимическое детектирование ДА в области концентраций 20-1000 мкМ при наличии даже 50 кратного избытка АК, а также в присутствии МК. Селективность такого модифицированного электрода может быть связана с наличием карбоксильных групп в структуре полимера, которые способствуют адсорбции положительно заряженного ДА в отличие от отрицательно заряженных АК и МК.*

Научная новизна. *Впервые получен гибридный нанокомпозит на основе ЭВОГ и ПП3КК. Объединение в композите привлекательных функциональных свойств полимера и графенового материала обеспечивает эффективное электрохимическое детектирование ДА в присутствии АК и СК.*

Практическая значимость. *Полученные результаты могут быть использованы для электрохимического анализа ДА в лекарственных препаратах и биологических образцах.*

Ключевые слова: *модифицированные электроды, электроанализ, допамин, поли(пиррол-3-карбоновая кислота), восстановленный оксид графена.*

ELECTROCHEMICAL DETECTION OF DOPAMINE ON THE ELECTRODE, MODIFIED WITH ELECTROCHEMICAL REDUCED GRAPHENE OXIDE – POLY(PYRROLE-3-CARBOXYLIC ACID) COMPOSITE

KUPRIIENKO P. F.[1], KURYS Ya. I.[2]
[1]Kiev National University of Technologies and Design
[2]L.V. Pysarzhevsky Institute of Physical Chemistry of NAS of Ukraine

Purpose. *Ascertaining the possibility of using hybrid films based on electrochemically reduced graphene oxide (ERGO) and a conjugated polymer poly (pyrrole-3-carboxylic acid) (PP3CA) for the electrochemical detection of dopamine (DA) in the presence of ascorbic (AA) and uric (UA) acids.*

Methodology. *Electrochemical approaches were used to modify the electrode with a nanocomposite. Electrochemical studies of the modified electrode were carried out using the cyclic voltammetry method.*

Findings. *It was founded that modifying the GC electrode with a film nanocomposite based on ERGO and PP3CA allows electrochemical detection of DA in the concentration range of 20-1000 μM in the presence of even 50-fold excess of AA, and also in the presence of UA. The selectivity of such a modified electrode may be due to the presence of carboxyl groups in the polymer structure that promote the adsorption of positively charged DA as opposed to negatively charged AA and UA.*

Originality. *A hybrid nanocomposite based on ERGO and PP3CA was obtained for the first time. The combination of attractive functional properties of the polymer and graphene material in the composite provides effective electrochemical detection of DA in the presence of AA and UA.*

Practical value. *The results obtained can be used for electrochemical analysis of DA in pharmaceuticals and biological samples.*

Key words: *modified electrodes, electroanalysis, dopamine, poly(pyrrole-3-carboxylic acid), reduced graphene oxide.*

УДК 678.06:661

ГРЕЧАНИК Ю. В.[1], КОЗАРЬ О. П.[2]
[1]Київський національний університет технологій та дизайну
[2]Мукачівський державний університет

ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД БЕЗПЕЧНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПГМГ-ГХ В ГАЛУЗЯХ НАРОДНОГО ГОСПОДАРСТВА

Мета. *Моніторинг ринку застосування похідних полігексаметиленгуанідін гідрохлориду як антибактеріальної складової препаратів та визначення можливостей його застосування в сферах легкої промисловості.*

Методика: *Огляд наукових джерел про загальний стан досліджуваної теми.*

Результати. *Проаналізовано ряд науково-патентної літератури за останні 15 років патентної бази України та міжнародної бази* «Espacenet Patent search»*, визначено перспективні сфери застосування полігексаметиленгуанідін гідрохлориду за аналітичним оглядом.*

Наукова новизна. *Досліджено запатентовані наукові розробки щодо застосування полігексаметиленгуанідін гідрохлориду в різних сферах промисловості за останні 15 років.*

Практична значимість. *Проведено аналіз динаміки патентування та сфер використання полігексаметиленгуанідін гідрохлориду за 2001-2015 роки.*

Ключові слова: *полігексаметиленгуанідін гідрохлорид, полімерні препарати, патент, антибактеріальні властивості, дезінфекція.*

Вступ. Полімерні матеріали природного та синтетичного походження широко використовуються в різноманітних галузях науки та техніки. За останні роки розвитку полімерної галузі, полімери набувають все більшої популярності в застосуванні у різних сферах людської діяльності, в тому числі і у сфері легкої промисловості.

Особливу увагу приділяють вирішенню питання боротьби з шкідливими мікроорганізмами, тобто створенню нових препаратів, на основі полімеру, з покращеними бактерицидними властивостями.

На даний час добре відомо, що органічні з'єднання, які містять у своєму складі гуанідінову складову мають відмінні бактерицидні властивості та використовуються в якості лікувальних препаратів та фунгіцидів [1]. Гуанідін містить три активних атоми азоту (рис.1), що фактично дозволяє вводити до складу препаратів на його основі, різноманітні компоненти та отримувати необхідний для біоцидної активності позитивний заряд. Його похідні не інактивуються білками та біорозчинні, саме тому вони мають широкий спектр використання в якості фізіологічно-активних препаратів (дезінфікуючі засоби, ліки, пестициди і.т.д.) [2].

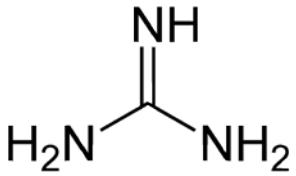


Рис. 1. **Хімічна формула гуанідіну**

Завдяки наявності в таких з'єднаннях функціональних аміногруп, вони можуть бути використані в реакціях поліконденсації для синтезу полігетероаріленів. Крім того, для таких полімерів характерні високі показники міцності, високі діелектричні властивості, а також висока радіаційна та хімічна стійкість [3].

Безумовно, вагомим показником бактерицидних препаратів на основі гуанідіну є низька токсичність для організму людини. Гуанідіни здатні утворювати на оброблених поверхнях плівки, що дозволяє багатьом виробникам гуанідінвмісних дезинфікуючих засобів вказувати на пролонговану дію препаратів при обробці поверхонь без подальшого вимивання; у вигляді гранул або порошку вони відносно повільно розчинні у воді кімнатної температури.

До складу дезинфікуючих засобів, що містять гуанідін та передбачені для бактерицидної дезінфекції поверхні, в більшості випадків використовують полігексаметиленгуанідін гідрохлорид (ПГМГ-ГХ).

Вперше ПГМГ-ГХ був отриманий в 30-ті роки в Німеччині фірмою Schering-Kahlbaum AG з ціанідних похідних гуанідіну. Технологія синтезу пізніше була удосконалена працівниками американської фірми «Du Pont» (США) [4], яка розглядала препарати такого типу, як компоненти полімерних матеріалів та запропонувала отримувати їх конденсацією гексаметилендіаміна (ГМДА) з гексаметилендиціанамідом. Проте в 70-ті роки в СССР була розроблена більш ефективна технологія на основі конденсації ГМДА з гуанідіном, що дозволило розробити промислову технологію отримання ПГМГ-ГХ для нафтогазової та електрохімічної промисловості [5]. Не зважаючи на те, що ПГМГ-ГХ - катіонний поліелектроліт, він має унікальне поєднання фізико-хімічних і біоцидних властивостей, а його синтез і створення нових органічних з'єднань на його основі залишаються актуальними.

Завдяки біоцидним властивостям ПГМГ-гідрохлорид відносять до біоцидів широкого спектра антимікробної активності, адже він виявляє руйнівний вплив на грамнегативні і грампозитивні бактерії (золотистий стафілокок гине при концентрації полігексаметиленгуанідіну - 0,0015%, синьо гнійна паличка - при 0,007%), вірусів (в тому числі вірусів ентеральних і парентеральних гепатитів, ВІЛ, поліомієліту, грипу, герпесу та ін.), грибів (в тому числі цвілевих, дріжджових і дріжджеподібних, грибів роду Кандида, кандидоз, дерматофітів). Він має дезодоруючою дією, надає тривалий бактерицидний ефект, який може зберігатися в залежності від поверхні й інших зовнішніх факторів від 3 днів до 8 місяців, що робить цей продукт унікальним.

Серед основних фізико-хімічних властивостей ПГМГ-гідрохлориду варто виділити те, що він немає кольору та запаху, являється пожежо- та вибухо- безпечний, повністю розчинний у воді та розчиняється у спирті, не втрачає своїх властивостей при негативних температурах, не розкладається та зберігає свої фізико-хімічні та біоцидні властивості до температури +120 °С, pH 1%-го водного розчину 7–10,5. Термін придатності 20%-го водного розчину - не менше 5 років, 100% -го концентрату - не менше 7 років.

Важливим параметром при синтезі та застосуванні антисептичних препаратів є їхня дія не тільки на мікрооб'єкти, від яких проводять захист, але й на здоров'я людини. За параметрами токсичності ПГМГ-ГХ відносять до 3 класу помірно небезпечних речовин при введенні в шлунок, до 4 класу малонебезпечних речовин при нанесенні на шкіру за ГОСТ 12.1.007-76. При концентрації 0,05-4% діючої речовини при одноразовому впливі на шкіру не виявлено подразнювальної дії. Такі особливі властивості роблять ПГМГ-ГХ перспективним матеріалом в сфері захисту людини від шкідливої дії ряду бактерій, вірусів та грибків в абсолютно різних сферах діяльності людини.

Області застосування полігексаметиленгуанідину гідрохлориду надзвичайно різноманітні, що свідчить про його ефективність та доступність. Широкого застосування знайшов в медичній і ветеринарній дезинфекції (розчини з концентрацією 0,1-5% діючої речовини), в харчовій промисловості (при вмісті 0,05-0,5%), системах вентиляції та кондиціонування повітря [6, 7] - в залізничному транспорті та метрополітені, комунальних об'єктах, дитячих та навчальних закладах, тощо. Успішно використовується для очищення і знезараження води [8–9]: плавальних басейнів; аквапарків; питної води, в тому числі в системах централізованого та нецентралізованого (локального) питного водопостачання (концентрація 7-34,5%) і при надзвичайних ситуаціях; води на снігоплавильних станціях; стічних вод; води відкритих водойм; води в фонтанах; води для поливання вулиць; питної та технічної води при транспортуванні на великі відстані; води оборотних систем технічного та питного водопостачання. Застосовується для дезинфекції поверхонь [10-11]: приміщень, обладнання та ємностей зберігання, транспортування, подачі та розливу питної води; обладнання оборотних систем технічного та питного водопостачання; тари для зберігання технічної та питної води; допоміжного інвентарю і т.п. Проявляє антимікробні та вогнестійкі властивості, як добавка для створення біоцидних фарб та покриттів [12-13].

Знайшов своє використання ПГМГ-ГХ і в сільському господарстві - сприяє захисту насіння та рослин, стимуляції росту, збільшенню терміну зберігання плодів [14]. При невеликих концентраціях 0,01…0,5% використовується для лікування слизових оболонок організму людини [15].

Результати та їх обговорення. З метою виявлення можливостей використання ПГМГ-ГХ у шкіряній та взуттєвій промисловості, було здійснено дослідження наукових запатентованих розробок за 2001-2015 роки. Аналіз динаміки патентування свідчить про досить інтенсивну наукову роботу, проведену за цей період (рис.2).

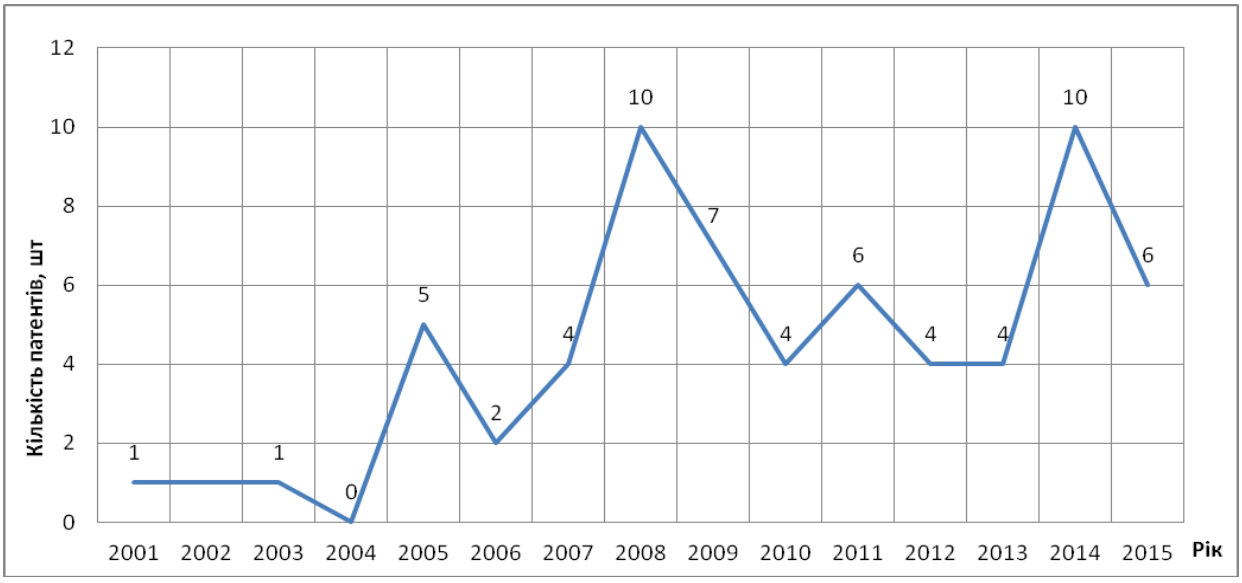


Рис. 2 **Аналіз динаміки патентування наукових розробок на основі ПГМГ-ГХ на території України 2001-2015 рр.**

Найбільш активною діяльність наукової спільноти була в 2008 та 2014 роках, на які приходиться по 10 патентів. Проте, дослідження областей реєстрації патентів (рис. 3) показало, що близько 14% розглянутих патентів присвячено удосконаленню технології

отримання ПГМГ-ГХ (Пат. 34327 Україна, МПК C08G 12/00, C07C 279/02, C07C 279/00. Спосіб одержання полігексаметиленгуанідин-гідрохлориду), 41% - препаратам антимікробної, дезинфікуючої дії різних сфер застосування: легка промисловість (Пат. 99739 Україна, МПК D06M 11/00. Спосіб надання перманентних антимікробних властивостей панчішно-шкарпетковим виробам з вмістом вовни), харчова промисловість (Пат. 99569 Україна, МПК A61L 2/18. Спосіб дезінфекції приміщень та обладнання у харчовій промисловості дезінфекційним засобом "гігієнізер"), деревообробна промисловість (Пат. 92979 Україна, МПК B27K 3/02, B27K 3/08. Суміш просочувальна для вогне-біозахисту деревини та виробів з неї), медицина (Пат. 106203 Україна, МПКA61K 9/70, A61L 27/00, A61L 27/28. Ендопротез сітчастий для герніопластики та спосіб виготовлення ендопротеза сітчастого для відновлювальної хірургії), 5% - використанню для очищення води та повітря [6-8], 9% - безпосередньо в медицині (перев'язувальний матеріал, лікувально-дезинфікуючі препарати і т.д.), 31% - присвячено розробкам в галузі сільського господарства (стимуляція росту і розвитку зернових та олійних культур (Пат. 77607 Україна, МПК A01C 1/00, A01N 47/40. Стимулятор росту і розвитку зернових культур та спосіб стимулювання росту і розвитку кукурудзи та пшениці), дезінфекції перед зберіганням (Пат. 86763 Україна, МПК A23B 7/16, A23B 7/153. Спосіб дезінфекції цукрових буряків "біостеридом міцним" перед зберіганням у кагатах), знезараженням ґрунту (Пат. 93419 Україна, МПК A61L 2/16. Спосіб знезараження ґрунту), тощо. Не відмічено використання ПГМГ-ГХ в наукових розробках шкіряної та взуттєвої галузей.

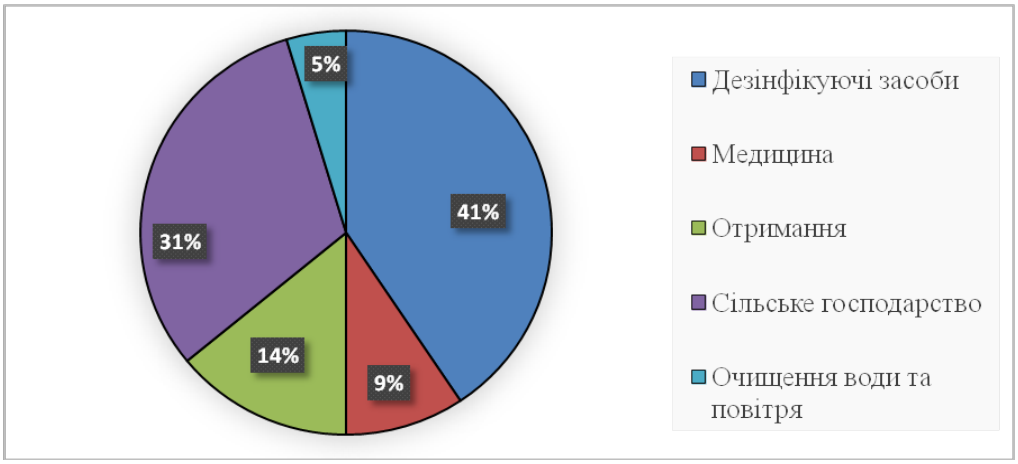


Рис. 3. **Сфери використання ПГМГ-ГХ**

Також, було проведено аналітичний огляд наукових розробок на основі ПГМГ-ГХ, зареєстрованих в «Espacenet Patent search». Станом на даний час в базі зареєстровано 112 патентів за період 2001-2015 рр. Динаміку патентування показано на рис. 4.

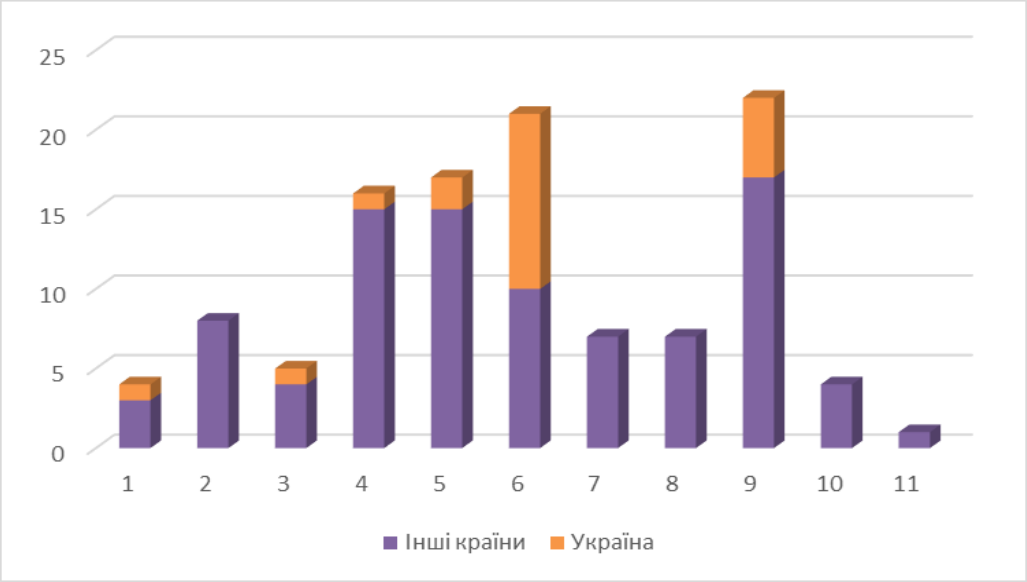


Рис. 4. **Динаміка патентування наукових розробок на основі ПГМГ-ГХ згідно бази патентів «Espacenet Patent search»: 1- харчова промисловість; 2- фармацевтична промисловість; 3 – легка промисловість; 4 - медицина; 5 – дезинфікуючі засоби; 6 – сільське господарство; 7 – лако-фарбові покриття; 8 – очищення води; 9 – отримання та розробка нових компонентів; 10 – целюлозно-паперова промисловість; 11 – очищення повітря**

Аналізуючи отримані дані, очевидним стає те, що питання застосування ПГМГ-ГХ в світовій науковій спільноті є питанням актуальним (про це свідчить кількість опублікованих патентів). Найбільш наукових розробок, щодо отримання та розробки нових компонентів на основі ПГМГ-ГХ мають такі галузі, як сільське господарство, медицина та дезинфікуючі засоби. Україна, як країна з розвиненим сільським господарством, вносить свій значний вклад саме в цю сферу діяльності, проте відмічаються розробки і в сфері отримання та виготовлення нових бактерицидних компонентів на основі гуанідіну у харчовій та легкій промисловості, медицині, тощо.

Безумовно, все це свідчить про актуальність цього матеріалу та невичерпність його можливостей. У зв'язку з безупинним розвитком людської діяльності, погіршенні екологічного стану навколишнього середовища, виникненні нових загроз здоров'ю людини постійно актуальним залишається питання захисту людського здоров'я та пошуку нових матеріалів. ПГМГ-ГХ проявляє себе перспективним матеріалом для вирішення цього класу задач. Зокрема, перспективним завданням є дослідження використання ПГМГ-ГХ для надання антибактеріальної стійкості взуттєвим матеріалам.

Висновки:

- Аналіз патентної літератури показав, що ПГМГ-ГХ знаходить успішне застосування в багатьох сферах людської діяльності завдяки сильній антимікробній активності до бактерій, вірусів, грибів.
- Завдяки біоцидним, фізико-хімічним та токсикологічним параметрам ПГМГ-ГХ є унікальним біоцидом, який доступний, ефективний та безпечний для здоров'я людини.
- В результаті опрацювання патентної літератури не було виявлено застосування цього матеріалу у сфері виготовлення шкіряних матеріалів з заданими антибактеріальними властивостями.

Література

1. Кнунянц И. Л. Химическая энциклопедия. Советская энциклопедия [Текст] под ред. И.Л. Кнунянца. – М.:, 1988. – С. 1209.
2. Хаширова С. Ю. Новые гибридные нанокомпозиты на основе слоистых силикатов и ионогенных мономер/полимерных акрилат- и метакрилатгуанидинов [Текст]/ С. Ю. Хаширова, Ю. И. Мусаев, Ю. А. Малкандуев, М. Х. Лигидов, Э. Б. Мусаева, Н. А. Сивов, А.К. Микитаев // Нанотехника. – 2009. – №3. – С. 58–65.
3. Виноградова С. В. Поликонденсационные процессы и полимеры. [Текст] / В. А. Васнев, С. В. Виноградова // М.: Наука, МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. – С. 373.
4. Pat. US 2325586 A. Polymeric guanidines and process for preparing the same [Text] Bolton Elmer K, Coffman Donald D, Lucius Gilman; Du Pont. – Stated 21.03.1940, Published 3.08.1943.
5. Биоцидные препараты на основе производных полигексаметиленгуанидина [Текст]/ Светлов Д. А. //«Жизнь и безопасность» - 2005 г.- №3-4
6. Пат. 84592 Україна, МПК A61L/16. Дезінфікуючий засіб на основі похідних гуанідину та четвертинних амонієвих солей, способи його одержання та використання[Текст]/ Ю.В. Нижник, В.Ф. Марієвський, Г.І. Баранова; Товариство з обмеженою відповідальністю «Науково- виробниче підприємство «Біоцид». -№ a200609162; заяв. 18.08.2006; опублік. 10.11.2008, Бюл. №21
7. Пат. 84593 Україна, МПК A01N 25/10 Дезінфікуючий засіб на основі полігуанідинів, способи його одержання та використання [Текст]/ Ю. В. Нижник, В. Ф. Марієвський, Г. І. Баранова; власник Товариство з обмеженою відповідальністю «Науково-виробниче підприємство «Біоцид». -№ a200609163; заяв. 18.08.2006; опублік. 10.11.2008, Бюл. №21
8. Пат. 105709 Україна, МКП C02F 1/50 Спосіб знезараження води [Текст]/ Т.Є.Мітченко, М.О.Сусь ; власник Мітченко Тетяна Євгенівна. № a201301028; заяв. 28.01.2013; опубл. 10.06.2014, Бюл.№11.
9. Пат. 47932 Україна, МПК C07C 279/00 A 61L 101/32Спосіб отримання біоцидної композиції для дезінфекції та стерилізації [Текст]/ С. Л. Лемешко, І. М. Моісеєнко; власник Лемешко Світлана Леонідівна, Моісеєнко Ігор Михайлович. №u200910204; заяв.08.10.2009; опубл. 25.02.2010, Бюл.№4, 2010 р.
10.Pat. JP2012162635 (A), Classification: C11D3/30; C11D3/37; C11D3/48 Sterilizing detergent composition for bathroom [Text]/ Nakanishi Mutsumi; Sakata Kazuhiko; Applicant Arch Chemicals KK. № JP20110023454 20110207; Published 30.08.2012
11.Pat. WO 2015093519 (A1), Classification:

References

1. Knunyants I. L. (1988). Himicheskaya entsiklopediya. [Chemical Encyclopedia]. Moscow: Soviet Encyclopedia.[in Russia].
2. Hashirova S. Yu. (2009). Novyie gibridnyie nanokompozityi na osnove sloistyih silikatov i ionogennyih monomer/polimernyih akrilat- i metakrilatguanidinov [New hybrid nanocomposites based on layered silicates and ionic monomer-polymer acrylate and methacrylate-guanidine]. Moscow: Nanotechnics .[in Russia].
3. Vinogradova S. V. (2000). Polikondensatsionnyie protsessyi i polimeryi. [Polycondensation processes and polymers]. Moscow: Nauka, MAIK «Nauka/Interperiodika» .[in Russia].
4. Bolton Elmer K, Coffman Donald D, Lucius Gilman . Polymeric guanidines and process for preparing the same. Patent US, no 2325586, 1943
5. Svetlov, D. A. (2005) Biotsidnyie preparatyi na osnove proizvodnyih poligeksametilenguanidina. [Biocidal preparations based on polyhexamethyleneguanidine derivatives]. St. Petersburg: Zhizn i bezopasnost. №3-4. [in Russia].
6. Nyzhnyk, Iu. V., Mariievskyi, V. F., Baranova, H. I. (2006). Dezinfikuiuchyi zasib na osnovi pokhidnykh huanidynu ta chetvertynnykh amoniievykh solei, sposoby yoho oderzhannia ta vykorystannia.[Disinfectant based on guanidine derivatives and quaternary ammonium salts, methods for its preparation and use] Ukrainian patent, no84592.
7. Nyzhnyk, Iu. V., Mariievskyi, V. F., Baranova, H. I. (2008) Dezinfikuiuchyi zasib na osnovi polihuanidyniv, sposoby yoho oderzhannia ta vykorystannia. [Disinfectant based on polyguanidines, methods for its preparation and use] Ukrainian patent, no 84593.
8. Mitchenko, T. Ie., Sus, M.O.(2014) Sposib znezarazhennia vody. [Method of disinfecting water]. Ukrainian patent, no 105709.
9. Lemeshko, S. L., Moiseienko, I. M. (2010). Sposib otrymannia biotsydnoi kompozytsii dlia dezinfektsii ta sterylizatsii.[Method for producing a biocide composition for disinfection and sterilization] Ukrainian patent, no 47932.

A01N33/12; A01N33/20; A01N37/34; A01N43/40; A01N43/64; A01N43/80; A01N47/44; A01N55/02; A01P1/00; A01P3/00 Disinfectant composition [Text] / Hamakawa Akira [JP]; Arai Shigebumi [JP]; Applicant NIPPON SODA CO [JP] № WO2014JP83385 20141217; Published 25.06.2015

12.Pat. CN103694858 (A) Classification:C09D161/20; C09D163/00; C09D163/10; C09D183/04; C09D5/08; C09D7/12 High temperature-resistant acid-resistant 1+1+anti-corrosion priming paint [Text] / Xia Yun; Xia Jiansheng; applicant bengbu zhengyuan electronic technology co ltd № CN20131626091 20131129; Published 02.04.2014

13.Пат. 14757 Україна, МПК C13D 1/00 Спосіб вилучення сахарози з бурякової стружки [Текст]/ М. П. Купчик, Т. М. Чорна, Н. А. Гусятинська, А. А. Ліпєц, В. О. Мірошник; власник Національний університет харчових технологій №u200512667; заяв. 27.12.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл. №5, 2006 р.

14.Пат. 65952 Україна, МПК: A01N 47/44, A01C 1/06 Спосіб обробки коренеплодів та бульб як посівного матеріалу [Текст]/ Т. З. Богдан, О. В. Богдан; власник Національний технічний університет України «Київськй політехнічний інститут» №u201103157; заяв. 17.03.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. №24, 2011 р.

15.Pat. CN103705536 (A) Classification: A61K31/785; A61P31/04; A61P31/10; A61P31/12 Pharmaceutical formula of polyhexamethylene guanidine hydrochloride (PHMG) and preparation method [Text] / Wei Wangkui; Wang Yin; Applicant Wei Wangkui; Wang Yin № CN2014101740 20140103; Published 09.04.2014

10. Nakanishi Mutsumi; Sakata Kazuhiko. (2012) Sterilizing detergent composition for bathroom. Japan patent, no JP2012162635 (A), № JP20110023454 20110207.

11. Hamakawa Akira, Arai Shigebumi.(2015). Disinfectant composition. № Japan patent, no WO 2015093519 (A1), WO2014JP83385 20141217.

12. Xia Yun, Xia Jiansheng. (2014) High temperature-resistant acid-resistant 1+1+anti-corrosion priming paint China patent, no CN103694858 (A) № CN20131626091 20131129.

13. Kupchyk, M. P., Chorna, T. M., Gusjatyns'ka, N. A., Lipjec, A. A., Miroshnyk, V. O. (2006) Sposib vyluchennja saharozy z burjakovoi' struzhky. [Method for extracting sucrose from beetroot chips]. Ukrainian patent, no 14757

14. Bogdan, T. Z., Bogdan, O. V.(2011) Sposib obrobky koreneplodiv ta bul'b jak posivnogo materialu. [Method of processing root crops and tubers as a seed material]. Ukrainian patent, no 65952.

15. Wei Wangkui, Wang Yin, Applicant Wei Wangkui, Wang Yin (2014). Pharmaceutical formula of polyhexamethylene guanidine hydrochloride (PHMG) and preparation method. China patent, no CN103705536 (A) № CN2014101740 20140103.

ПАТЕНТНИЙ ОБЗОР БЕЗОПАСНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПГМГ-ГХ В ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

ГРЕЧАНИК Ю. В.[1], КОЗАРЬ О. П.[2]

[1]Киевский национальный университет технологий и дизайна
[2] Мукачевский государственний університет

Цель. *Мониторинг рынка применения производных полигексаметиленгуанидин гидрохлорида как антибактериальной составляющей препаратов и определения возможностей его применения в сферах легкой промышленности.*

Методы исследования. *Обзор научных источников об общем состоянии исследуемой темы.*

Результаты. *Проанализирован ряд научно-патентной литературы за последние 15 лет патентной базы Украины и международной базы «Espacenet Patent search», определены перспективные сферы применения полигексаметиленгуанидин гидрохлорида по аналитическим обзором.*

Научная новизна*. Исследованы запатентованные научные разработки по применению полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в различных сферах промышленности за последние 15 лет.*

Практическая значимость. *Проведен анализ динамики патентования и сфер использования полигексаметиленгуанидин гидрохлорида по 2001-2015 гг.*

Ключевые слова: *полигексаметиленгуанидин гидрохлорид, полимерные препараты, патент, антибактериальные свойства, дезинфекция.*

PATENT OVERVIEW OF THE QUESTION OF SAFETY OF USE PGMG-GH IN THE FIELDS OF NATIONAL ECONOMY

HRECHANYK Yu.[1], KOZAR O. [2]
[1]*Kiev National University of Technology and Design*
[2]*Mukachevo State University*

Purpose. *A monitoring of market of application of poliheksametylenhuanidin hydrochloride derivatives as antibacterial drug component and identify opportunities for its application in the fields of consumer industry.*

Methods*. Review of the scientific sources about the general state of the subject.*

Results. *In the paper was analyzed a number of scientific and patent literature for the last 15 years based on the Ukraine patent base and international base «Espacenet Patent search». There was defined advanced application domain of poliheksametylenhuanidin hydrochloride.*

Scientific novelty. *In the paper were studied a patented scientific developments of the poliheksametylenhuanidin hydrochloride application in various fields of industry for the past 15 years.*

The practical significance*. The analysis of the dynamics of patenting and areas of use during 2001-2015 years poliheksametylenhuanidin hydrochloride.*

Keywords: *poliheksametylenhuanidin hydrochloride, polymeric drugs, patent, antibacterial properties, disinfection.*

УДК 542.81

ЛІСОВСЬКА І. В.[1], ТАРАСЕНКО Н. В.[1], НЕЧИПОРУК Д. О.[1], ПЛАВАН В. П.[2]
[1]Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
[2] Київський національний університет технологій та дизайну

ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ В ДОМАШНІХ УМОВАХ

Мета. *Виявлення найбільш ефективних способів очистки питної води в домашніх умовах та порівняння показників питної води із централізованого джерела водопостачання та криниці.*

Методика*. Дослідження – хімічні, аналітичні, порівняльний аналіз.*

Результати. *Визначили, що найкращий спосіб очищення питної води – використання побутових фільтрів, які включають комплексну очистку від мінеральних та органічних домішок. Проте цей спосіб є ефективним лише за умови регулярної зміни картриджа.*

Наукова новизна. *Виконано порівняльний аналіз методів очищення питної води із централізованого джерела водопостачання та криниці в домашніх умовах, зокрема за допомогою найбільш поширених побутових фільтрів.*

Практична значимість. *Результати дослідженої криничної води показали, що вона має високий вміст заліза, що може призвести до несприятливого впливу на шкіру, позначитися на морфологічному складі крові та сприяти виникненню алергічних реакцій. Тому, перш ніж вживати криничну воду, її також потрібно доочищувати.*

Ключові слова: *питна вода, якість, хімічний аналіз, очистка води.*

Вступ. Однією з передумов сталого розвитку суспільства в Україні є забезпечення прав людини на сприятливі умови життя в навколишньому середовищі, якість якого дозволяє вести достойне та процвітаюче життя. Якість водних ресурсів і, перш за все, забезпеченість населення чистою питною водою, має в цьому контексті першочергове значення. 36 країн підписали «Протокол по проблемам води і здоров'я», який набрав чинності в 2005 р. як перший обов'язковий законний інструмент для профілактики і боротьби з хворобами, які передаються через неякісну воду [1]. Однією із задач, зазначених у Протоколі, було зменшення вдвічі кількості людей, які не мають постійного доступу до чистої питної води, до 2015 р.

Якість води в Україні визначається згідно Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», затверджених наказом МОЗ України 12.05.2010 року №400 [2] та залежить від місця розташування об'єкту водозабору, стану прилеглої території, наявності поряд джерел забруднення, санітарно-технічного стану та здійснення заходів щодо належного утримання [3]. Відомо, що вода з підвищеним вмістом хлоридів і сульфідів негативно впливає на функції системи травлення. Підвищений вміст кальцію і магнію сприяє каменеутворенню в нирках і сечовому міхурі, викликає гіпертонічну хворобу, склероз. Також встановлено зв'язок між жорсткістю води і смертністю від серцево-судинних захворювань. Свинець викликає захворювання нервової та кровотворної систем організму; кадмій, хром – захворювання нирок; ртуть – центральної нервової системи, видільної та кровоносної систем; цинк – рухового апарату, розлад діяльності шлунка [4]. Підвищення концентрації нітратів сприяє захворюванню крові, підвищенню ризику щодо онкологічної захворюваності населення. Таким чином, якість питної води впливає на здоров'я людини.

Постановка завдання. Існує декілька способів очистки води в домашніх умовах, зокрема відстоювання води, кип'ятіння, заморожування, дистиляція та фільтрація. Мета роботи – виявлення найбільш ефективних способів очистки питної води в домашніх умовах та порівняння показників питної води із централізованого джерела водопостачання та криниці.

Методи досліджень. Хімічний експеримент по визначенню вмісту домішок у водопровідній та криничній воді був проведений в науковій лабораторії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Для цього проба води, об'ємом 1 л відбиралась у стерильну скляну тару. Аналіз води проводився у день відбору. Результати дослідження представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Результати досліджень водопровідної та криничної води

Показник	Водопровідна вода	Кринична вода	ГДК
Запах, бали	0	0	2
Смак, бали	1	1	2
Загальна мінералізація, мг/дм^3	720	840	1000
Залізо загальне, мг/дм^3	0,2	0,34	0,3
Хлориди, мг/дм^3	5	2,27	250
Сульфати, мг/дм^3	8,2	7,39	500
Загальна жорсткість, ммоль/дм^3	4,1	14	7
pH	7,5	7,63	6,5-8,5

Було проведено експеримент по очистці води в домашніх умовах. Зокрема здійснювалась очистка води кип'ятінням, відстоюванням, дією срібла, відстоюванням з активованим вугіллям та за допомогою найбільш поширених побутових фільтрів для очистки води, що представлені на ринку України.

Кип'ятіння. Певний об'єм досліджуваної води наливали в емальований посуд і кип'ятили протягом 5 хвилин, охолоджували та визначали основні показники.

Відстоювання. Певний об'єм досліджуваної проби води наливали у скляний посуд і залишали відстоювати протягом 6 годин та визначали основні показники відразу через 6 годин та через 24 години.

Дія срібла. Певний об'єм досліджуваної води наливали у скляний посуд і поміщали туди срібний предмет. Через 4 години предмет виймали та аналізували воду.

Відстоювання з активованим вугіллям. В стерильний скляний посуди з досліджуваною водопровідною водою об'ємом 1 л клали 1 таблетку активованого вугілля та залишали відстоюватись протягом 5 годин. Результати досліджень представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Результати досліджень різних методів очистки води в домашніх умовах

Показник	Кип'ятіння	Відстоювання	Дія сріблом	Відстоювання з активованим вугіллям	ГДК
Запах, бали	0	0	0	0	2
Смак, бали	1	1	1	1	2
Загальна мінералізація, мг/дм^3	195	820	840	800	1000
Залізо загальне мг/дм^3	0,2	0,2	0,2	0,19	0,3
Хлориди мг/дм^3	4,3	4,9	5	4,6	250
Сульфати мг/дм^3	8,2	8,2	8,2	4,2	500
Загальна жорсткість, ммоль/дм^3	1,9	4,0	4,1	3,6	7
pH	7,4	7,6	7,5	7,4	6,5-8,5

Також було проведено дослідження очистки водопровідної води за допомогою побутових фільтрів для очистки води таких марок як: «Brita» (Німеччина) та «Бар'єр» (Росія). Для цього водопровідна вода пропускалась через фільтр та проводився її аналіз. Результати досліджень представлені у табл. 3.

Результати. В результаті досліджень водопровідної води виявили, що загалом вона має добру якість. Відсутній присмак та запах. Фізико-хімічні показники такі як pH, вміст заліза, сульфатів, хлоридів, загальна мінералізація та жорсткість знаходяться в межах ГДК. Проте, як відомо, оптимальна жорсткість води для людського організму, при якій не відбувається відкладання каміння в печінці та нирках складає 1,5-2,6 ммоль/дм^3. Тому значення загальної жорсткості 4,1 ммоль/дм^3 можна віднести до середньої жорсткості. Тому така вода потребує додаткового очищення.

Таблиця 3

Результати дослідження очистки води за допомогою побутових фільтрів

Показник	«Brita»	«Бар'єр»	ГДК
Запах, бали	0	0	2
Смак, бали	1	1	2
Загальна мінералізація, мг/дм^3	545	786	1000
Залізо загальне, мг/дм^3	0,18	0,2	0,3
Хлориди, мг/дм^3	1,2	2,8	250
Сульфати, мг/дм^3	1,6	5,6	500
Загальна жорсткість, ммоль/дм^3	2,3	2,2	7
pH	7,5	7,5	6,5-8,5

Результати дослідженої криничної води показали, що вона має непогану якість: відсутній запах та присмак, фізико-хімічні показники, такі як загальна мінералізація, хлориди, сульфати та pH знаходяться в межах ГДК. Проте, вміст заліза склав 0,34 мг/дм^3, що перевищує ГДК і може призвести до несприятливого впливу на шкіру, може позначитися на морфологічному складі крові та сприяти виникненню алергічних реакцій. Перебільшує ГДК і загальна жорсткість, яка склала 14 ммоль/дм^3, що може призвести до накопичення солей в

організмі і до захворювань суглобів (артрити, поліартрити), утворення каменів у нирках та сечовому міхурах. Тому, перш ніж вживати криничну воду, її також потрібно доочищувати.

Встановлено, що застосування побутових способів очистки водопровідної води призводить до зменшення вмісту хімічних забруднень у воді. При кип'ятінні зменшилася загальна мінералізація з 720 до 195 мг/дм^3. Також зменшилася загальна жорсткість від 4,1 до 1,9 моль/дм^3, що може бути пов'язано з частковим осіданням у воді солей кальцію та магнію. Зменшився вміст і хлоридів від 5 до 4,3 мг/дм^3, що може бути пов'язано із частковим випаровуванням і зв'язуванням хлору з органічними сполуками, присутніми у воді, що може негативно впливати на організм людини [5].

При відстоюванні води фізико-хімічні показники майже не змінилися і залізо загальне, загальна мінералізація, хлориди, сульфати та загальна жорсткість залишилися в тих же межах, що і у водопровідній воді, що говорить про неефективність методу. Дія сріблом не дала бажаного результату. Всі показники залишились практично такими ж, як і у вихідній криничній воді. Фізико-хімічні властивості води під дією йонів срібла не змінились. Срібло впливає на мікробіологічні показники.

При проведені досліджень із відстоюванням активованим вугіллям дещо зменшився вміст хлоридів, сульфатів та зменшилась загальна жорсткість, що пов'язано із частковою сорбцією катіонів та аніонів активованим вугіллям. Проте, оскільки фізико-хімічні показники знизились не суттєво та знаходяться в межах ГДК не доцільно доочищувати воду тільки за допомогою активованого вугілля.

Результати досліджень очистки води побутовими фільтрами показали, що вода, очищена фільтром має нижчі фізико-хімічні показники: знизились загальна мінералізація, загальне залізо, хлориди та сульфати. Таким чином, використання побутових фільтрів, які включають комплексну очистку від мінеральних та органічних домішок, найкращий спосіб очищення питної води.

Висновки. Рекомендується відстоювати воду протягом 6-8 годин (через 24 години вода стає непридатною до вживання) з додаванням активованого вугілля – 1 таблетка на один літр води. Кип'ятити воду потрібно після попереднього відстоювання, щоб видалити вільний хлор. Після кип'ятіння дати відстоятись до осадження утворених нерозчинних солей. Найкращий спосіб очищення питної води – використання побутових фільтрів, які включають комплексну очистку від мінеральних та органічних домішок. Проте цей спосіб є ефективним лише за умови регулярної зміни картриджа. Обробка води кип'ятінням є не лише не досить ефективною, але й може бути шкідливою для здоров'я через утворення хлорорганічних сполук під час термічної обробки. Кринична вода містить надлишкову концентрацію заліза і солей жорсткості, тому потребує додаткової очистки. Таким чином, поєднуючи між собою кілька методів очистки водопровідної води можна досягти значного підвищення якості води, яку ми п'ємо і як наслідок зберегти своє здоров'я.

Література

1. The Protocol on Water and Health: making a difference [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.euro.who.int/watsan//
2. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». ДСанПіН 2.2.4-171-

References

1. The Protocol on Water and Health: making a difference [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.euro.who.int/watsan//
2. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla «Hihiyenichni vymohy do vody pytnoyi, pryznachenoyi dlya spozhyvannya lyudynoyu».

10.
3. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища шк., 2005. – 671 с.:
4. Левківський С. С., Падун М. М. Раціональне використання і охорона водних ресурсів. -К.: Либідь, 2006. — 280 с.
5. Behrooz Eftekhar, Masoume Skini, Milad Shamohammadi, Jaber Ghaffaripour, Firoozeh Nilchian. The Effectiveness of Home Water Purification Systems on the Amount of Fluoride in Drinking Water / *J. Dent (Shiraz),* 2015 Sep; 16: 278–281.

DSanPiN 2.2.4-171-10.
3. Zapol's'kyy A. K. Vodopostachannya, vodovidvedennya ta yakist' vody: Pidruchnyk. – K.: Vyshcha shk., 2005. – 671 s.
4. Levkivs'kyy S. S., Padun M. M. Ratsional'ne vykorystannya i okhorona vodnykh resursiv. -K.: Lybid', 2006. — 280 s.
5. Behrooz Eftekhar, Masoume Skini, Milad Shamohammadi, Jaber Ghaffaripour, Firoozeh Nilchian. The Effectiveness of Home Water Purification Systems on the Amount of Fluoride in Drinking Water / *J. Dent (Shiraz),* 2015 Sep; 16: 278–281.

ОЧИСТКА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

ЛИСОВСКАЯ И. В.[1], ТАРАСЕНКО Н. В.[1], НЕЧИПОРУК Д. О.[1], ПЛАВАН В. П.[2]
[1]Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»
[2] Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Выявление наиболее эффективных способов очистки питьевой воды в домашних условиях и сравнения показателей питьевой воды из централизованного источника водоснабжения и колодцы.*

Методика. *Исследования химические, аналитические, сравнительный анализ.*

Результаты. *Определили, что лучший способ очистки питьевой воды – использование бытовых фильтров, включающих комплексную очистку от минеральных и органических примесей. Однако этот способ является эффективным только при условии регулярной смены картриджа.*

Научная новизна. *Выполнен сравнительный анализ методов очистки питьевой воды из централизованного источника водоснабжения и колодца в домашних условиях, в частности с помощью наиболее распространенных бытовых фильтров.*

Практическая значимость. *Результаты исследованной колодезной воды показали, что она имеет высокое содержание железа, что может привести к неблагоприятному воздействию на кожу, сказаться на морфологическом составе крови и способствовать возникновению аллергических реакций. Поэтому, прежде чем употреблять колодезную воду, ее также нужно доочищать.*

Ключевые слова: *питьевая вода, качество, химический анализ, очистка воды.*

PURIFICATION OF DRINKING WATER AT HOME

LISOVSKA I. V.[1], TARASENKO N. V.[1], NECHIPORUK D. O.[1], PLAVAN V. P.[2]
[1]National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky"
[2] Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. *Identify the most effective ways to clean potable water at home and compare the indicators of drinking water from a centralized source of water supply and a well.*

Methodology. *Chemical, analytical methods, comparative analysis.*

Findings. *It was determined that the best way to purify drinking water is to use household filters that include complex purification from mineral and organic impurities. However, this method is effective only if the cartridge is regularly changed.*

Originality. *A comparative analysis of the methods for drinking water purification from a centralized source of water supply and a well at home, in particular using the most common household filters, has been performed.*

Practical value. *The results of the wells studied showed that it has a high iron content, which can lead to adverse effects on the skin, affect the morphological composition of the blood, and contribute to the occurrence of allergic reactions. Therefore, before you consume well water, it also needs to be cleaned up.*

Keywords: *drinking water, quality, chemical analysis, water purification.*

УДК 678.023.5

СИНЮК О. М., МИХАЙЛОВСЬКИЙ А. Ю.
Хмельницький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОРІЄНТОВАНИХ ПОЛІМЕРІВ В ПОПЕРЕЧНОМУ НАПРЯМКУ

Мета. *Встановити залежності, що дозволяють визначати необхідну деформацію полімерного матеріалу, при якій модуль пружності в поперечному до витягування напрямку найменший.*

Методика. *Розроблена методика визначення ступеня впливу пружних властивостей полімеру і його напружено-деформованого стану на форму та розміри сферолітів, що дасть змогу прогнозувати пружні властивості полімерних матеріалів сферолітної будови залежно від ступеня витягування.*

Результати. *Отримані залежності, за якими можна визначати деформацію полімеру, при якій модуль пружності в поперечному до витягування напрямку мінімальний. Отримані залежності модуля пружності поліетилентерефталата, поліаміда і поліетилена від ступеня витяжки в поперечному до неї напрямку.*

Наукова новизна. *Вперше отримані вирази, що дозволяють прогнозувати пружні властивості аморфно-кристалічних полімерів в залежності від ступеня витягування.*

Практична значимість. *Розроблена методика, за якою можна визначати необхідну деформацію полімеру, при якій забезпечується мінімальний модуль пружності у поперечному до витягування напрямку, що дасть змогу розрахувати мінімальні зусилля, які має створювати перероблююче обладнання для руйнування структури полімерного матеріалу.*

Ключові слова: *полімерний матеріал, сфероліти, структура, витягування, пружні властивості.*

Вступ. Сьогодні полімерні відходи можуть утилізуватися або повторно використовуватися при виготовлені нових виробів [1]. Капітальні та експлуатаційні витрати за основними способами переробки полімерних відходів не перевищують, а в ряді випадків навіть нижче витрат на їх знищення. Позитивною стороною переробки є також і те, що виходить додаткова кількість корисних продуктів для різних галузей народного господарства і не відбувається повторного забруднення навколишнього середовища.

Актуальність. Існуючі сьогодні технології механічної переробки полімеру [2, 3] подрібнюють його, що призводить до розриву структурних утворень полімерного матеріалу, а це знижує експлуатаційні властивості полімеру [4]. Для покращення механічних характеристик полімерний матеріал відновлюють за допомогою хімічних реактивів [1], що потребує залучення додаткових ресурсів і спеціального обладнання, що збільшує витрати на переробку.

Розробка технологічного обладнання для переробки полімерних відходів, що забезпечує руйнування полімерного матеріалу по границям структурних утворень дозволить зберегти механічні характеристики первинного матеріалу та забезпечити зменшення витрат електричної енергії.

Перероблений полімерний матеріал із збереженими фізико-механічними характеристиками первинного матеріалу можна використовувати як армуючі наповнювачі при виробництві нових виробів легкої промисловості (підошов, корпусів чемоданів, деталей одягу та інші) литтям під тиском, що дозволить покращити їх експлуатаційні властивості [1].

Таким чином, задачею даного дослідження є розробка математичної моделі руйнування попередньо витягнутого полімерного матеріалу в поперечному до витяжки

напрямку. Це дозволить визначати необхідну деформацію полімерного матеріалу, при якій модуль пружності в поперечному до витягування напрямку найменший, що дасть можливість розрахувати мінімальні зусилля, які потрібно прикласти до полімерного матеріалу, щоб почався процес руйнування його структури.

Розробка математичної моделі руйнування полімерних відходів, яка дозволяє простежити за направленими змінами внутрішньої структури полімеру, що приводять до її руйнування при різних видах напружено-деформованого стану, які генеруються технологічними пристроями в процесі переробки полімерних відходів, дозволить розробити таке обладнання, яке б зберегло в переробленому полімері фізико-механічні характеристики первинного матеріалу при мінімальних витратах енергії.

Розробка математичної моделі вимагає проведення структурного аналізу. В роботі [5] було встановлено, що в неорієнтованому стані аморфно-кристалічних полімерів сферолітної будови можна виділити два основних рівня надмолекулярної структури – сфероліти з мікрогетерогенною кристалічною структурою, і однорідну аморфну частину середовища з неврегульованою структурою. В роботі [6] запропонована модель неорієнтованої структури аморфно-кристалічних полімерів, яка задовільно зв'язала показники їх пружних властивостей з параметрами структури і результатами експериментів інших дослідників. В роботі [7] було визначена ступінь витяжки, що відповідає природній, при якій в полімерному матеріалі, що переробляється, утворюються орієнтовані конгломерати витягнутих сферолітів структури. На прикладі була показана методика визначення ступеня природної витяжки, яка може служити орієнтиром при проектуванні обладнання, призначеного для переробки полімерних відходів. В роботі [8] змодельований процес витягнення полімерного матеріалу сферолітної будови, на основі чого досліджено зміну пружних властивостей аморфно-кристалічних полімерів в напрямку їх витяжки.

На відміну від розглянутих вище публікацій в даній роботі будується математична модель, що описує зміну пружних властивостей полімерних матеріалів в поперечному до попереднього витягування напрямку.

Постановка завдання. Розіб’ємо весь процес руйнування структури полімерного матеріалу на чотири етапи: початковий неорієнтований стан (рис. 1 а), орієнтований стан (рис. 1 б, в) – орієнтована сферолітна структура і руйнування полімерного матеріалу під дією навантаження в поперечному до орієнтації сферолітів напрямку.

Раніше було встановлено [6, 7], що при значеннях ступеня витягування в межах $1 \le \lambda \le 9...10$, зберігається прямий генетичний зв'язок між вихідним сферолітним порядком і орієнтаційним. Зазначені факти є основою для гіпотези про існування кількісного зв'язку між параметрами витягування сферолітів і показниками механічних характеристик середовища в кожному із зазначених станів.

Результати дослідження. Розглянемо модель неорієнтованого стану сферолітної структури [7], яка піддається одноосній орієнтації зі ступенем витяжки λ. На рис. 1 представлена модель перетворення вихідної неорієнтованої сферолітної структури в орієнтовану. Врахувавши той факт, що зміна форми сферолітів в результаті орієнтаційної витяжки відбувається однорідно в напрямку осі x_1 і при незмінному об’ємі сферолітів [6, 7, 9] ($\rho_c = \text{const}$), будемо моделювати орієнтаційну витяжку як рівномірний стиск або розтяг простору з коефіцієнтом η, чисельно рівним ступеню витяжки полімеру: $\eta = \lambda$. При цьому

фактично відбувається рівномірне стиск сфероліта в напрямку від площини $x_2 0 x_3$, прийнятої за основну (рис. 1).

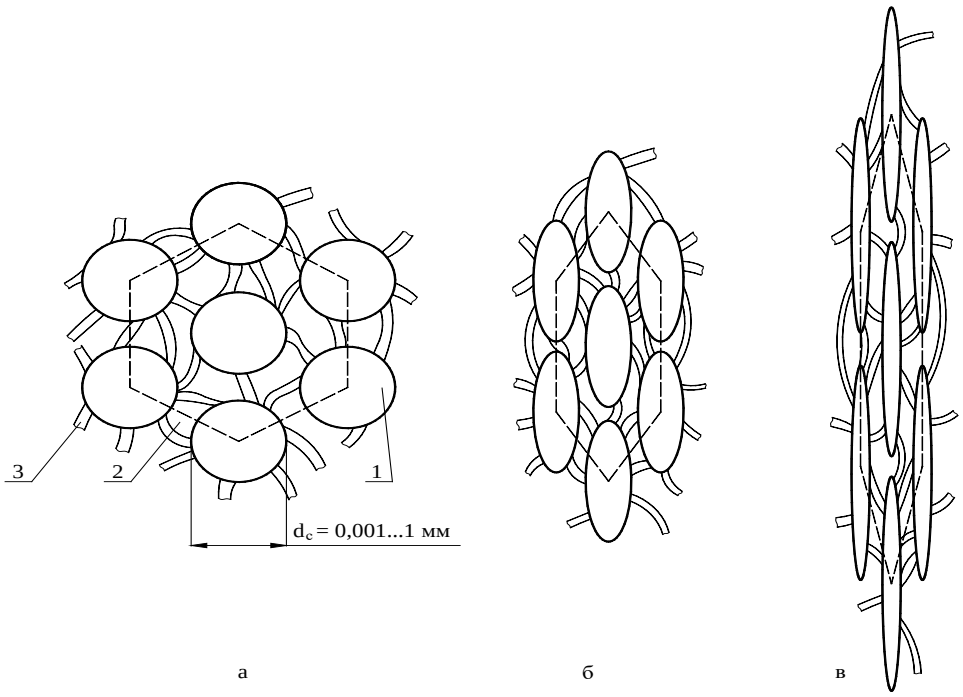


Рис. 1. **Модель надмолекулярної сферолітної структури полімерного матеріалу в неорієнтованому (а), орієнтованому (еліпсоїдальна форма) (б), (в) стані**
1 – сфероліті; 2 – аморфний простір; 3 – прохідні фібрили

Пружні властивості полімеру орієнтованої структури в напрямку, перпендикулярному до напрямку витяжки, визначимо з розгляду двоосного рівномірного розтягу надмолекулярної структури в напрямку осей x_2 і x_3 напруженнями $\hat{\sigma}_2 \alpha_2^o = \hat{\sigma}_3 \alpha_3^o$ (рис. 2).

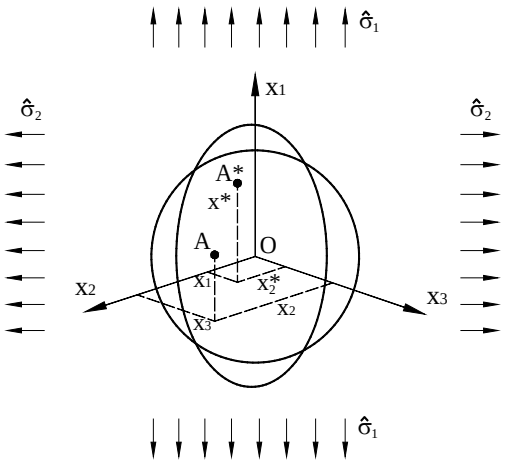


Рис. 2. **Модель витягнутого сфероліту**

Ефективні пружні постійні орієнтованого аморфно-кристалічного полімеру будемо визначати, виходячи з позицій мікромеханіки композитних матеріалів [6-8] із залученням як декартової, так і криволінійної систем координат ν, ϑ, φ, взаємозв'язок між якими визначається такими виразами:

$$\begin{aligned} x_1 &= r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{1/2} \operatorname{ch} u \cos\vartheta, \\ x_2 &= r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{1/2} \operatorname{sh} u \sin\vartheta \cos\varphi, \\ x_3 &= r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{1/2} \operatorname{sh} u \sin\vartheta \sin\varphi, \end{aligned} \qquad (1)$$

де $0 \le u \le \infty$, $0 \le \vartheta \le \pi$, $0 \le \varphi \le 2\pi$.

Коефіцієнти Ламе системи (1) виражені такими рівняннями:

$$\begin{aligned} H_u{}^2 &= H_\vartheta{}^2 = r^2\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)\left(\operatorname{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right), \\ H_\varphi{}^2 &= r^2\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)\cdot \operatorname{sh}^2 u \cdot \sin^2\vartheta. \end{aligned} \qquad (2)$$

Першу квадратичну форму елемента довжини дуги ds знаходимо з такого виразу:

$$ds^2 = r^2\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)\left[\left(\mathrm{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)\left(du^2 + d\vartheta^2\right) + \mathrm{sh}^2 u\,\sin^2\vartheta\, d\varphi^2\right]. \tag{3}$$

Одиничні вектори криволінійної $\mathbf{e}_u, \mathbf{e}_\vartheta, \mathbf{e}_\varphi$ і декартової $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3$ систем координат зв'язані такими співвідношеннями

$$\begin{aligned}
\mathbf{e}_u &= a_{11}\cdot\mathbf{e}_1 + a_{12}\cdot\mathbf{e}_2 + a_{13}\cdot\mathbf{e}_3,\\
\mathbf{e}_\vartheta &= a_{21}\cdot\mathbf{e}_1 + a_{22}\cdot\mathbf{e}_2 + a_{23}\cdot\mathbf{e}_3,\\
\mathbf{e}_\varphi &= a_{31}\cdot\mathbf{e}_1 + a_{32}\cdot\mathbf{e}_2 + a_{33}\cdot\mathbf{e}_3,
\end{aligned} \tag{4}$$

де

$$\begin{aligned}
a_{11} &= \frac{\mathrm{sh}u\cos\vartheta}{\sqrt{\mathrm{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}}; & a_{21} &= -\frac{\mathrm{ch}u\sin\vartheta}{\sqrt{\mathrm{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}};\\
a_{12} &= \frac{\mathrm{ch}u\sin\vartheta\cos\varphi}{\sqrt{\mathrm{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}}; & a_{22} &= \frac{\mathrm{sh}u\cos\vartheta\cos\varphi}{\sqrt{\mathrm{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}};\\
a_{13} &= \frac{\mathrm{ch}u\sin\vartheta\sin\varphi}{\sqrt{\mathrm{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}}; & a_{23} &= \frac{\mathrm{sh}u\cos\vartheta\sin\varphi}{\sqrt{\mathrm{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}};\\
a_{31} &= 0; \quad a_{32} = -\sin\varphi; & a_{33} &= \cos\varphi.
\end{aligned}$$

Зворотне перетворення здійснюється за такими рівняннями:

$$\begin{aligned}
\mathbf{e}_1 &= a_{11}\cdot\mathbf{e}_u + a_{21}\cdot\mathbf{e}_\vartheta + a_{31}\cdot\mathbf{e}_\varphi,\\
\mathbf{e}_2 &= a_{12}\cdot\mathbf{e}_u + a_{22}\cdot\mathbf{e}_\vartheta + a_{32}\cdot\mathbf{e}_\varphi,\\
\mathbf{e}_3 &= a_{13}\cdot\mathbf{e}_u + a_{23}\cdot\mathbf{e}_\vartheta + a_{33}\cdot\mathbf{e}_\varphi.
\end{aligned} \tag{5}$$

При двоосному рівномірному розтягу орієнтованої надмолекулярної структури в напрямку осей x_2 і x_3 в полімерному матеріалі (рис. 2) виникає певний напружений стан:

$$\mathbf{T}^{\mathrm{f}} = \left(\mathbf{e}_1\mathbf{e}_1\alpha_1^{\mathrm{f}} + \mathbf{e}_2\mathbf{e}_2\alpha_2^{\mathrm{f}} + \mathbf{e}_3\mathbf{e}_3\alpha_3^{\mathrm{f}}\right)\hat{\sigma}_2, \tag{6}$$

де $\alpha_2^{\mathrm{o}} = \alpha_3^{\mathrm{o}}$, α_1^{f}, α_2^{f}, α_3^{f} – постійні, що характеризують рівень структурних напружень на головних площадках сфероліту; $\hat{\sigma}_2$ – середні напруження розтягу, які діють перпендикулярно до орієнтації сферолітів, тобто вздовж осі x_2.

Тензор напружень (6) у витягнутому сфероліті в криволінійних координатах [6] запишеться так:

$$\mathbf{T}^{\mathrm{f}} = \left(\mathbf{e}_u\mathbf{e}_u\alpha_u^{\mathrm{f}} + \mathbf{e}_\vartheta\mathbf{e}_\vartheta\alpha_\vartheta^{\mathrm{f}} + \mathbf{e}_\varphi\mathbf{e}_\varphi\alpha_\varphi^{\mathrm{f}} + \left(\mathbf{e}_u\mathbf{e}_\vartheta + \mathbf{e}_\vartheta\mathbf{e}_u\right)\alpha_{u\vartheta}^{\mathrm{f}}\right)\hat{\sigma}_2. \tag{7}$$

Компоненти тензора напружень витягнутого сфероліту з рівняння (7) в криволінійних координатах, використовуючи вирази (3)-(5) запишемо таким чином:

$$\begin{aligned}
\sigma_u^{\mathrm{f}} &= \frac{\hat{\sigma}_2}{4\left(\mathrm{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\left\{\alpha_1^{\mathrm{f}}\left[\left(\mathrm{ch}2u - 1\right) + \cos 2\vartheta\left(\mathrm{ch}2u - 1\right)\right] + \alpha_2^{\mathrm{f}}\left[\left(\mathrm{ch}2u + 1\right) - \cos 2\vartheta\left(\mathrm{ch}2u + 1\right)\right]\right\};\\
\sigma_{u\vartheta}^{\mathrm{f}} &= \frac{\hat{\sigma}_2}{4\left(\mathrm{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\left(\alpha_2^{\mathrm{f}} - \alpha_1^{\mathrm{f}}\right)\mathrm{sh}2u\cdot\sin 2\vartheta.
\end{aligned} \tag{8}$$

Компоненти вектора переміщень для витягнутого сфероліту $\bar{u}_{\mathrm{f}}$ в криволінійних координатах (1) виразяться таким чином:

$$\begin{aligned}
u_u^{\mathrm{f}} &= \frac{\hat{\sigma}_2\, r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{1/2}}{4E_{\mathrm{f}}\left(\mathrm{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)^{1/2}}\mathrm{sh}2u\left\{\left[\alpha_1^{\mathrm{f}}\left(1 - \nu_{\mathrm{f}}\right) + \alpha_2^{\mathrm{f}}\left(1 - 3\nu_{\mathrm{f}}\right)\right] + \left(\alpha_1^{\mathrm{f}} - \alpha_2^{\mathrm{f}}\right)\left(1 + \nu_{\mathrm{f}}\right)\cos 2\vartheta\right\};\\
u_\vartheta^{\mathrm{f}} &= \frac{\hat{\sigma}_2\, r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{1/2}}{4E_{\mathrm{f}}\left(\mathrm{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)^{1/2}}\sin 2\vartheta\left\{\left(\alpha_2^{\mathrm{f}} - \alpha_1^{\mathrm{f}}\right)\left(1 + \nu_{\mathrm{f}}\right)\mathrm{ch}2u - \left[\alpha_1^{\mathrm{f}}\left(1 - \nu_{\mathrm{f}}\right) + \alpha_2^{\mathrm{f}}\left(1 - 3\nu_{\mathrm{f}}\right)\right]\right\};
\end{aligned} \tag{9}$$

де E_{f} – модуль пружності сфероліту; ν_{f} – коефіцієнт Пуассона сфероліту.

Поле напружень в міжсферолітному просторі виразимо як суму таких полів: поля взаємодії між витягнутими сферолітами, що утворюють надмолекулярну структуру полімеру (гексагональне пакування витягнутих сферолітів – рис. 1 б, в), та двох полів, які розсіюються на сферолітах і спадають по мірі віддалення від сферолітів. Поле взаємодії між сферолітами у міжсферолітному просторі, при розтягу напруженнями $\hat{\sigma}_2\,\alpha_2^0$ виразиться, з врахуванням [6] таким чином:

$$\mathbf{T}^{\text{a}} = \mathbf{e}_1\mathbf{e}_1\alpha_2^0\,\hat{\sigma}_2 = \left(\mathbf{e}_u\mathbf{e}_u\alpha_u^0 + \mathbf{e}_\vartheta\mathbf{e}_\vartheta\alpha_\vartheta^0 + \mathbf{e}_\varphi\mathbf{e}_\varphi\alpha_\varphi^0 + \left(\mathbf{e}_u\mathbf{e}_\vartheta + \mathbf{e}_\vartheta\mathbf{e}_u\right)\alpha_{u\vartheta}^0\right)\hat{\sigma}_2\,. \tag{10}$$

Компоненти тензора напружень взаємодії між витягнутими сферолітами для міжсферолітного простору (аморфної фази) при розтягу орієнтованої структури полімеру в напрямку осі x_2, з урахуванням [6] можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned}
\sigma_u^0 &= \frac{\hat{\sigma}_2}{4\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\alpha_2^0\left[\left(\text{sh}2u - 1\right) + \cos 2\vartheta\left(\text{ch}2u - 1\right)\right];\\
\sigma_{u\vartheta}^0 &= \frac{\hat{\sigma}_2}{4\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\alpha_2^0\,\text{sh}2u\cdot\sin 2\vartheta.
\end{aligned} \tag{11}$$

Компоненти вектора переміщень міжсферолітного простору, які залежать від поля взаємодії між витягнутими сферолітами при розтягу орієнтованої структури полімеру перпендикулярно до напрямку орієнтаційної витяжки, тобто в напрямку осі x_2, з урахуванням [6], запишуться у такому вигляді:

$$\begin{aligned}
u_u^0 &= \frac{\hat{\sigma}_2\, r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{1/2}}{4E_{\text{a}}\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)^{1/2}}\alpha_2^0\left[\left(1 - 3\nu_{\text{a}}\right) - \nu_{\text{a}}\cos 2\vartheta\right]\text{sh}2u\,;\\
u_\vartheta^0 &= \frac{\hat{\sigma}_2\, r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{1/2}}{4E_{\text{a}}\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)^{1/2}}\alpha_2^0\left[\left(1 + \nu_{\text{a}}\right)\text{ch}2u - \left(1 - 3\nu_{\text{a}}\right)\right]\sin 2\vartheta;\\
u_\varphi^0 &= 0.
\end{aligned} \tag{12}$$

де E_{a} – модуль пружності міжсферолітного простору; ν_{a} – коефіцієнт Пуассона міжсферолітного простору.

Приймемо, що функція, яка задовольняє умову $\text{div}\,\vec{u}^* = 0$, є переміщенням аморфно-кристалічного середовища в напрямку осі витяжки x_1. В результаті отримаємо рівняння для компонентів вектора переміщень, що відповідають першому розсіяному полю [6, 7], при розтягу орієнтованого полімеру в напрямку осей x_2 та x_3:

$$\begin{aligned}
u_u^* &= \frac{r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{1/2}}{\sqrt{\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}}\,\frac{\left(1 + \nu_{\text{a}}\right)}{4E_{\text{a}}}\,B\hat{\sigma}_2\left\{\left[2Q_1(\text{ch}u)\,\text{sh}u - Q_1^{(1)}(\text{ch}u)\,\text{ch}u\right] + \left[2Q_1(\text{ch}u)\,\text{sh}u + Q_1^{(1)}(\text{ch}u)\,\text{ch}u\right]\cos 2\vartheta\right\},\\
u_\vartheta^* &= -\frac{r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{1/2}}{\sqrt{\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}}\,\frac{\left(1 + \nu_{\text{a}}\right)}{4E_{\text{a}}}\,B\hat{\sigma}_2\left\{\left[2Q_1(\text{ch}u)\,\text{ch}u + Q_1^{(1)}(\text{ch}u)\,\text{sh}u\right]\sin 2\vartheta\right\},\\
u_\varphi^* &= 0,
\end{aligned} \tag{13}$$

де $Q_1(\text{ch}u)$ та $Q_1^{(1)}(\text{ch}u)$ – приєднані функції Лежандра першого та другого ступеню, нульового та першого порядку; B – постійна, що характеризує рівень напружень першого розсіяного поля, тобто на головних площадках міжсферолітного простору.

Компоненти тензора напружень першого розсіяного поля $\mathbf{T}_a^*$ в міжсферолітному просторі в криволінійній системі координат $(\bar{e}_u, \bar{e}_\vartheta, \bar{e}_\varphi)$ на поверхні витягнутого сфероліта при $u = \text{const}$, визначаються шляхом розкладання вектора напружень

$$\mathbf{W}_u^* = \frac{E_\text{a}}{1+\nu_\text{a}}\left(\frac{1}{H_u}\frac{\partial \mathbf{u}^*}{\partial u} + \frac{1}{2}\mathbf{e}_u \times \text{rot}\,\mathbf{u}^*\right)$$

за ортами криволінійної системи координат з урахуванням виразу (13):

$$\begin{aligned}
\sigma_u^* &= \frac{B\hat{\sigma}_2}{4\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\left\{\left[2Q_1^{(1)}(\text{ch}\,u)\,\text{sh}\,u - \frac{dQ_1^{(1)}(\text{ch}\,u)}{du}\text{ch}\,u\right] + \left[2Q_1^{(1)}(\text{ch}\,u)\,\text{sh}\,u + \frac{dQ_1^{(1)}(\text{ch}\,u)}{du}\text{ch}\,u\right]\cos 2\vartheta\right\}, \\
\sigma_{u\vartheta}^* &= -\frac{B\hat{\sigma}_2}{4\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\left[\frac{3}{2}Q_1^{(1)}(\text{ch}\,u)\,\text{ch}\,u + \frac{1}{2}\frac{dQ_1^{(1)}(\text{ch}\,u)}{du}\text{sh}\,u + Q_1(\text{ch}\,u)\,\text{sh}\,u\right]\sin 2\vartheta.
\end{aligned} \tag{14}$$

Поля напружень і переміщень, у випадку другого розсіяного поля, визначимо таким же способом, як в попередній задачі, тобто розв'язуючи рівняння Папковича-Нейбера. Таким чином, отримаємо компоненти вектора переміщення в криволінійній системі координат для аморфного середовища (міжсферолітного простору):

$$\begin{aligned}
u_u^{**} &= \frac{r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{1/2}}{\sqrt{\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}}\frac{\left(1+\nu_\text{a}\right)}{4E_\text{a}}C\hat{\sigma}_2\left\{\left[\left(3-4\nu_\text{a}\right)Q_1(\text{ch}\,u)\,\text{sh}\,u - Q_1^{(1)}(\text{ch}\,u)\,\text{ch}\,u + \frac{dQ_2(\text{ch}\,u)}{d\,u}\frac{\text{ch}^2 u_0}{2}\right] + \right. \\
&\left. + \left[\left(3-4\nu_\text{a}\right)Q_1(\text{ch}\,u)\,\text{sh}\,u - Q_1^{(1)}(\text{ch}\,u)\,\text{ch}\,u + \frac{dQ_2(\text{ch}\,u)}{d\,u}\frac{3\text{ch}^2 u_0}{2}\right]\cos 2\vartheta\right\}, \\
u_\vartheta^{**} &= -\frac{r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{1/2}}{\sqrt{\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}}\frac{\left(1+\nu_\text{a}\right)}{4E_\text{a}}C\hat{\sigma}_2\left[\left(2-4\nu_\text{a}\right)Q_1(\text{ch}\,u)\,\text{ch}\,u + 3Q_2(\text{ch}\,u)\,\text{ch}^2 u_0\right]\sin 2\vartheta.
\end{aligned} \tag{15}$$

де C – постійна, що характеризує рівень напружень другого розсіяного поля в міжсферолітному просторі орієнтованого полімеру.

Компоненти тензора напружень другого розсіяного поля, що діють на поверхні витягнутих сферолітів ($u = \text{const}$), в криволінійній системі координат ($\bar{e}_u, \bar{e}_\vartheta, \bar{e}_\varphi$), визначаться шляхом розкладання вектора напружень

$$\mathbf{W}_u^{**} = \frac{E_\text{a}}{1+\nu_\text{a}}\left(\frac{1}{H_u}\frac{\partial \mathbf{u}^*}{\partial u} + \frac{1}{2}\mathbf{e}_u \times \text{rot}\,\mathbf{u}^{**} + \frac{\mathbf{e}_u \nu_\text{a}}{1-2\nu_\text{a}}\text{div}\,\mathbf{u}^{**}\right)$$

за ортами даної системи координат з урахуванням виразу (15):

$$\begin{aligned}
\sigma_u^{**} &= \frac{C\hat{\sigma}_2}{\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}\left\{2\left[\left(1-\nu_\text{a}\right)\text{sh}\,u\cos\vartheta\frac{\partial B_1^*}{\partial u} - \nu_\text{a}\,\text{ch}\,u\sin\vartheta\frac{\partial B_1^*}{\partial\vartheta}\right] - \text{ch}\,u\cdot\cos\vartheta\times\right. \\
&\times\left(\frac{\partial^2 B_1^*}{\partial u^2} + \frac{\sin 2\vartheta}{2\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\frac{\partial B_1^*}{\partial\vartheta} - \frac{\text{sh}\,2u}{2\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\frac{\partial B_1^*}{\partial u}\right) - \frac{\partial^2 B_0^*}{\partial u^2} - \frac{\sin 2\vartheta}{2\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\frac{\partial B_0^*}{\partial\vartheta} + \\
&\left. + \frac{\text{sh}\,2u}{2\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\frac{\partial B_0^*}{\partial u}\right\}, \\
\sigma_{u\vartheta}^{**} &= -\frac{C\hat{\sigma}_2}{\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta}\left[\left(1-2\nu_\text{a}\right)\left(\text{sh}\,u\cos\vartheta\frac{\partial B_1^*}{\partial\vartheta} - \text{ch}\,u\sin\vartheta\frac{\partial B_1^*}{\partial u}\right) - \right. \\
&- \frac{\partial^2 B_1^*}{\partial u\,\partial\vartheta} + \frac{\sin 2\vartheta}{2\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\frac{\partial B_1^*}{\partial u} + \frac{\text{sh}\,2u}{2\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\frac{\partial B_1^*}{\partial\vartheta} - - \frac{\partial^2 B_0^*}{\partial u\,\partial\vartheta} + \frac{\sin 2\vartheta}{2\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\frac{\partial B_0^*}{\partial u} + \\
&\left. + \frac{\text{sh}\,2u}{2\left(\text{sh}^2 u + \sin^2\vartheta\right)}\frac{\partial B_0^*}{\partial\vartheta}\right],
\end{aligned} \tag{16}$$

де

$$B_0^* = 0{,}5r^2\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)C, \quad B_1^* = 0{,}5r\left(\lambda^2 - \lambda^{-1}\right)^{0{,}5}C,$$

Поля переміщень та напружень в аморфному середовищі (міжсферолітному просторі) визначаються як сума полів взаємодії між витягнутими сферолітами (11)-(12), першого розсіяного поля (13)-(14) і другого розсіяного поля (15)-(16):

$$u_u^{\mathrm{a}} = u_u^{\mathrm{o}} + u_u^{*} + u_u^{**}, \qquad u_\vartheta^{\mathrm{a}} = u_\vartheta^{\mathrm{o}} + u_\vartheta^{*} + u_\vartheta^{**}. \tag{17}$$

$$\sigma_u^{\mathrm{a}} = \sigma_u^{\mathrm{o}} + \sigma_u^{*} + \sigma_u^{**}, \qquad \sigma_{u\vartheta}^{\mathrm{a}} = \sigma_{u\vartheta}^{\mathrm{o}} + \sigma_{u\vartheta}^{*} + \sigma_{u\vartheta}^{**}. \tag{18}$$

Невідомі постійні α_2^{o}, α_1^{f}, α_2^{f}, B, C, що входять в рівняння (8)-(18) визначаємо з граничних умов, в якості яких використовуємо умови ідеального контакту поверхонь витягнутих сферолітів і міжсферолітного простору (аморфної фази), яка виражається умовою неперервності полів напружень та переміщень у вигляді:

$$u_u^{\mathrm{c}} = u_u^{\mathrm{a}}, \quad u_\vartheta^{\mathrm{c}} = u_\vartheta^{\mathrm{a}}, \quad \sigma_u^{\mathrm{c}} = \sigma_u^{\mathrm{a}}, \quad \sigma_{u\vartheta}^{\mathrm{c}} = \sigma_{u\vartheta}^{\mathrm{a}}. \tag{19}$$

Задовольняючи умові ідеального контакту (19), тобто прирівнюючи коефіцієнти при поліномах Лежандра, отримаємо вирази для невідомих постійних через напруження взаємодії між витягнутими сферолітами, що лишилося невідомим:

$$\alpha_1^{\mathrm{f}} = 2\alpha_2^0 \frac{E_{\mathrm{f}}\{[\beta_1\gamma_3 - \gamma_4(\beta_2 - \beta_1)] + 2\nu_{\mathrm{a}}[\gamma_4(\beta_4 - \beta_2 + 5\beta_3) - 3\beta_4\gamma_3]\} + E_{\mathrm{a}}(1-3\nu_{\mathrm{c}})\beta_4\gamma_3}{E_{\mathrm{f}}(1+\nu_{\mathrm{a}})(\beta_1\gamma_2 - 2\beta_2\gamma_1) + 2E_{\mathrm{a}}(1-2\nu_{\mathrm{c}})(\beta_4\gamma_2 - \beta_2\gamma_4)},$$

$$\alpha_2^{\mathrm{f}} = \alpha_2^0 \frac{E_{\mathrm{f}}\{[\gamma_1(\beta_3 - \beta_1) - \beta_1\gamma_3] + \nu_{\mathrm{a}}[\gamma_4(3\beta_1\gamma_3 - 3\gamma_1\beta_3 - \beta_1\gamma_1)]\} + E_{\mathrm{a}}(1-\nu_{\mathrm{f}})(\beta_4\gamma_2 - \beta_2\gamma_4)}{E_{\mathrm{f}}(1+\nu_{\mathrm{a}})(\beta_1\gamma_2 - 2\beta_2\gamma_1) + 2E_{\mathrm{a}}(1-2\nu_{\mathrm{f}})(\beta_4\gamma_2 - \beta_2\gamma_4)}, \tag{20}$$

$$B = \alpha_2^0 \frac{E_{\mathrm{f}}\{(1+\nu_{\mathrm{a}})\beta_1 + 2(1-3\nu_{\mathrm{a}})\beta_3\} - 4E_{\mathrm{a}}(1-2\nu_{\mathrm{f}})\beta_4}{E_{\mathrm{f}}(1+\nu_{\mathrm{a}})(\beta_1\gamma_2 - 2\beta_2\gamma_1) + 2E_{\mathrm{a}}(1-2\nu_{\mathrm{f}})(\beta_4\gamma_2 - \beta_2\gamma_4)},$$

$$C = 4\alpha_2^0 \frac{E_{\mathrm{f}}(1+\nu_{\mathrm{a}})(\gamma_2 - \gamma_1) + E_{\mathrm{a}}(1+\nu_{\mathrm{f}})(\gamma_4 - \gamma_3)}{E_{\mathrm{f}}(1+\nu_{\mathrm{a}})(\beta_1\gamma_2 - 2\beta_2\gamma_1) + 2E_{\mathrm{a}}(1-2\nu_{\mathrm{f}})(\beta_4\gamma_2 - \beta_2\gamma_4)},$$

де $\gamma_1 ... \gamma_4$ та $\beta_1 ... \beta_4$ – функції, що визначаються з таких рівнянь:

$$\gamma_1 = \frac{2Q_1(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{ch}\,u_0} - \frac{Q_1^{(1)}(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{sh}\,u_0}, \qquad \gamma_2 = \frac{2Q_1(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{ch}\,u_0} + \frac{Q_1^{(1)}(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{sh}\,u_0},$$

$$\gamma_3 = \frac{3}{2}\frac{Q_1^{(1)}(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{sh}\,u_0} + \frac{Q_1(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{ch}\,u_0} + \frac{1}{2\,\mathrm{ch}\,u_0}\frac{dQ_1^{(1)}(\mathrm{ch}\,u_0)}{du_0}, \qquad \gamma_4 = \frac{1}{2\,\mathrm{ch}\,u_0}\frac{dQ_1^{(1)}(\mathrm{ch}\,u_0)}{du_0};$$

$$\begin{aligned}
\beta_1 &= (3-4\nu_a)\frac{2Q_1(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{ch}\,u_0} - \frac{Q_1^{(1)}(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{sh}\,u_0} + \frac{\mathrm{ch}\,u_0}{2\,\mathrm{sh}\,u_0}\frac{dQ_2(\mathrm{ch}\,u_0)}{du_0}, \\
\beta_2 &= (1-2\nu_a)\frac{2Q_1(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{ch}\,u_0} + 3Q_2(\mathrm{ch}\,u_0), \\
\beta_3 &= (1-2\nu_a)\left(\frac{Q_1(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{ch}\,u_0} + \frac{Q_1^{(1)}(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{sh}\,u_0}\right) - 3\frac{\mathrm{ch}\,u_0}{\mathrm{sh}\,u_0}Q_2^{(1)}(\mathrm{ch}\,u_0), \\
\beta_4 &= (1-2\nu_a)\frac{Q_1(\mathrm{ch}\,u_0)}{\mathrm{ch}\,u_0}.
\end{aligned} \tag{21}$$

Підставляючи значення коефіцієнтів α_2^{o}, α_1^{f}, α_2^{f}, B, C з (20) та функцій з (21) в рівняння (8), (9) і (17), (18) отримаємо рішення задачі в пружно-деформованому стані орієнтованого аморфно-кристалічного середовища сферолітної будови при рівномірному двоосному розтягу в напрямку перпендикулярному осі витяжки.

Невідоме напруження взаємодії між витягнутими сферолітами визначимо за допомогою методу, описаного в [7]. Перше представлення пружного потенціалу у випадку рівномірного двоосного розтягу орієнтованого аморфно-кристалічного середовища сферолітної будови запишемо в такому вигляді:

$$2\hat{\sigma}_2\,\hat{\varepsilon}_2 == \frac{1}{V_*}\iint\limits_{(S_*)}\left(\sigma_u^{\mathrm{a}}u_u^{\mathrm{a}}+\sigma_{u\vartheta}^{\mathrm{a}}u_\vartheta^{\mathrm{a}}\right)r^2\left(\lambda^2-\lambda^{-1}\right)\left(\mathrm{sh}^2u_*+\sin^2\vartheta\right)^{0,5}\mathrm{sh}\,u_*\,\sin\vartheta\,d\vartheta d\varphi\,. \tag{22}$$

де $V_*=\frac{4}{3}\pi r^3\left(\lambda^2-\lambda^{-1}\right)^{3/2}\mathrm{ch}\,u_*\,\mathrm{sh}^2u_*$ – об'єм витягнутого еліпсоїда, обмеженого приведеною поверхнею S_*

З рівняння (22) з урахуванням виразів (11), (12), (14), (16), (18), (20), (21) визначимо напруження взаємодії між витягнутими сферолітами при розтягу орієнтованого полімерного матеріалу в напрямках x_2 та x_3, що є перпендикулярними до осі витяжки:

$$\alpha_2^0=\frac{\hat{\sigma}_2}{1+\frac{2}{3}\chi^2\left\{\frac{\left(1-2\nu_{\mathrm{a}}\right)\left(E_{\mathrm{f}}\left[\left(1+\nu_{\mathrm{a}}\right)\beta_1^*+2\left(1-3\nu_{\mathrm{a}}\right)\beta_3^*\right]-4E_{\mathrm{a}}\left(1-2\nu_{\mathrm{f}}\right)\beta_4^*\right)}{E_{\mathrm{f}}\left(1+\nu_{\mathrm{a}}\right)\left(\beta_1^*\cdot\gamma_2^*-2\,\beta_2^*\cdot\gamma_1^*\right)+2E_{\mathrm{a}}\left(1-2\nu_{\mathrm{f}}\right)\left(\beta_4^*\cdot\gamma_2^*-\beta_2^*\cdot\gamma_4^*\right)}+\right.}$$
$$\left.+\frac{\left(1+\nu_{\mathrm{a}}\right)\left(7-5\nu_{\mathrm{a}}\right)\left[E_{\mathrm{f}}\left(1+\nu_{\mathrm{a}}\right)\left(\gamma_2^*-\gamma_1^*\right)+E_{\mathrm{a}}\left(1+\nu_{\mathrm{f}}\right)\left(\gamma_4^*-\gamma_3^*\right)\right]}{E_{\mathrm{f}}\left(1+\nu_{\mathrm{a}}\right)\left(\beta_1^*\cdot\gamma_2^*-2\,\beta_2^*\cdot\gamma_1^*\right)+2E_{\mathrm{a}}\left(1+\nu_{\mathrm{f}}\right)\left(\beta_4^*\cdot\gamma_2^*-\beta_2^*\cdot\gamma_4^*\right)}\right\}, \tag{23}$$

де χ – ступень кристалічності;

$$\gamma_1^*=\frac{\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+\left(4-2\lambda^3\right)\sqrt{\lambda^3-1}}{2\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\lambda^3\sqrt{\lambda^3-1}\right)},\qquad \gamma_2^*=\frac{3\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+\left(4+2\lambda^3\right)\sqrt{\lambda^3-1}}{\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\lambda^3\sqrt{\lambda^3-1}},$$
$$\gamma_3^*=\frac{\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+\left(4+2\lambda^3\right)\sqrt{\lambda^3-1}}{2\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\lambda^3\sqrt{\lambda^3-1}\right)},\qquad \gamma_4^*=\frac{\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+\left(4-2\lambda^3\right)\sqrt{\lambda^3-1}}{2\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\lambda^3\sqrt{\lambda^3-1}\right)};$$

$$\beta_1^*=\frac{\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\sqrt{\lambda^3-1}\right)\left[\left(\lambda^3-1\right)\left(3-4\nu_{\mathrm{a}}\right)+3\lambda^3\right]}{\left(\lambda^3-1\right)\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\lambda^3\sqrt{\lambda^3-1}\right)}-1,$$
$$\beta_2^*=\frac{\left(\lambda^3-1\right)\left(10-4\nu_{\mathrm{a}}\right)\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\sqrt{\lambda^3-1}\right)+9\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+18\left(1+\lambda^3\right)\sqrt{\lambda^3-1}}{2\left(\lambda^3-1\right)\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\lambda^3\sqrt{\lambda^3-1}\right)}, \tag{24}$$
$$\beta_3^*=\frac{\beta_2^*}{2},$$
$$\beta_4^*=\left(1-2\nu_{\mathrm{a}}\right)\frac{\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\sqrt{\lambda^3-1}}{\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\lambda^3\sqrt{\lambda^3-1}},$$
$$\ln a=\ln\frac{\lambda\sqrt{\lambda}-\sqrt{\lambda^3-1}}{\lambda\sqrt{\lambda}+\sqrt{\lambda^3-1}}.$$

Друге представлення пружного потенціалу згідно до [8] можна записати у вигляді:

$$\left(\hat{\sigma}_2\right)^2\left(\frac{1-\nu_{23}}{E_2}\right)=\frac{1}{V_*}\iint\limits_{(S_*)}\left(\sigma_u^{\mathrm{a}}u_u^{\mathrm{a}}+\sigma_{u\vartheta}^{\mathrm{a}}u_\vartheta^{\mathrm{a}}\right)r^2\left(\lambda^2-\lambda^{-1}\right)\left(\mathrm{sh}^2u_*+\sin^2\vartheta\right)^{0,5}\mathrm{sh}\,u_*\,\sin\vartheta\,d\vartheta d\varphi\,. \tag{25}$$

Інтегруючи рівняння (25) з врахуванням виразів (12), (17), (20)-(24) отримаємо залежності для ефективних пружних постійних E_2 та ν_{23} від параметрів витяжки і структурних характеристик аморфно-кристалічного середовища:

$$\frac{1-\nu_{23}}{E_2}=\frac{1-\nu_a}{E_a}\alpha_2^0-\frac{1+\nu_a}{2E_a}\left\{B\left(\gamma_1^{**}-\gamma_2^{**}\right)+\frac{C}{2}\left(\gamma_4^{**}-\gamma_3^{**}\right)\left(\beta_4^{**}\cdot\gamma_2^{**}-\beta_2^{**}\cdot\gamma_4^{**}\right)\right\}. \tag{26}$$

Вираз (26) зв'язує між собою дві ефективні постійні E_2 та ν_{23} Підставляючи в (25) значення переміщень u_u^a та u_ϑ^a з [8], значення напруження взаємодії між витягнутими сферолітами з (23) і розв'язуючи рівняння (26) відносно E_2, знайдемо модуль пружності E_2 попередньо орієнтованої структури полімеру в перпендикулярному до осі витяжки напрямку x_2:

$$E_2=E_a\frac{1+\frac{2}{3}\chi^2\left\{\frac{(1-2\nu_a)\left(E_f\left[(1+\nu_a)\beta_1^*+2(1-3\nu_a)\beta_3^*\right]-4E_a(1-2\nu_f)\beta_4^*\right)}{E_f(1+\nu_a)\left(\beta_1^*\cdot\gamma_2^*-2\beta_2^*\cdot\gamma_1^*\right)+2E_a(1-2\nu_f)\left(\beta_4^*\cdot\gamma_2^*-\beta_2^*\cdot\gamma_4^*\right)}+\right.}{1-\frac{1}{3}\chi^2\left\{\frac{(1+\nu_a)\left(E_f\left[(1+\nu_a)\beta_1^{**}+2(1-3\nu_a)\beta_3^{**}\right]-4E_a(1-2\nu_f)\beta_4^{**}\right)}{E_f(1+\nu_a)\left(\beta_1^{**}\cdot\gamma_2^{**}-2\beta_2^{**}\cdot\gamma_1^{**}\right)+2E_a(1-2\nu_f)\left(\beta_4^{**}\cdot\gamma_2^{**}-\beta_2^{**}\cdot\gamma_4^{**}\right)}+\right.}, \tag{27}$$

$$\left.+\frac{\frac{(1+\nu_a)(7-5\nu_a)\left[E_f(1+\nu_a)\left(\gamma_2^*-\gamma_1^*\right)+E_a(1+\nu_f)\left(\gamma_4^*-\gamma_3^*\right)\right]}{E_f(1+\nu_a)\left(\beta_1^*\cdot\gamma_2^*-2\beta_2^*\cdot\gamma_1^*\right)+2E_a(1-2\nu_f)\left(\beta_4^*\cdot\gamma_2^*-\beta_2^*\cdot\gamma_4^*\right)}\right\}}{\left.\frac{(1+\nu_a)(7-5\nu_a)\left[E_f(1+\nu_a)\left(\gamma_2^{**}-\gamma_1^{**}\right)+E_a(1+\nu_f)\left(\gamma_4^{**}-\gamma_3^{**}\right)\right]}{E_f(1+\nu_a)\left(\beta_1^{**}\cdot\gamma_2^{**}-2\beta_2^{**}\cdot\gamma_1^{**}\right)+2E_a(1-2\nu_f)\left(\beta_4^{**}\cdot\gamma_2^{**}-\beta_2^{**}\cdot\gamma_4^{**}\right)}\right\}}$$

Тут γ_2^{**} і β_1^{**} – функції, що визначають зміну характеристик надмолекулярної структури, відповідно до виразу (20), від ступеня витяжки [7]:

$$\gamma_1^{**}=\frac{\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+\left(4-2\lambda^3\right)\sqrt{\lambda^3-1}}{2\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\sqrt{\lambda^3-1}\right)},\qquad \gamma_2^{**}=\frac{3\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+\left(4+2\lambda^3\right)\sqrt{\lambda^3-1}}{2\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\sqrt{\lambda^3-1}\right)},$$

$$\gamma_3^{**}=\frac{\gamma_2^{**}}{2},\qquad \gamma_4^{**}=\frac{\gamma_1^{**}}{2};$$

$$\beta_1^{**}=3-4\nu_a+\frac{\lambda\sqrt{\lambda}\left(3\lambda^3-1\right)\ln a+2\lambda^3\sqrt{\lambda^3-1}\left(1+\lambda^3\right)}{\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\sqrt{\lambda^3-1}},$$

$$\beta_2^{**}=3-4\nu_a+\frac{\lambda\sqrt{\lambda}\left(9\lambda^3-1\right)\ln a+2\lambda^3\sqrt{\lambda^3-1}\left(5+3\lambda^3\right)}{2\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\sqrt{\lambda^3-1}\right)}, \tag{28}$$

$$\beta_3^{**}=(1-2\nu_a)\frac{\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+\left(1+\lambda^3\right)\sqrt{\lambda^3-1}}{\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\sqrt{\lambda^3-1}}-\frac{9\lambda^4\sqrt{\lambda}\ln a+6\lambda^3\left(2+\lambda^3\right)\sqrt{\lambda^3-1}}{2\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\sqrt{\lambda^3-1}\right)},$$

$$\beta_4^{**}=(1-2\nu_a)\frac{\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\lambda^3\sqrt{\lambda^3-1}}{2\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\sqrt{\lambda^3-1}\right)}-\frac{9\lambda^4\sqrt{\lambda}\ln a+6\lambda^3\left(2+\lambda^3\right)\sqrt{\lambda^3-1}}{2\left(\lambda\sqrt{\lambda}\ln a+2\sqrt{\lambda^3-1}\right)}.$$

Рівняння (27) з врахуванням виразів (28) дозволяє прогнозувати пружні властивості орієнтованих аморфно-кристалічних полімерів в напрямку, перпендикулярному осі витяжки, в залежності від пружних властивостей аморфної (E_a,ν_a) та кристалічної (E_f,ν_f) фаз, а також від ступеня кристалічності χ і від ступеня витяжки λ.

З рівняння (26) і (27), з врахуванням (28) запишемо вираз для визначення коефіцієнта Пуассона ν_{23}:

$$\nu_{23} = 1 - E_2 \left\{ \frac{4(1-\nu_a)\alpha_2^0 - (1+\nu_a)\left[2B\left(\gamma_1^{**} - \gamma_2^{**}\right) + C\left(\gamma_4^{**} - \gamma_3^{**}\right)\left(\beta_4^{**} \cdot \gamma_2^{**} - \beta_2^{**} \cdot \gamma_4^{**}\right)\right]}{4E_a} \right\}. \quad (29)$$

Розглядаючи пружні властивості орієнтованого аморфно-кристалічного полімеру (рис. 1) в напрямку осі x_3 встановлено, що з точністю до постійних в рівняннях (28), модуль пружності $E_3 = E_2$. Таким чином, в процесі витяжки в орієнтованому полімері формується трансверсально анізотропний тип пружної симетрії [4, 9, 10] і виникає площина поперечної ізотропії $x_2 0 x_3$.

Вирази (27) та (29) дозволяють прогнозувати пружні властивості аморфно-кристалічних полімерів в залежності від ступеня витягування.

За допомогою отриманої математичної моделі було досліджено вплив ступеня витягування на пружні властивості полімерів в напрямку поперечному до витягування.

На рис. 3 представлені залежності модуля пружності поліетилентерефталата (ПЕТФ), поліаміда (ПА) і поліетилена (ПЕ) від ступеня витяжки в напрямку поперечному витяжці.

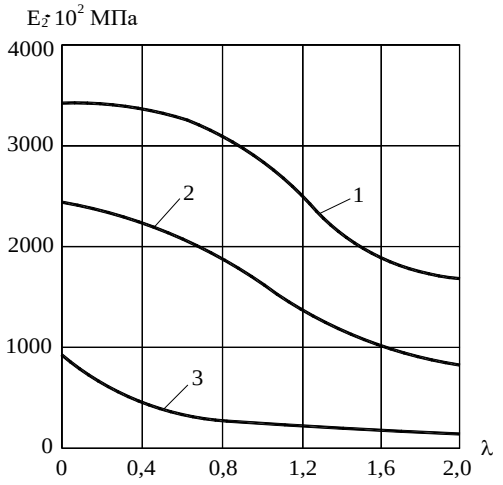


Рис. 3 – Залежності модуля пружності в поперечному до витягування напрямку від ступеня витяжки 1 – ПЕТФ; 2 – ПА; 3 – ПЕ

Вихідні дані для отримання кривих 1, 2, 3 [1, 9, 10-12]: для ПЕТФ – $E_f = 8239\,\text{МПа}$, $\nu_f = 0{,}32$; $E_a = 2000\,\text{МПа}$, $\nu_a = 0{,}39$, $\chi = 0{,}40$; для ПА – $E_f = 5500\,\text{МПа}$, $\nu_f = 0{,}35$, $E_a = 3400\,\text{МПа}$, $\nu_a = 0{,}39$, $\chi = 0{,}10$; для ПЕ – $E_f = 1200\,\text{МПа}$, $\nu_f = 0{,}37$, $E_a = 77\,\text{МПа}$, $\nu_a = 0{,}39$, $\chi = 0{,}68$.

Як видно з рис. 3 модулі пружності у поперечному до витягування напрямку зменшуються із збільшенням ступеня витягування. Але досягнувши певне значення ступеня витяжки, що є різним для кожного матеріалу (рис. 3), подальше його збільшення приводе до несуттєвого зменшення модуля пружності в поперечному до витягування напрямку.

Тому розтягнувши поліамід на 100 %, поліетилентерефталат на 80 %, а поліетилен на 20 % можна домогтися мінімального значення модуля пружності в поперечному напрямку. Надмірне витягування полімерного матеріалу не приведе до суттєвого зменшення модуля пружності, а тільки збільшить витрати енергії перероблюючим пристроєм.

Висновки. Розроблена математична модель дозволяє простежити за направленими змінами внутрішньої структури полімерного матеріалу, що приводить до його руйнування, при різному напружено-деформованому стані, що генерується технологічним обладнанням для переробки полімерних відходів.

За допомогою отриманих в роботі залежностей можна визначити необхідну ступінь витягування полімерного матеріалу, при якій модуль пружності в поперечному до деформації напрямку найменший, що дозволить розрахувати мінімальні зусилля, які потрібно прикласти до полімеру, щоб почався процес руйнування його структури.

Таким чином, отримані в роботі результати можуть бути використані при розробці технологічного обладнання для переробки полімерних відходів, яке дозволить створювати такий напружено-деформований стан в полімерному матеріалі, при якому він буде руйнуватися по границям орієнтованих конгломератів витягнутих сферолітів. Таке руйнування збереже в переробленому полімерному матеріалі фізико-механічні характеристики первинного матеріалу та забезпечить мінімальні витрати енергії.

Результати проведених досліджень були використані при проектовані пристрою для переробки полімерних відходів, що створює напружено-деформований стан потрібний для руйнування структури полімерного матеріалу.

Подальші дослідження процесу руйнування полімерного матеріалу на розробленому пристрої будуть викладені в наступних публікаціях.

Література

1. Мантия Ф. Ла. Вторичная переработка пластмасс / Ф. Ла Мантия; пер. с англ. под. ред. Г.Е. Зайкова. – СПб. : Профессия, 2006. – 400 с.
2. Місяць В.П. Моделювання процесів руйнування полімерних матеріалів при подрібненні / В.П. Місяць, О.П. Бурмістенков, О.З. Гладчук // Вісник КНУТД. – 2007. – № 3. – С. 40-45.
3. Скиба М. Є. Моделювання процесу подрібнення композиційних матеріалів з використанням методу скінчених елементів / М. Є. Скиба, Ю. Б. Михайлівський, Г. С. Головко // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2003. – №6. – С. 7-11.
4. Оссвальд Т. А. Литье пластмасс под давлением / Т. А. Оссвальд, Л.-Ш. Тунг, П. Дж. Грэманн; под ред. Э. Л. Калинчева. – СПб. : Профессия, 2006. – 712 с.
5. Майникова Н. Ф. Методы и средства неразрушающего теплового контроля структурных превращений в полимерных материалах : Монография / Н. Ф. Майникова, С. В. Мищенко, Н.П. Жуков, И. В. Рогов. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 320 с.
6. Синюк О. М. Модель будови недеформованих полімерів сферолітної структури / О. М. Синюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2016. – №3 (237). – С. 181-188.

References

1. Mantiya, F. La. (2006). *Vtorichnaya pererabotka plastmass* [Secondary recycling of plastics]. G.E. Zaykova (Ed.). St. Petersburg : Professiya [in Russian].
2. Misyats, V. P., Burmistenkov, O. P., Hladchuk, O. Z. (2007). Modelyuvannya protsesiv ruynuvannya polimernykh materialiv pry podribnenni [Modeling of the destruction processes of polymeric materials during grinding]. *Visnyk Kyyivs'koho natsional'noho universytetu tekhnolohiy ta dyzaynu – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*, 3, 40-45 [in Ukrainian].
3. Skyba, M. Ye., Mykhaylivs'kyy, Yu. B., Holovko, H. S. (2003). Modelyuvannya protsesu podribnennya kompozytsiynykh materialiv z vykorystannyam metodu skinchenykh elementiv [Modeling of the shredding process of composite materials using the finite element method]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu – Bulletin of Khmelnitsky National University, 6, 7-11* [in Ukrainian].
4. Ossvald, T. A., Tung, L.- Sh., Gremann, P. Dzh. (2006). *Lite plastmass pod davleniem* [Molding of plastics under pressure]. E. L. Kalincheva (Ed.). St. Petersburg : Professiya [in Russian].
5. Maynikova, N. F., Mischenko, S. V., Zhukov, N. P., Rogov, I. V. (2012). *Metodyi i sredstva nerazrushayuschego teplovogo kontrolya strukturnyih prevrascheniy v polimernyih materialah* [Methods and means of nondestructive thermal control of structural transformations in polymeric materials]. Tambov [in Russian].
6. Synyuk O. M. (2016). Model budovy nedeformovanykh polimeriv sferolitnoi struktury [The structural model of undeformed polymers of spheruline structure]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu – Bulletin of Khmelnitsky National University*, 3 (237), 181-188 [in Ukrainian].

7. Синюк О. М. Метод розрахунку ефективних пружних властивостей полімерів з орієнтованою структурою / О. М. Синюк // Технічні науки і технології: науковий журнал Чернігівського національного технологічного університету. – 2016. – № 4. – С. 16-25.
8. Синюк О. М. Визначення пружних властивостей аморфно-кристалічних полімерів сферолітної структури / О. М. Синюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 6. – С. 77-86.
9. Samuels R. J. Polymer Structure: The Key to Process-Property Control / R. J. Samuels // Polymer Engineering and Science. – 1985. – № 25. – P. 862-874.
10. Кострицкий В. В. Структурно-механическая модель аморфно-кристаллических полимеров / В. В. Кострицкий // Механика композитних материалов. – Рига : Зинатне, 1990. – № 4. – С. 585-593.
11. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций / Л. Нильсен; под ред. П. Г. Бабаевского; пер. с англ. – М. : Химия, 1988. – 312 с.
12. Тагер А. А. Физико-химия полимеров / А. А. Тагер. – М. : Научный мир, 2007. – 576 с.

7. Synyuk O. M. (2016). Metod rozrakhunku efektyvnykh pruzhnykh vlastyvostei polimeriv z oriientovanoiu strukturoiu [The calculation method of effective elastic properties of oriented polymers]. *Tekhnichni nauky i tekhnolohiyi: naukovyy zhurnal Chernihivs'koho natsional'noho tekhnolohichnoho universytetu – Technical sciences and technologies: scientific journal of Chernihiv National Technological University*, 2016, 4, 16-25 [in Ukrainian].
8. Synyuk O. M. (2016). Vyznachennia pruzhnykh vlastyvostei amorfno-krystalichnykh polimeriv sferolitnoi struktury [Determination of elastic properties of amorphous-crystalline polymers of a spheruline structure]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu – Bulletin of the Vinnitsa Polytechnic Institute*, 6, 77-86 [in Ukrainian].
9. Samuels R. J. (1967) Structure sphiroline, morphology of deformation and mechanical properties isotactic polypropylene .Polymer Engineering and Science, 11, 20, 253-284 [In English].
10. Kostritskiy V. V. (1990). Strukturno-mehanicheskaya model amorfno-kristallicheskih polimerov [Structural-mechanical model of amorphous-crystalline polymers]. *Mehanika kompozitnih materialov – Mechanics of composite materials*, 4, 585-593 [in Russian].
11. Nilsen L. (1988) *Mehanicheskie svoystva polimerov i polimernyih kompozitsiy* [Mechanical properties of polymers and polymeric compositions]. P. G. Babaevskogo (Ed.). Moscow : Himiya [in Russian].
12. Tager A. A. (2007). *Fiziko-himiya polimerov* [Physicochemistry of polymers]. Moscow : Nauchnyiy mir [in Russian].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ УПРУГИХ СВОЙСТВ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ В ПОПЕРЕЧНОМ НАПРАВЛЕНИИ

СИНЮК О. М., МИХАЙЛОВСЬКИЙ А. Ю.
Хмельницький національний університет

Цель. *Получить зависимости, позволяющие определять необходимую деформацию полимерного материала, при которой модуль упругости наименьший в поперечном направлении к вытяжки.*

Методика*. Разработана методика определения степени влияния упругих свойств полимера и его напряженно-деформированного состояния на форму и размеры сферолитов, что позволяет прогнозировать упругие свойства полимерных материалов сферолитного строения в зависимости от степени вытяжки.*

Результаты*. Полученные зависимости, по которым можно определять такую деформацию полимера, при которой модуль упругости в поперечном к вытяжке направлении минимален. Полученные зависимости модуля упругости полиэтилентерефталата, полиамида и полиэтилена от степени вытяжки в поперечном к ней направлении.*

Научная новизна*. Впервые получены выражения, которые позволяют прогнозировать упругие свойства аморфно-кристаллических полимеров в зависимости от степени вытяжки.*

Практическая значимость*. Разработана методика, по которой можно определять необходимую деформацию полимера, при которой обеспечивается минимальный модуль упругости в поперечном к вытяжке направлении, что позволит рассчитать минимальные усилия, которые*

должно создавать перерабатывающие оборудования для разрушения структуры полимерного материала.

***Ключевые слова**: полимерный материал, сферолиты, структура, вытяжка, упругие свойства.*

DETERMINATION OF EFFECTIVE ELASTIC PROPERTIES OF ORIENTED POLYMERS IN THE TRANSVERSE DIRECTION

SYNYUK O., MIKHAILOVSKY A.
Khmelnytskyi National University

***Objective**. To obtain the dependencies that allow determination of the required deformation of a polymeric material, in which the modulus of elasticity in the transverse to the direction of drawing is the smallest.*

***Methods**. Methods of determining the degree of influence of the polymer elastic properties and its stress-strain state on the shape and size of the spherulites is developed, which will enable predicting the elastic properties of the polymeric materials of the spherulite structure, depending on the degree of drawing.*

***Results**. Dependences, by which it is possible to determine such a deformation of a polymer, in which the modulus of elasticity in the transverse to the direction of drawing is minimal, are obtained. The dependences of the elastic modulus of polyethylene terephthalate, polyamide and polyethylene on the degree of drawing in the transverse direction are obtained.*

***Scientific novelty**. Expressions, which allow prediction of the elastic properties of amorphous crystalline polymers, depending on the degree of extraction, are obtained.*

***Practical significance**. Methods for determining the required deformation of a polymer in which a minimum elasticity modulus is provided in a transverse direction to the drawing are developed, which will enable calculation of the minimum efforts that must be made by the recycling equipment for the destruction of the polymeric material structure.*

***Key words**: polymeric material, spherulites, structure, drawing, elastic properties.*

УДК 615.038; 615.244; 615.322

ТАРАСЕНКО Г. В., ГЕТЬМАН Я. О.
Київський національний університет технологій та дизайну

ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕПАТОПРОТЕКТОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК, ЩО МІСТЯТЬСЯ У GLYCYRRHIZAE RADICES ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ PASS

Мета. *Провести комп'ютерне прогнозування ймовірної біологічної активності сполук різних хімічних класів, що містяться у лікарській рослинній сировині корені солодки на основі структурних формул, та встановити, які з них надають екстракту солодкового кореня гепатопротекторні властивості.*

Методика. *Комп'ютерне прогнозування ймовірної біологічної активності сполук здійснювалось за допомогою системи PASS із використанням інформації з бази даних PubChem.*

Результати. *В результаті прогнозування активності сполук встановлено їх ймовірні активність та токсикологічну дію, а також визначено, які саме сполуки можуть мати гепатопротекторну активність. Проведено комп'ютерний аналіз активності груп речовин, що містяться у лікарській рослинній сировині корені солодки.*

Наукова новизна. *Встановлено можливість розширення раніше відомого спектру фармакологічної дії екстракту з коренів солодки. Визначено сполуки, які можуть надавати екстракту солодкового кореня гепатопротекторні властивості.*

Практична значимість. *У результаті прогнозування ймовірної біологічної активності сполук, що містяться у лікарській рослинній сировині корені солодки встановлено, що саме гліциризинова кислота значною мірою визначає гепатопротекторні властивості екстракту солодкового кореня.*

Ключові слова: *гліциризинова кислота, корінь солодки, гепатопротекторна активність, комп'ютерне прогнозування, система PASS.*

Вступ. На даний час на українському фармацевтичному ринку екстракт солодкового кореня використовується переважно у вигляді сиропу, що застосовується при кашлі та застудних захворюваннях як засіб, що полегшує відходження мокротиння [1-2]. Корінь солодки має багатий склад – містить тритерпенові сапоніни (до 23%), серед яких найбільш цінними для сучасних досліджень є гліциризин і кислота гліциризинова, кумарини (умбеліферон, герніарин), флавоноїди (серед яких ліквіритин, рамноліквіритин, ізокверцитрин, рутин, сапонаретин, уралозид, астрагалін та інші), вуглеводи (глюкоза, сахароза, мальтоза, фруктоза), ефірні олії, жирні кислоти (олеїнова і пальмітинова), кислота аскорбінова, пектинові речовини. Однією із основних речовин, які надають кореню солодки лікувальну дію, є гліциризинова кислота [3]. Науково доведено, що відхаркувальна дія препаратів з *Glycyrrhizae radices* пов'язана із наявністю у її складі: гліциризину (який посилює секреторну функцію слизових оболонок дихальних шляхів), флавонових сполук (які мають спазмолітичну дію) та гліциризинової кислоти, яка має протизапальний ефект і утворюється внаслідок гідролізу гліциризину [4]. Але дані сполуки як окремо, так і у комплексному складі разом з іншими речовинами, що містяться у сировині кореня солодки здатні проявляти широкий спектр інших властивостей, більшість з яких зараз вивчаються або є недостатньо вивченими.

Однією із таких властивостей є гепатопротекторна дія екстракту кореня солодки, спричинена високим вмістом гліциризинової кислоти. У Японії гліциризинова кислота вже близько 30 років успішно застосовується для лікування цирозів печінки та її уражень при

гепатитах В і С [5-6], також дослідженнями доведена її ефективність у лікуванні гепатоцелюлярної карциноми [7].

У наш час в умовах погіршення екологічної ситуації довкілля, швидкого темпу життя з одночасним нераціональним харчуванням та обмеженістю рухової активності питання різноманітних захворювань печінки набуває особливої гостроти. Тому існує постійна необхідність створення нових та вдосконалення існуючих гепатопротекторних препаратів. Одним із нових перспективних гепатопротекторних препаратів цілком може стати лікарський засіб на основі екстракту солодкового кореня.

Постановка завдання. Враховуючи той факт, що корені солодки містять значну кількість біологічно активних речовин різноманітних хімічних класів (тритерпенові сапоніни, флавонові глікозиди, ізофлаваноїди, гідроксикумарини, вуглеводи, ефірні олії, жирні кислоти, пектинові речовини), доцільним є проведення дослідження властивостей даних речовин та визначення, які з них можуть надавати екстракту солодкового кореня гепатопротекторної дії. Цікавими для подальших досліджень є біологічно активні сполуки класів тритерпенових сапонінів, флавонових глікозидів, ізофлаваноїдів та гідроксикумаринів.

Для прогнозування ймовірної біологічної активності сполук даних класів використано комп'ютерну програму PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances) та інформацію щодо структурних формул із загально відомої бази даних PubChem. Прогнозування активності сполук за допомогою системи PASS засновано на використанні опису хімічної структури та універсального математичного алгоритму встановлення залежностей «структура-активність». Основа програми – концепція спектру біологічної активності, що є сукупністю властивих для кожної окремої сполуки фармакологічних ефектів, визначених механізмів дії, можливого токсичного впливу для надання оцінки «подібності» або «відмінності» щодо інших речовин.

Результати дослідження. Для дослідження були обрані такі сполуки: кислота гліциризинова, ліквіритин, ліквіритогенін, формононетин, глабрен, герніарин та умбеліферон. Гліциризин за матеріалами бази даних PubChem ототожнюється із кислотою гліциризиновою, яка утворюється при його гідролізі. Вищеназвані сполуки було проаналізовано і визначено їхні найбільш ймовірні властивості, можливі токсикологічні властивості та наявність гепатопротекторної дії. Аналіз речовин здійснювався за величною значень «Ра» та «Рі». «Ра» визначає ймовірну активність сполуки, «Рі» – ймовірну відсутність активності. Якщо значення Ра>0,71 молекула, ймовірно, має передбачену активність. Дані щодо ймовірної біологічної активності сполук із значенням Ра≥0,95 та ймовірної гепатопротекторної дії кожної з досліджуваних речовин наведено у таблиці 1. За даними, наведеними у таблиці 1, можна зробити висновок, що у складі кореня солодки містяться різні за своєю прогнозованою дією речовини. Дещо подібні властивості мають дві пари речовин: ліквіритин та ліквіритогенін, герніарин та умбеліферон.

Таблиця 1.

Прогнозована біологічна активність сполук, що містяться у сировині солодки корені

Речовина	Властивості	Pa	Pi
1	2	3	4
Гліциризинова кислота	Гепатопротекторні	0,995	0,000
	Протипухлинні	0,994	0,001
	Протиотрутні	0,993	0,001
	Інгібування вивільнення гістаміну	0,978	0,001
	Загоювальні	0,959	0,002
	Протизапальні	0,950	0,002
Ліквіритин	Агоніст цілісності мембран	0,976	0,002
	Інгібітор монофенол монооксигенази	0,972	0,001
	Гепатопротекторні	0,928	0,002
Ліквіритогенін	Агоніст цілісності мембран	0,955	0,003
	Гепатопротекторні	0,651	0,009
Формононетин	Інгібітор альдегід оксидази	0,971	0,002
	Гепатопротекторні	0,620	0,011
Глабрен	Інгібітор експресії HIF-1α	0,960	0,003
	Гепатопротекторні	0,351	0,043
Герніарин	Субстрат CYP2C12	0,962	0,003
	Гепатопротекторні	0,532	0,018
Умбеліферон	Субстрат CYP2C12	0,976	0,002
	Гепатопротекторні	0,599	0,012

Найбільш широкий спектр прогнозованої активності має гліциризинова кислота, причому значення ймовірної активності високі (Pa більше 0,950), а ймовірної відсутності активності – низькі (Pi менше 0,002). Встановлено, що дана сполука з великою ймовірністю має гепатопротекторні властивості (Pa=0,995 та Pi=0,000). Також гепатопротекторні властивості може мати і ліквіритин, але в даної речовини значення ймовірної активності нижчі (Pa=0,928), а ймовірної відсутності активності – вищі (Pi=0,002). Інші досліджувані субстанції мають значно меншу ймовірність наявності гепатопротекторної дії (не вище 0,651). Тому можна зробити висновок, що саме гліциризинова кислота більшою мірою визначає гепатопротекторні властивості екстракту кореня солодки, а також є перспективною для подальших досліджень речовиною, адже має прогнозовану різнобічну дію з великою ймовірністю.

Дуже важливим фактором активності будь-якої сполуки є її можливі побічні ефекти, від незначної несприятливої дії до здатності викликати серйозне отруєння організму. Якщо користь від використання певної субстанції менша за несприятливі наслідки від її використання, застосування такої сполуки є нераціональним. Дані щодо ймовірних токсикологічних властивостей із значенням Pa≥0,8 для гліциризинової кислоти, ліквіритину, ліквіритогеніну, герніарину, умбіліферону, Pa≥0,71 для формононетину та Pa≥0,65 для глабрену наведені у таблиці 2. Така різниця у значеннях Pa обумовлена різною

прогнозованою активністю вищеназваних сполук, у деяких вона є невеликою та відрізняється від середніх показників.

Таблиця 2.

Прогнозовані побічні властивості сполук, що містяться у сировині солодки корені

Речовина	Побічна дія	Pa	Pi
1	2	3	4
Гліциризинова кислота	М'язова слабкість	0,996	0,001
	Слабкість	0,996	0,001
	Алергія	0,995	0,002
	Нефротоксичність	0,990	0,002
	Порушення координації	0,983	0,003
	Гематотоксичність	0,965	0,004
	Сонливість	0,948	0,005
	Порушення сну	0,895	0,012
	Гіпертонія	0,849	0,011
Ліквіритин	Алергія	0,934	0,005
	Діарея	0,869	0,015
	Сонливість	0,841	0,016
	Гіперглікемія	0,824	0,006
	Нефротоксичність	0,820	0,010
	Гематотоксичність	0,829	0,021
	Токсичність	0,817	0,025
	Порушення координації	0,816	0,022
Ліквіритогенін	Тремор	0,824	0,028
	Гематемезис	0,807	0,013
Формононетин	Гіпотермія	0,792	0,007
	Гіпокаліємія	0,759	0,002
Глабрен	Абстинентний синдром	0,657	0,031
Герніарин	Токсичність	0,802	0,017
Умбеліферон	Гематемезис	0,880	0,005
	Тремор	0,852	0,018
	Токсичність	0,835	0,011

Як можна побачити з таблиці 2, речовини, що містяться у корені солодки, мають досить різноманітні можливі побічні властивості з значною ймовірністю (Pa≥0,8). Більшість побічних явищ наведені у офіційних інструкціях до застосування екстракту солодкового кореня [8-9]: алергічні реакції, нефротоксичність, порушення водно-електролітного балансу при тривалому застосуванні і в окремих випадках підвищення артеріального тиску, виникнення міопатії. Зазвичай ці явища виникають у випадку тривалого неконтрольованого вживання екстракту кореня солодки та у випадку передозування.

Висновки. Проведено комп'ютерне прогнозування біологічної активності сполук, що містяться у сировині солодки корені за допомогою програми PASS. Встановлено, що гепатопротекторні властивості екстракту солодкового кореня більшою мірою визначає наявність гліциризинової кислоти, яка має широкий спектр різнобічної активності та є перспективною речовиною для подальших досліджень.

Література

1. Рухмакова О.А., Ярних Т.Г. Перспективи використання солодки голої як імуномодулюючого засобу у педіатрії / Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики .– 2014 – №1 (14) – С. 47-49.
2. Амосов А.С. Солодка – технология, препараты, применение в мировой практике: краткий обзор патентных источников / А.С. Амосов, В.И. Литвиненко / Фармаком. – 2003. – № 4. – С. 30-48.
3. Гетьман Я.О., Тарасенко Г.В. Розробка та обґрунтування складу гепатопротекторного препарату на основі гліциризинової кислоти/ Тези доповідей XVI Всеукраїнської наукової конференції молодих учених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі» – 2017. – Т. 1. – С. 565-566.
4. Амосов А.С. Природные тритерпеновые соединения родов Glycyrrhiza L. и Meristotropis Fisch. et Mey. (обзор) / А.С. Амосов, В.И. Литвиненко / Фармаком. – 2002. – № 4. – С. 1-8.
5. Hidaka I., Hino K., Korenaga M. et al. (2007) Stronger Neo-Minophagen C, a glycyrrhizin-containing preparation, protects liver against carbon tetrachloride-induced oxidative stress in transgenic mice expressing the hepatitis C virus polyprotein. Liver international: official journal of International Association for the study of the Liver, Vol. 27(6): 845-853.
6. Korenaga M., Hidaka I., S.Nishina et al. (2011) A glycyrrhizin-containing preparation reduces hepatic steatosis induced by hepatitis C virus protein and iron in mice. Liver international: official journal of International Association for the study of the Liver, Vol. 31(4): 552-560.
7. Kuang P., Zhao W., Su W. et al (2013) 18β-glycyrrhetinic acid inhibits hepatocellular carcinoma development by reversing hepatic stellate cell-mediated immunosuppression in mice. International Journal of Cancer Vol. 132: 1831–1841
8. Інструкція до медичного застосування препарату солодки корені – Режим доступу: https://liktravy.ua/uploads/products/instructions/Інструкція_Солодка.pdf.
9. Інструкція до медичного застосування лікарського засобу солодки кореня сироп: – Режим доступу: http://bcpp.com.ua/files/instructions/солодка%20укр.pdf.

References

1. Rukhmakova O.A., Yarnykh T.H. (2014) Perspektyvy vykorystannia solodky holoi yak imunomoduliuiuchoho zasobu u pediatrii [Perspectives of using licorice as an immunostimulant in pediatrics]. *Aktualni pytannia farmatsevtychnoi i medychnoi nauky ta praktyky*, 1, (14), 47-49 [in Ukrainian].
2. Amosov A.S. (2003) Solodka – tekhnologiya, preparaty, primenenie v mirovoy praktike: kratkiy obzor patentnykh istochnikov [Licorice - technology, preparations, application in world practice: a brief review of patent sources]. *Farmakom*, 4, 30-48 [in Russian].
3. Hetman Ia.O., Tarasenko H.V. (2017) Rozrobka ta obgruntuvannia skladu hepatoprotektornoho preparatu na osnovi hlitsyryzynovoi kysloty [Development and substantiation of the composition of hepatoprotective drug based on glycyrrhizic acid]/ *Tezy dopovidei XVI Vseukrainskoi naukovoi konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv «Naukovi rozrobky molodi na suchasnomu etapi»*, 1, 565-566 [in Ukrainian].
4. Amosov A.S. (2002) Prirodnye triterpenovye soedineniya rodov Glycyrrhiza L. i Meristotropis Fisch. et Mey. (obzor) [Natural triterpene compounds of the family Glycyrrhiza L. and Meristotropis Fisch. et Mey. (overview)]. *Farmakom*, 4, 1-8 [in Russian].
5. Hidaka I., Hino K., Korenaga M. et al. (2007) Stronger Neo-Minophagen C, a glycyrrhizin-containing preparation, protects liver against carbon tetrachloride-induced oxidative stress in transgenic mice expressing the hepatitis C virus polyprotein. *Liver international: official journal of International Association for the study of the Liver*, 27, (6), 845-853 [in English].
6. Korenaga M., Hidaka I., S.Nishina et al. (2011) A glycyrrhizin-containing preparation reduces hepatic steatosis induced by hepatitis C virus protein and iron in mice. Liver international: official journal of International Association for the study of the Liver, 31, (4), 552-560 [in English].
7. Kuang P., Zhao W., Su W. et al (2013) 18β-glycyrrhetinic acid inhibits hepatocellular carcinoma development by reversing hepatic stellate cell-mediated immunosuppression in mice. International Journal of Cancer, 132, 1831-1841 [in English].
8. Instruktsiia do medychnoho zastosuvannia preparatu solodky koreni [Instruction for medical use of the drug licorice root], URL: https://liktravy.ua/uploads/products/instructions/Instruktsiia_Solodka.pdf [in Ukrainian].
9. Instruktsiia do medychnoho zastosuvannia likarskoho zasobu solodky korenia syrop [Instruction for medical use of licorice root syrup], URL: http://bcpp.com.ua/files/instructions /solodka%20ukr.pdf [in Ukrainian].

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЕПАТОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, КОТОРЫЕ СОДЕРЖАТСЯ В GLYCYRRHIZAE RADICES С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ PASS

ТАРАСЕНКО А. В., ГЕТЬМАН Я. О.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Провести компьютерное прогнозирование вероятной биологической активности соединений разных химических классов, которые содержатся в лекарственном растительном сырье корни солодки на основе структурных формул и установить, какие из них придают екстракту солодкового корня гепатопротекторные свойства.*

Методика. *Компьютерное прогнозирование вероятной биологической активности веществ осуществлялось с помощью системы PASS с использованием информации из базы данных PubChem.*

Результаты. *В результате прогнозирования активности соединений установлено их вероятные активность и токсическое действие, а также определено какие именно вещества могут иметь гепатопротекторную активность.*

Научная новизна. *Проведено компьютерный анализ активности групп веществ, которые содержатся в лекарственном растительном сырье корни солодки. Установлено возможность расширения ранее известного спектра фармакологического действия экстракта из корней солодки. Определено вещества, которые могут придавать гепатопротекторные свойства экстракту солодкового корня.*

Практическая значимость. *В результате прогнозирования вероятной биологической активности соединений, которые содержатся в растительном сырье корня солодки установлено, что именно глицирризиновая кислота в большей степени определяет гепатопротекторные свойства экстракта корня солодки.*

Ключевые слова: *глицирризиновая кислота, корень солодки, гепатопротекторная активность, компьютерное прогнозирование, система PASS.*

PREDICTION OF HEPATOPROTECTIVE PROPERTIES OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES WHICH CONTAINED IN GLYCYRRHIZAE RADICES BY PASS

TARASENKO H., HETMAN Y.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. *Predict possible biological activity of substances of different chemical classes, which contained in licorice root and identify those compounds which have hepatoprotective activity.*

Methodology. *Prediction of possible biological activity of substances was carried out through program PASS and PubChem database.*

Findings. *As a result of prediction of activity of compounds possible properties of substances is established. Also defined compounds which have hepatoprotective properties.*

Originality. *Was conducted a computer analysis of activity of group of substances which contained in licorice root. The possibility of expanding the spectra of pharmacology properties of licorice root is established. Were defined compounds which can determine the properties of licorice root.*

Practical value. *As a result of prediction of possible biological activity of substances which containes in licorice root is established that precisely glycyrrhizic acid largely determines the hepatoprotective properties of the extract of licorice root.*

Keywords: *glycyrrhizic acid, licorice root, hepatoprotective activity, computer prediction, program PASS.*

УДК 7.012:891.001

ПАРАНЬКО Н. П., БОГУШКО О. А., НІКОЛАЄВА Т. В.
Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОГО АЛГОРИТМУ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПОВЕРХНІ АВТЕНТИЧНОЇ СВИТИ З ПЛОСКИМ КРОЄМ

Мета. *Визначення математичного алгоритму розрахунку параметрів реконструкції поверхні автентичного одягу із музейних колекцій.*

Методика. *В роботі використані графоаналітичні методи побудови точкового та лінійного каркасів.*

Результати. *Розробка математичного алгоритму реконструкції поверхні української свити дає можливість для створення лекал автентичного одягу із музейних колекцій за розмірними ознаками.*

Наукова новизна. *Вперше запропоновано математичний метод реконструкції поверхні автентичного одягу з музейних колекцій на основі вимірів шести лінійних параметрів.*

Практична значимість *представлених результатів досліджень полягає* ***у*** *можливості використання розробленого математичного алгоритму реконструкції поверхні свити в проектуванні сучасних моделей верхнього одягу осінньо-весняного типу.*

Ключові слова*: українська народна свита, конструктивні особливості****,*** *математичний алгоритм, реконструкція поверхні одягу.*

Вступ. Народний костюм, як виразник національної ідентичності, спонукає дизайнерів до створення сучасних форм одягу на основі вивчення культурної народної спадщини.

В творчій роботі етнодизайнера національний народний костюм займає особливе місце не тільки як взірець художньої культури народу, а і як синтез різних видів народного декоративного мистецтва. Національний костюм є одним із найбільш цікавих джерел творчого натхнення планетарного масштабу, адже для етнодизайнера відкривається цілий світ обміну національними традиціями, багатовіковими культурними надбаннями та художніми ідеями.[1]. Проектування сучасного одягу з орієнтацією на художні цінності національної культури йде шляхом збереження та розвитку етнічних традицій, формування в суспільстві естетичного смаку та пошани до національних художніх традицій свого народу, збагачення естетичних уподобань споживачів моди, що додатково стверджує життєздатність та універсальність національної культури та костюма, як її складової.

Постановка завдання. При створенні українського народного строю велике значення мав верхній одяг. Він надавав костюму завершений силует і емоційну виразність.. Яскраву плахту, фартух, вишуканий головний убір ошатно врівноважувала однотонна свита, гармонізуючи ансамбль вбрання українців.[2].

Свита є найдавнішим зразком українського народного одягу. Оцінюючи конструктивні особливості української народної свити, можна зазначити, що різноманітність її варіантів досягалася відносно простими способами поєднання основних (спинка, пілки) прямокутних шматків тканини і вшивання клинів.

В даній статті представлено аналітичні алгоритми реконструкції лінійного каркасу поверхні української свити з метою вдосконалення сучасних форм жіночого демісезонного пальта. Вихідними даними слугували параметри опорної зони спинки та пілочки, одержані в

результаті замірів автентичної української свити середини 19 століття із фондової колекції Національного музею українського народного декоративного мистецтва.

Результати досліджень. Вихідними даними для реконструкції математичної моделі опорної поверхні свити стали (рис. 1):

– довжини горизонтальних перерізів пілочки *Г'1* (226 мм) та спинки *Л'1* (228 мм) на рівні нижньої точки пройми;

– довжини профільних перерізів пілочки $O_шГ$ (261 мм) та спинки $O_шЛ$ (258 мм), які проходять через точку основи шиї;

– довжина лінії плечового шва $O_шВ$ (180 мм) та ліній пройми пілочки *В1* (223 мм) і спинки *В1* (223 мм);

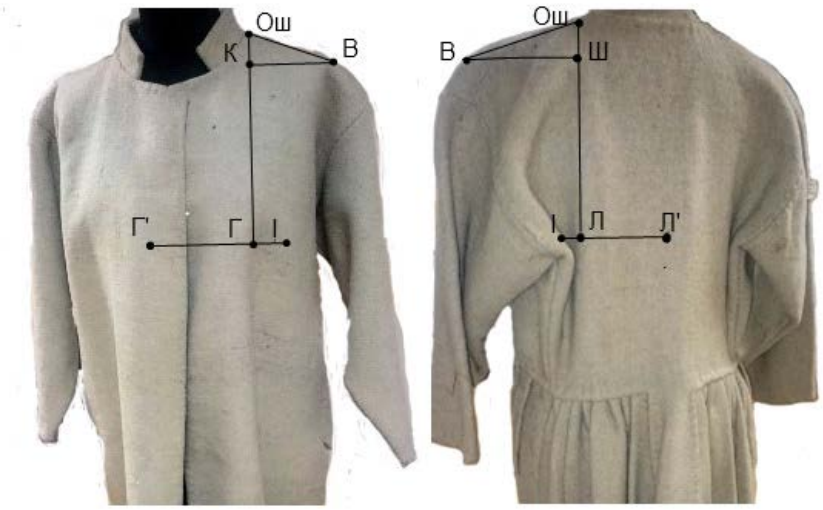


Рис. 1. **Основні лінії вимірювання на автентичній свиті**

Складність вирішення задачі полягала у визначенні координат чотирьох точок ($O_ш$,*Г,1,L)* взаємного перетину горизонтальних та профільних перерізів поверхні одягу методом ітерації – багаторазового обчислювання параметрів апроксимуючих кривих за приведеними нижче формулами.

Про доцільність апроксимації перерізів опорної зони свити кривими 2-го порядку відомо з наукових робіт [3, 4]. Реконструкція поверхні вирішується шляхом взаємоув'язки форми та параметрів горизонтального та профільного перерізів при заданих параметрах (лінійних замірах). Реконструйований профільний переріз пілочки апроксимували спряженими: дугою кола $O_шКВг$, відрізком прямої *ВгСг* та дугою кола *СгГ* (рис.2), аналітичні алгоритми розрахунків яких такі:

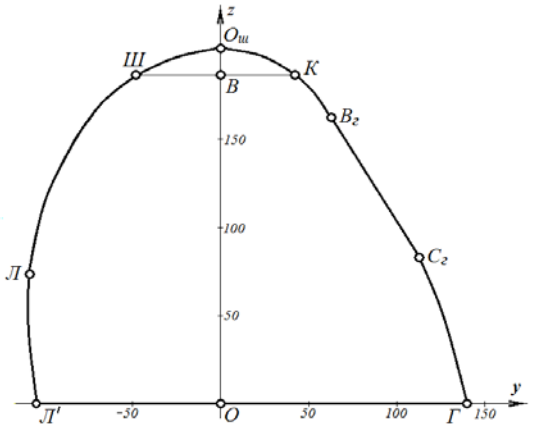


Рис. 2. Профільний переріз поверхні опорної зони свити

1. Експериментально визначаються вихідні параметри дуги кола: довжина профільного перерізу $O_шK$, апліката точки основи шиї $z_{Oш} = 202{,}0$, різниця аплікат точок основи шиї $O_ш$ та K ($z_{Oш} - z_K = 15{,}7$) та ордината точки $y_K = 43{,}39$.

Аналітичні алгоритми визначення параметрів опорної плечової частини поверхні свити:

а) координати точки S – середини хорди $O_шK$:

$$y_S = \frac{y_{0ш} + y_K}{2} = 21{,}7\,, \quad z_S = \frac{z_{0ш} + z_K}{2} = 194{,}15;$$

б) кутові коефіцієнти k_1 і k_2 хорди $O_шK$ та перпендикуляра до неї:

$$k_1 = \frac{z_{0ш} - z_K}{y_{0ш} - y_K} = -0{,}36\,, \quad k_2 = -\frac{1}{k_1} = 2{,}76;$$

в) для визначення координат центру O_1 дуги $O_шK$ використовується рівняння перпендикуляра, який проходить через точку S і має напрямок, який визначається кутовим коефіцієнтом k_2: $z_{O_1} - z_S = k_2\left(y_{O_1} - y_S\right)$. Тоді з врахуванням, що $y_{O_1} = 0$, маємо:

$z_{O_1} = z_S - k_2 y_S = 134{,}182$;

г) величина радіуса $R_1 = 67{,}82$ мм;

д) довжина дуги кола $O_шK$: $L_{0шK} = (2\pi R_1 \alpha)/360^{\circ} = 47{,}1$ мм,

де величина центрального кута $\alpha = 39{,}78°$ при довжині хорди $a = 46{,}146$ мм та $\cos\alpha = \left(2R_1^2 - a^2\right)/2R_1^2 = 0{,}77$.

2. Експериментально визначено і радіус дуги кола $СгГ$ ($R_2 = 142$ *мм*) та координати центра O_2: $y_{O2} = 0$, $z_{O2} = 0$.

3. Дві дуги кола сполучаються прямою лінією. Геометричні та аналітичні алгоритми такі:

а) визначаємо різницю величин радіусів кіл $R = R_2 - R_1 = 76{,}18$ і будуємо допоміжне коло з центром в точці O_2;

б) для визначення координат точки T дотику прямої, яка проведена через центр O_1, з колом радіусу R розв'язуємо сумісно рівняння кола та прямої:

$$\begin{cases} y^2 + z^2 = R^2 \\ z - z_{O_1} = ky\,' \end{cases}$$

де k – кутовий коефіцієнт прямої OT.

Отримаємо рівняння: $y^2(1+k^2)+2ykz_{O_1}+z_{O_1}^2-R^2=0$.

Прирівнюючи дискримінанту нулю, визначаємо величину k :

$$k=-\sqrt{z_{O_1}^2-R^2}/R=-1{,}51\,.$$

в) для визначення координат точки спряження *Вг* на дузі кола радіусом R_1 розв'язуємо сумісно рівняння з врахуванням паралельного переносу координат:

$$\begin{cases} y^2+z^2=R_1^2, \\ z=k_1y \end{cases}$$

де $k_1=-\frac{1}{k}=0{,}66$ – кутовий коефіцієнт перпендикуляра до дотичної O_1T.

Тоді ордината точки *Вг* $y_{\text{Вг}}=\sqrt{R_1^2/(1+k_1^2)}=56{,}51$, а апліката $z_{\text{Вг}}=\sqrt{R_1^2-y_{\text{Вг}}^2}+z_{O_1}=171{,}68$ (з врахуванням зворотного паралельного переносу координат);

г) для визначення координат точки спряження на дузі кола радіусом R_2 розв'язуємо сумісно рівняння:

$$\begin{cases} y^2+z^2=R_2^2, \\ z=k_1y \end{cases}.$$

Ордината точки *Сг* $y_{\text{Сг}}=\sqrt{R_2^2/(1+k_1^2)}=118{,}33$, апліката $z_{\text{Сг}}=\sqrt{R_2^2-y_{\text{Сг}}^2}=78{,}5$.

Довжина відрізка *ВгСг* $L_{ВгСг}=111{,}81$ *мм.*

4. Довжина дуги кола *ОшВг* : $L_{\text{ОшВ}_\text{г}}=(2\pi R_1\alpha)/360^\circ=66{,}79$ мм ,

де величина центрального кута $\alpha=56{,}428°$ при довжині хорди $a=64{,}134$ мм та $\cos\alpha=\left(2R_1^2-\text{a}^2\right)/2R_1^2=0{,}553$.

5. Довжина дуги кола *СгГ* ($y_{O_2}=z_{O_2}=0$): $L_{\text{СгГ}}=(2\pi R_2\alpha)/360^\circ=83{,}18$ мм ,

де величина центрального кута $\alpha=33{,}56°$ при довжині хорди $a=82{,}0$ мм та $\cos\alpha=\left(2R_2^{2^2}-\text{a}^2\right)/2R_2^2=0{,}83$.

Загальна довжина профільного перерізу пілочки $L_{ОшГ}=L_{ОшВг}+L_{ВгСг}+L_{СгГ}=66{,}79+111{,}81+83{,}18=261{,}78$ мм (для порівняння вихідна довжина $L_{\text{ОшГ}}=261$ мм).

Профільний же переріз спинки апроксимували спряженими дугами кола *ОшШ*, еліпса *ШЛ* та кола *ЛЛ′* (див. рис. 2).

1. Експериментально визначили також і вихідні параметри дуги кола *ОшШ*: довжина дуги кола *ОшШ* ($L_{ОшШ}\approx 51$ *мм)*, апліката точки основи шиї $z_{Ош}=202{,}0$, апліката точки основи шиї $O_ш$ $z_ш=186{,}3$ та ордината точки $y_ш=-48$.

Аналітичні алгоритми визначення параметрів опорної плечової частини поверхні спинки свити:

1. Визначаємо параметри дуги кола *ОшШ*:

а) визначаємо координати точки *S* – середини хорди *ОшШ*:

$$y_S=\frac{y_{\text{Ош}}+y_{\text{Ш}}}{2}=-24{,}0\,,\quad z_S=\frac{z_{\text{Ош}}+z_{\text{Ш}}}{2}=194{,}15;$$

б) кутові коефіцієнти k_3 і k_4 хорди *ОшШ* та перпендикуляра до неї:

$$k_5=\frac{z_{\text{Ош}}-z_{\text{Ш}}}{y_{\text{Ош}}-y_{\text{Ш}}}=0{,}33\,,\quad k_6=-\frac{1}{k_5}=-3{,}06;$$

в) для визначення координат центру O_3 дуги *ОшЛ* скористаємось рівнянням (1):

$$z_{O_3} = z_S - k_6 y_S = 120{,}78;$$

г) величина радіуса R_3 = 81,22 мм;

д) довжина дуги кола $O_ш Ш$: $L_{\text{ОшШ}} = (2\pi R\text{a})/360^\circ = 51{,}35$ мм,

де величина центрального кута α =36,23° при довжині хорди a = 50,5 мм та $\cos\alpha = \left(2R_2^2 - \text{a}^2\right)/2R_2^2 = 0{,}81$.

2. Параметри дуги *ШЛ*:

З канонічного рівняння еліпса при заданих величині півосі $a = y_л = 110{,}0$, $y_ш = -48{,}0$, $z_л = 50{,}0$ та $z = z_ш - z_л = 136{,}3$ визначаємо величину півосі b:

$$b = \sqrt{z^2/\left(1 - \frac{y^2}{a^2}\right)} = 151{,}48.$$

Довжина дуги *ШЛ*: $L_{ШЛ} = 154{,}7$ *мм*.

3. Параметри дуги кола *ЛЛ′*:

а) визначаємо координати точки *S* – середини хорди *ЛЛ′* ($y_{Л'} = -104$):

$$y_S = \frac{y_Л + y_{Л'}}{2} = -107{,}0, \quad z_S = \frac{z_Л + z_{Л'}}{2} = 25{,}0;$$

б) кутові коефіцієнти k_5 і k_6 хорди *ЛЛ′* та перпендикуляра до неї:

$$k_7 = \frac{z_Л - z_{Л'}}{y_Л - y_{Л'}} = -8{,}33, \quad k_8 = -1/k_7 = 0{,}12;$$

в) для визначення координат центру O_4 дуги *ЛЛ′* скористаємось рівнянням:

$$y_{O_4} = \frac{k_8 y_S - z_S + z_{O_4}}{k_8} = 101{,}33;$$

г) величина радіуса R_4 = 211,33 мм, а ордината точки *Л′* $y_{Л'} = -104{,}0$.

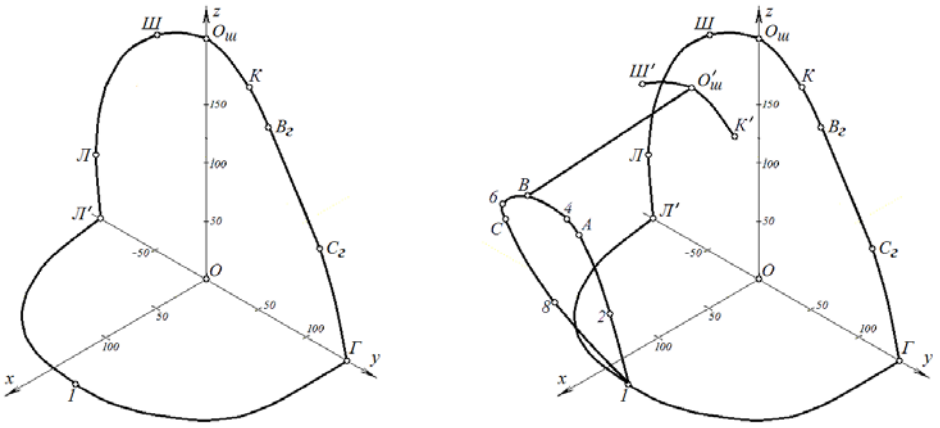
д) довжина дуги кола *ЛЛ′*: $L_{ЛЛ'} = (2\pi R\text{a})/360^\circ = 50{,}48$ мм,

де величина центрального кута α =13,69° при довжині хорди a = 50,36 мм та $\cos\alpha = \left(2R_4^2 - \text{a}^2\right)/2R_4^{2^2} = 0{,}97$.

Таким чином, загальна довжина профільного перерізу спинки, який реконструювали: $L_{ОшЛ'} = L_{ОшШ} + L_{ШЛ'} + L_{ЛЛ'} = 256{,}53$ мм.

Горизонтальні перерізи апроксимували дугами кривих 2-го порядку, параметри яких приведені в табл. 1.

Розроблені напрямні лінійного каркасу опорної зони необхідно доповнити лінією пройми (на рис. 3,*а* зображені профільний та горизонтальний перерізи, а на рис. 3,*б* – перерізи з додаванням пройми, лінія плечового шва і частина тотожного профільного перерізу *К′О′ш Ш′*, який проходить через точку основи шиї *О′ш*).



а *б*

Рис. 3. **Основні напрямні лінійного каркасу**

Відомо, що форма і розміри та положення пройми впливають на параметри і кривизну контурів оката рукава та деталей пілочки і спинки. В науковій літературі описано п’ять способів побудови просторової лінії пройми [3]. Форма пройми в свиті спрощена – плоска.

Аналіз форми пройми українських свит із музейних колекцій дає можливість представити її геометричну форму у вигляді трьох дуг кіл (рис. 4):

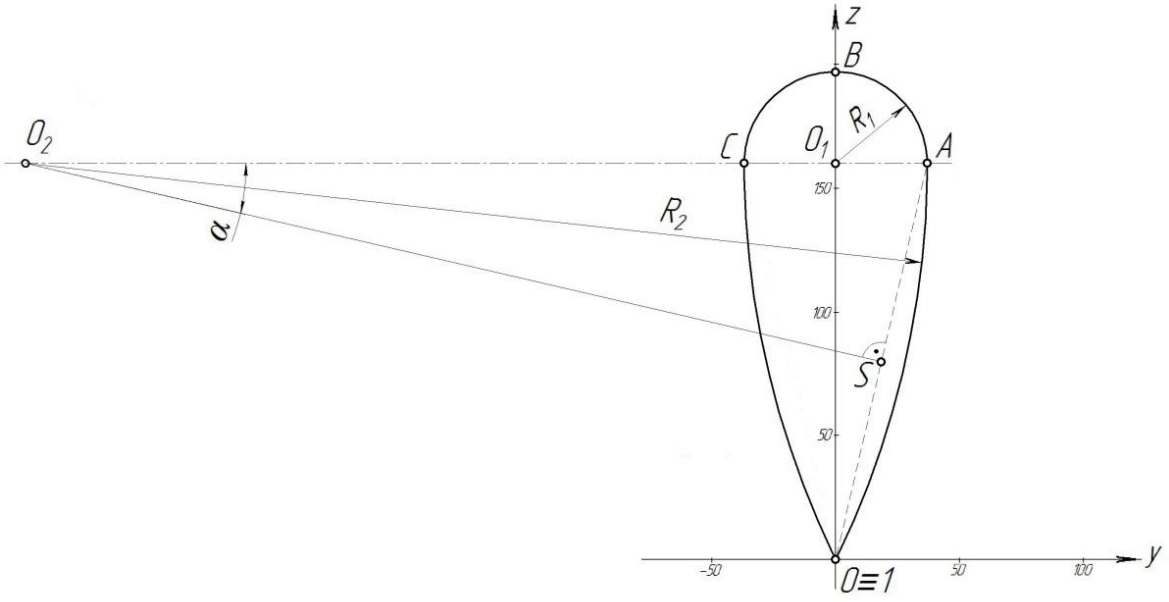


Рис. 4. **Профільна проекція пройми**

Аналітичні алгоритми визначення параметрів пройми:

1. Верхня частина профільної проекції пройми апроксимована півдугою кола *ABC* радіусом R_1. Графічний та аналітичний алгоритми побудови дуг *AO* та *CO*, які спряжені з дугою *ABC* в точках *A і C*, наступний:

Вихідні дані: OO_1 = 167,6 мм, R_1 = 32,6 мм.

а) визначаємо координати точки *S* – середини хорди *CO*:

$$y_S = \frac{y_A}{2} = 16{,}3\,, \quad z_S = \frac{z_A}{2} = 83{,}8\,;$$

б) кутові коефіцієнти k_1 і k_2 хорди OA та перпендикуляра до неї в точці S:

$$k_1 = \frac{z_A}{y_A} = \frac{167,6}{32,6} = 5,14\,, \quad k_2 = -\frac{1}{k_1} = -0,19\,;$$

в) для визначення координат центру O_2, як точки перетину вісі AC та перпендикуляра до хорди скористаємось рівнянням перпендикуляра

$$z_S - z_{O_2} = k_2\,(y_S - y_{O_2})$$

та, враховуючи що $z_{O_2} = z_C$, отримуємо:

$$yO_2 = \frac{k_2 \cdot y_S - z_S + z_{O_2}}{k_2} = -414,53\,;$$

г) величина радіуса $R_2 = |yO_2| + R_1 = 447,13$ мм;

д) для визначення довжини дуги кола AO необхідно обчислити величину центрального кута α з прямокутного трикутника OO_1O_2:

$$tg\,\alpha = OO_1 / |O_1O_2| = 0,49,\ \alpha = 22^{\circ},$$

де $OO_1 = 167,6$ мм, а $|O_1O_2| = 414,53$ мм.

Тоді довжину лінії пройми пілочки (BCO) або лінії пройми спинки (BAO), кожна з яких апроксимована спряженими дугами двох кіл, визначаємо за формулою:

$$L = \frac{\pi R_1}{2} + \frac{2\pi R_2 \alpha}{360^{\circ}} = 223 \text{ мм}\,.$$

2. З метою подальшої побудови дискретного лінійного каркаса опорної зони свити визначаємо дискретний ряд точок профільної проекції пройми:

– з канонічного рівняння кола радіуса R_1 та центром O_1 маємо ($yO_1 = 0$):

$$y_i = \pm\sqrt{R_1^2 - (z_i - z_{O_1})^2}\,.$$

– з канонічного рівняння кола радіуса R_2 та центром O_2 маємо:

$$y_i = y_{O_2} \pm \sqrt{R_2^2 - (z_i - z_{O_2})^2}\,.$$

3. Перетворюємо профільну проекцію трьома обертаннями системи координат та двома плоско паралельними переміщеннями: обертання навколо осі Oz на кут $\beta = 10°$, обертання навколо осі Oy на кут $\gamma = 20°$ та обертання навколо осі Oy на кут $\varphi = -8,17°$:

Параметри точкового каркасу (x, y, z точок), які отримані перетворенням координат (повороти на 3 кути) в статті не приводяться.

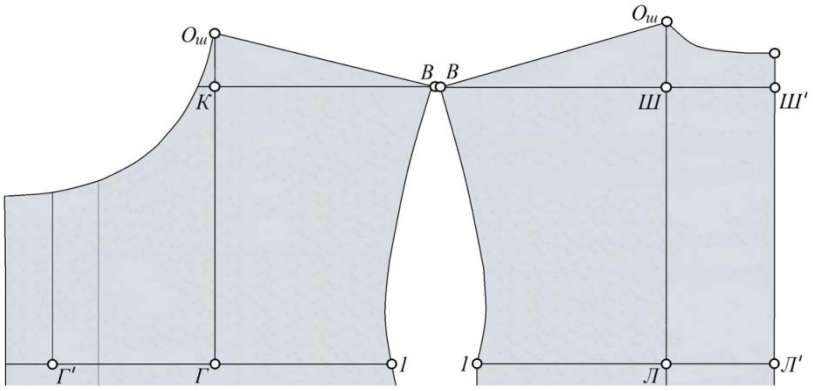


Рис. 5. **Схема вихідних контурів та основних ліній вимірювання на розгортках опорної поверхні свити**

Таблиця 1.

Параметри горизонтальних перерізів

Точки пройми	Пілочка				Точки пройми	Спинка			
	параметри перерізу		довжина лінії основи			параметри перерізу		довжина лінії основи	
	півосі	пряма	$L_{зад.}$	$L_{розр.}$		півосі, фокальні параметри	пряма	$L_{зад.}$	$L_{розр.}$
1	a = 104,45 b = 115,82	57,0	230,0	230,11 +26,18	B	a = 24,7 b = 52,33	194,5 7	257,0	257,08
2	a = 79,15 b = 74,018	107,0		229,06	6	x = 14,127 y = 46,0	204,2		255,01
A	a = 23,35 b = 26,834	190,0		229,65 + 22,85	C	x = 40,44 p = 45,1346	173,0		248,34
4	a = 19,787 b = 23,438	200,0		236,83 + 22,17	8	x = 194,21 y = 99,99	–		227,14
B	a = 19,922 b = 43,39	210,0	266,0	261,5 + 4,5	1	a = 150,8 b = 104,0	–	228,0	228,0 (201,82 + 26,18)

Висновки. Представлений математичний алгоритм розрахунку параметрів опорної зони пілочки та спинки української свити з плоским кроєм може використовуватись для реконструкції крою автентичного одягу із музейних колекцій. На основі лише шести лінійних параметрів можна створити лекала пілочки та спинки одягу з плоским кроєм з подальшим їх застосуванням в проектуванні сучасного верхнього одягу.

Література

1. Паранько Н. П., Ніколаєва Т. В. Мистецтво творення одягу-яскрава складова культурної спадщини українського народу./ За матеріалами міжнародної науково-практичної конференції 20квітня 2017. Культурна спадщина України. Сталий розвиток і національна безпека.- К:НАКККіМ, 2017.
2. Національна Академія Наук України. Інститут мистецтвознавства, фольклористики та етнології ім. М.Т.Рильського. Історія декоративного мистецтва України у 5 томах. Мистецтво 19 століття том 3. /під ред. Г.Скрипник. – К: ІМФЕ ім. М. Т.Рильського, 2009.
3. Богушко О. А., Малиновський В. І., Святкіна А. Є. Геометрія поверхонь одягу. - К: СПД Кравчук В.К., 2012.
4. Богушко О. А., Святкіна А. Є. Построение линейного каркаса и развертки опорной поверхности женской плечевой одежды. – К: ФГБОУ ВПО «ЮРГУЕС», 2013.

References

1. Paranko, N. P., Nikolaieva, T. V. (2017). Mystetstvo tvorennia odiahu-iaskrava skladova kulturnoi spadshchyny ukrainskoho narodu. [The art of creating clothes is a vivid component of the cultural heritage of the Ukrainian people*]. Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia (20 kvitnia 2017). Kulturna spadshchyna Ukrainy. Stalyi rozvytok i natsionalna bezpeka.* - Cultural heritage of Ukraine. Sustainable development and national security. (pp.79-82). Kyiv, NAKKKiM, 2017 [in Ukrainian].
2. Natsionalna Akademiia Nauk Ukrainy. Instytut mystetstvoznavstva, folklorystyky ta etnolohii im. M.T.Rylskoho. (2009) *Istoriia dekoratyvnoho mystetstva Ukrainy u 5 tomakh. Mystetstvo 19 stolittia vol. 3.* [History of decorative art of Ukraine in 5 volumes. Art of the 19th century vol. 3]. H. Skrypnyk. (Ed.). Kyiv: IMFE im. M. T. Rylskogo. [in Ukrainian].
3. Bohushko, O. A., Malynovskyi, V. I., & Sviatkina, A. Ye. (2012). *Heometriia poverkhon odiahu.* [Geometry of clothes surfaces]. Kyiv: SPD Kravchuk V.K. [in Ukrainian].
4. Bohushko, O. A., Sviatkina, A. Ye. (2013). *Postroenie lineinoho karkasa i razvertki opornoi poverkhnosti zhenskoi plechevoi odezhdy*. [Construction of a linear frame and scan of the support surface of female shoulder clothing]. Kyiv, FGBOU VPO "YURGUES". [in Ukrainian].

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА РЕКОНСТРУКЦИИ ПОВЕРХНОСТИ АУТЕНТИЧНОЙ СВИТЫ С ПЛОСКИМ КРОЕМ.

ПАРАНЬКО Н. П., БОГУШКО А. А., НИКОЛАЕВА Т. В.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Определение математического алгоритма расчета параметров реконструкции поверхности аутентичной одежды из музейных коллекций.*

Методика. *В работе использованы графоаналитические методы построения точечного и линейного каркасов.*

Результаты. *Разработка математического алгоритма реконструкции поверхности украинской свиты дает возможность для создания лекал аутентичной одежды из музейных коллекций по размерным признакам.*

Научная новизна. *Впервые представлен математический метод реконструкции поверхности аутентичной одежды из музейных коллекций на основе измерений шести линейных параметров.*

Практическая значимость *представленных результатов исследований заключается в возможности использования разработанного математического алгоритма реконструкции поверхности свиты в проектировании современных моделей верхней одежды осенне-весеннего типа.*

Ключевые слова*: украинская народная свита, конструктивные особенности, математический алгоритм, реконструкция поверхности одежды.*

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL ALGORITHM FOR SURFACE RECONSTRUCTION AUTHENTIC PEASANT'S OVERCOAT WTH A FLAT TAILORING.

PARANKO N. P., BOGUSHKO O. A., NIKOLAYEVA T. V.
Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. *Determination of the mathematical algorithm for calculating the surface reconstruction parameters of authentic clothing from museum collections.*

Method. *Graph-analytic methods for constructing point and linear frames were used in this work.*

Results. *Mathematical algorithm development for reconstruction the surface of the Ukrainian peasant's overcoat provides an opportunity to create authentic patterns of museum collections by sizeable features.*

Scientific novelty. *The mathematical method for the surface reconstruction of the authentic garments from museum collections is based on measurements of six linear parameters.*

The practical significance of *the presented research results is the ability to use mathematical developed surface reconstruction algorithms for peasant's overcoat in designing modern outerwear models of autumn and spring type.*

Keywords: *Ukrainian peasant's overcoat, design features, mathematical algorithm, garment surface reconstruction.*

УДК 7.012:891.001

ДЖАЛІЛІАН ФАХІМЕ, НІКОЛАЄВА Т. В.
Київський національний університет технологій та дизайну

РОЗРОБКА СТИЛЬОВОГО РЯДУ МОДЕЛЕЙ СУЧАСНОГО ЖІНОЧОГО ОДЯГУ НА ОСНОВІ НАЦІОНАЛЬНИХ І ЕТНОХУДОЖНІХ ТРАДИЦІЙ ІРАНУ

Мета. *Визначеня принципів розробка колекцій моделей за національними мотивами, що являє собою створення цілісної образно-художньої системи, побудованої на основі єдиної концепції етнохудожніх традицій. Основою колекції є взаємозв'язок образу, стилю, форм, матеріалів, колориту, декоративного та конструктивно-технологічного рішення всіх елементів, характерних для національної культури.*

Методика*. В роботі використовано методику формування колекцій моделей на основі єдності концептуальної ідеї, національного образу і базового символу форми, що передбачає використання основних творчих композиційних прийомів, які сприяють досягненню виразності і естетичної досконалості.*

Результати. *Для проектування моделей в художній системі колекція запропоновано їх об'єднувати співузгодженням і співпідляганням в єдине ціле, що призводить до необхідності розробки цілісної художньої системи, яка відбиває стиль часу, спосіб життя, вимоги розвитку моди і смаку певних соціальних чи національних груп. Моделі колекції об'єднуються на основі стилістичної спільності, позначеної тематичним, асоціативним творчим джерелом.*

Наукова новизна. *Сформульювані вимоги, що пред'являються до формування художньої системи колекція, визначаються необхідністю художньої, образної розробки теми і творчого джерела, новизною розробок форм костюмів, що складають колекцію, стилістичною визначеністю теми композиційними зв'язками моделей.*

Практична значимість. *Представлені результати досліджень використано в розробці сучасної колекції моделей, з використанням елементів національного костюма Ірану.*

Ключові слова: *національні традиції, етнохудожні традиції, колекція, композиційні елементи, тектоніка формоутворення.*

Вступ. Основними засобами об'єднання моделей в творчих колекціях є образні, асоціативні концепції дизайнерів: узгодження форм, пропорцій, ритму формотворчих елементів, колориту, а також об'єднання їх в цілісну систему. Розвиток форм будується на використанні відносин - тотожності, нюансу або контрасту, а розвиток тектоніки формоутворення складових елементів колекції зумовлює трансформацію силуетних форм, спрямованість ліній членування, пластику матеріалів, пропорційних та метро-ритмічних відносин, варіювання розташування композиційно-психологічного центру [1].

Постановка завдання. Закономірності співузгодження і підпорядкування елементів композиції визначають наступні варіанти побудови художньої системи колекція, проектованої за національними мотивами:

1) на відносинах тотожності, повторенні будь-якої провідної форми, формотворчих і декоративних елементів народного костюма, з їх подальшим розвитком (рис. 1а).

2) на основі нюансу форм, ліній і колориту, розвитку певних елементів народного костюма, наростанні ступеня яскравості тонів, збільшення обсягу, числа оздоблювальних елементів. (рис. 1б).

3) на відносинах контрасту, протиставлення світлого і темного, легкого і важкого, гладкої і складної фактури, великих і дрібних малюнків, об'ємних і прилеглих форм (рис. 1в).

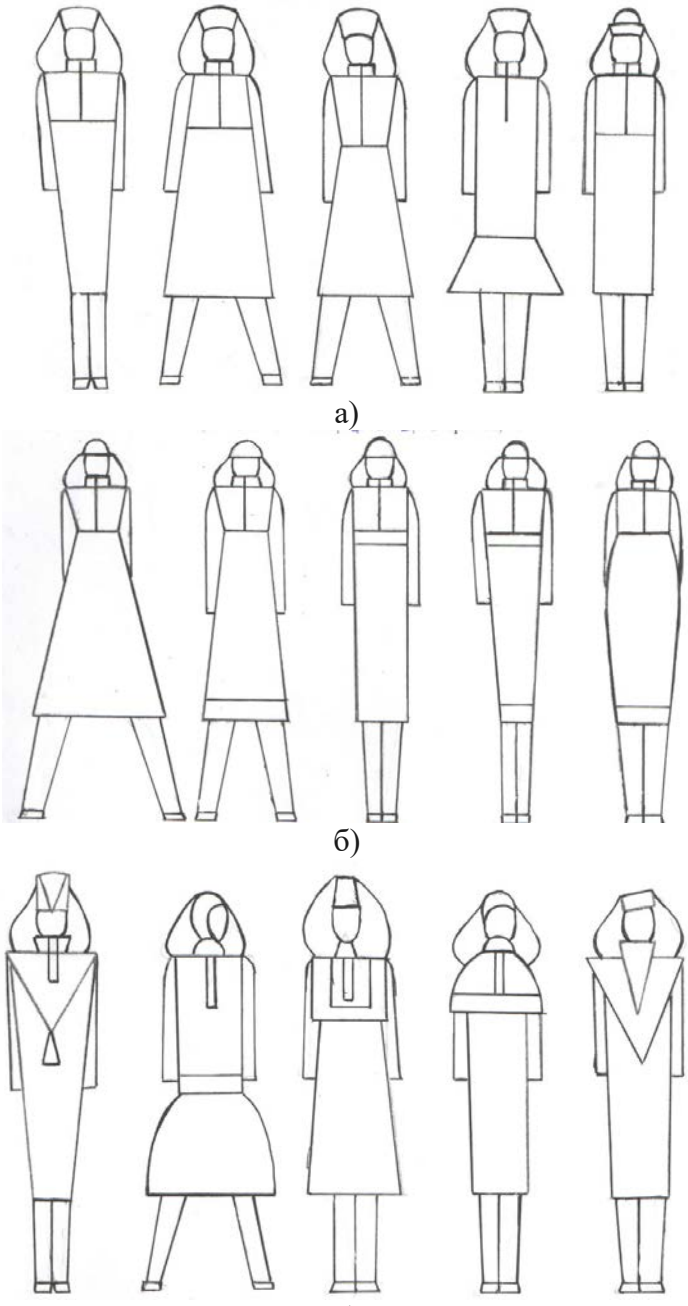


Рис. 1. **Закономірності побудови форми колекції моделей**

4) на основі повторення певних композиційних елементів форми або декоративного оздоблення в усіх моделях блоків колекції: вишивок, драпірувань, традиційних видів матеріалів, ювелірних прикрас, стилізованих елементів декору та інших, характерних для національного костюма.

Художня система колекція будується також на розвитку певних художньо-композиційних ознак теми (національні традиції; історіографічні знакові елементи; символічна орнаментація; елементи архітектури та декоративно-прикладного мистецтва. Для досягнення образної виразності колекції моделей використовують комплекси символів і знаків. Всі вони є носіями стилю, моди, часу, національної приналежності і традицій певного народу.

Засобами об'єднання моделей у творчій колекції є характерні для народного або національного костюма пропорційні і ритмічні співвідношення, взаємозв'язок елементів форми, їх складових частин, колорит, матеріали, елементи оздоблення, декору.

Результати досліджень. Зв'язок моделей в колекції за національними мотивами здійснюється на основі відносин основних елементів форм і їх властивостей, а також пропорцій частин форми, ритмічних повторів, статики або динаміки, різних прийомів виділення композиційного центру [2].

В розробці системи колекція можливе використання таких основних видів об'ємно-просторових форм:

- базових знаків-символів форми, які є пропорційною, структурною основою кожної моделі, зі стабільними елементами всієї колекції;

- композиційно-декоративних форм, які служать для посилення зовнішньої виразності, не можуть існувати самостійно, без основних форм, підкоряються їм і є носіями мобільних елементів колекції.

В основу створюваної з урахуванням національних традицій колекції обов'язково повинна бути також закладена гармонія колористичних співвідношень всіх композиційних елементів, кольорові акценти і знаковість колориту. Гармонія колірних поєднань являє собою сукупність комбінацій кольорів, які використовуються в колекції з урахуванням наступних закономірностей:

- супідрядність частин і цілого досягається виділенням кольором головних, другорядних і додаткових елементів в загальній структурі форми;

- узгодження частин в цілому досягається використанням оптимальних пропорційних співвідношень елементів колористичної гами, їх врівноваженістю;

- єдність структури і колористичної гармонії досягається за рахунок закономірностей підпорядкування елементів форми і колориту вимогам цілісності всієї структури.

Творча концепція побудови колекції за національними мотивами пов'язана з основними тенденціями розвитку художньої культури народу Ірану, з національними і етнохудожніми традиціями. Художній образ колекції формується і розкривається шляхом пошуку нових форм, фактурних, колористичних і орнаментальних рішень моделей, досягнення цілісності і виразності всієї колекції. Трансформація творчого джерела (національного костюма Ірану) в процесі асоціативного проектування конкретних форм костюма і колекції в цілому, передбачає ряд послідовних етапів.

На етапі дослідження творчого джерела проведено його вивчення і структурний аналіз форм, пропорцій, пластики, фактури матеріалів і колориту народного іранського костюма. При вивченні національних і етнохудожніх традицій, проведено дослідження впливу ряду соціальних, культурно-етнографічних чинників, а також народного декоративно-прикладного мистецтва на формування комплексу національного жіночого костюма.

Виявлено характерні особливості джерела творчості, виділені основні характерні ознаки: незвичайні форми, пропорційні членування, ритмічна організація елементів, пластика і фактура, колірне рішення костюма, традиції, характерні для певної національної культури.

Виділені в процесі досліджень основні ознаки творчого джерела взяті за основу роботи над серією ескізів моделей. Основне завдання цього етапу - збереження образно-

асоціативного зв'язку з джерелом натхнення і переклад його характерних ознак в реальні художньо-композиційні елементи сучасного костюма.

Одними з найважливіших знакових якостей системи колекція є колір і властивості колористичної гармонії, які передають інформацію про споживача, його національну приналежність, соціальне становище, призначення костюма. Кожен період розвитку моди характеризується своєю колірною гамою і орнаментом, які в модних тенденціях є вихідною точкою при формуванні концептуальних ідей в дизайні сучасних колекцій костюма.

Орнаментація збагачує композицію костюма, дає можливість отримувати нові образні рішення. Тому орнамент є одним з елементів який бере активну участь у формуванні концептуальної ідеї колекції. Орнаментальний малюнок і форма костюма завжди органічно пов'язані між собою, доповнюють один одного, підкреслюють образність і знаковість національних мотивів.

Декоративне оздоблення виконується безпосередньо на поверхні форми і відіграє значну роль у формуванні концепції колекції. При цьому просторова форма практично не змінюється, а збагачується композиційною виразністю і знаковістю. Асортимент оздоблення, який використовують при моделюванні сучасного жіночого одягу в національному стилі, досить різноманітний, він включає як традиційні, так і нові, нетрадиційні види обробки, пов'язані з властивостями конкретних матеріалів, новими технологіями, тенденціями моди.

У творчій асоціативній розробці сучасних колекцій народний (національний) костюм займає особливе місце. Він є не тільки зразком смаку, краси і доцільності, а й втілює різні прояви національного декоративного мистецтва та художньої культури нації. Національний костюм, в своїх століттями сформованих формах, сконцентрував багаторічний досвід народу, втіливши його в функціональності, раціональності і доцільності одягу.

Національні традиції, етнічні мотиви використовуються як творчий імпульс в пошуку нових образних, композиційних і конструктивних рішень. Творчий аналіз національного (народного) костюма Ірану дозволив виявити наступні його художньо-композиційні характеристики: функціональність; логіку формоутворення різних видів одягу; декоративне рішення костюма: колірну гамму, декор, вишивку; образне рішення; символічну функцію народного костюма і його знаковість.

В розробці сучасної колекції цінується прояв національних традицій, не в етнографічному відтворенні, а в контексті інтернаціонального стилю і моди, які передбачають створення сучасного одягу, з поліпшеними естетичними і функціональними властивостями.

На основі проведеного аналізу особливостей використання національних традицій в проектуванні сучасних колекцій одягу були виділені наступні основні напрямки проектної діяльності:

1. Звернення до традицій народного декоративно-прикладного мистецтва, національних звичаїв і обрядів.
2. Введення в колекції сучасного костюма композиційних елементів національного костюма, для посилення знаковості і образності композиційного рішення.
3. Використання композиційно-декоративних рішень національного костюма: колористичної гами, орнаментів, вишивки, оздоблень і доповнень.

4. Використання оригінальних, традиційних матеріалів і технологій виготовлення народного костюма.

5. Використання знаково-символічної функції національного костюма і орнаменту, виду і структури орнаментальних мотивів.

В процесі роботи над композицією колекції виконано пошук виразності форм і ліній, розподіл художньо-композиційних елементів форми і колірних плям. В творчих ескізах колекції представлено докладне відпрацювання форми, уточнення пропорцій, виявлення формотворчих та декоративних ліній, уточнення колірних рішень, вибір конструктивного рішення і матеріалів. Розробка ескізів моделей колекції заснована на базових знаках-символах, надає достатню інформацію про конструктивно-технологічну структуру проектованих моделей, які будуть складати колекцію, формотворчі лінії і членування, функціональні і декоративні елементи. Визначальними елементами формування базового структурного простору моделей колекції є: базові знаки-символи, базова конструкція, довжина, силуети, засоби декорування, те що об'єднує моделі і є узагальнюючим в колекції [3].

Складові елементи модифікаційного простору моделей дають можливість створити різноманітність форм, які входять в колекцію. Варіанти модифікацій досягаються за рахунок зміни конфігурації ліній, довжини і ширини виробів, кількості і місць розташування оздоблень, конструктивного вирішення основних і декоративних деталей, введення різних членувань, використання декору, зміни його розташування в моделях. Визначення базових знаків-символів форм моделей колекції, їх структури, вимагає розробки системи модульної гармонізації, яка визначає геометричний вид форми, силуети, пропорції, симетрію, узгодження і супідрядність елементів композиції (рис. 2).

Побудова матриць проектування тектонічної структури моделей, що входять в розробку перспективної колекції сучасного одягу для жінок Ірану, на основі аналізу національного костюма, показало, що основними структурними елементами є варіації геометричного виду форми, обсягу, типів членування, пропорційної побудови, метро-ритмічних закономірностей і характеру виділення композиційного центру.

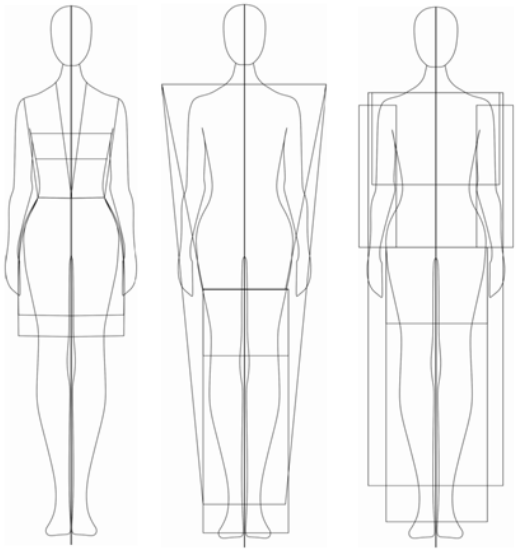


Рис. 2. **Базові знаки-символи форми до розробки моделей блоків колекції**

Проведення морфологічного аналізу пропорційного співвідношення різних елементів форми дозволило визначити варіанти структурної побудови форм сучасного жіночого костюма, на основі співвідношень довжин складових елементів верхньої та нижньої частини форми костюма і його конструктивно-декоративних елементів.

Для визначення орнаментально-колористичної гармонії побудови форм в колекції сучасного одягу, запропонована матриця побудови колористичних і орнаментальних елементів структури сучасного костюма, на основі морфологічного аналізу національного жіночого костюма Ірану. Матриця являє собою композиційний аналіз гармонійної побудови форм одягу на основі використання даних класифікації колористичної гами, тональності кольорів, типів колористичної гармонії, характеру розташування на поверхні різних декоративних елементів костюма.

На основі проведеного морфологічного аналізу побудовані базові матриці розвитку форм костюма в колекції (рис.3) та визначено базові знаки-символи побудови форм по блоках колекції.

Проведений аналіз необхідних чинників для проектування колекцій сучасного жіночого одягу на основі національних і етнохудожніх традицій Ірану, дозволив встановити основну структуру побудови алгоритму процесу художнього проектування (рис.4).

Алгоритм розробки художньо-композиційних характеристик побудований на проведенні аналізу та здійсненні творчого композиційного проектування по шести основних етапах, кожен з яких включає в себе конкретизовані види пошуку художньо-композиційних характеристик процесу формоутворення сучасного костюма на основі національного:

• Вивчення бази даних художньо-композиційних характеристик комплексів національного костюма, визначення і конкретизація об'єкта проектування (вид одягу, сезон, функціональне призначення, асортиментна група), а також вибір асоціативного аналога (національного, народного костюма), визначення його основних і додаткових узагальнених характеристик.

• Визначення методів формоутворення сучасного одягу, що включає аналіз і структуризацію знакових елементів національного костюма (форми, обсягу, силуету, просторових обрисів), виявлення видів гармонійних членувань в побудові форми.

• Вибір методів композиційної і структурної гармонізації сучасного одягу на основі національного костюма (методи пропорціонування і досягнення масштабності форми, метро-ритмічних побудов, симетричності форми, ступеня статичності і динамічності);

• Вибір методів і композиційних засобів гармонізації колористичної і орнаментальної організації форми (визначення загального колориту і колористичних гармоній, виду і структури орнаменту, характеру орнаментальних контрапунктів, розташування їх на поверхні форми);

• Визначення методів побудови цілісності форми (аналіз закономірностей виділення композиційного центру і характеру взаємозв'язку композиційних елементів, виявлення закономірностей узгодження і підпорядкування елементів композиції);

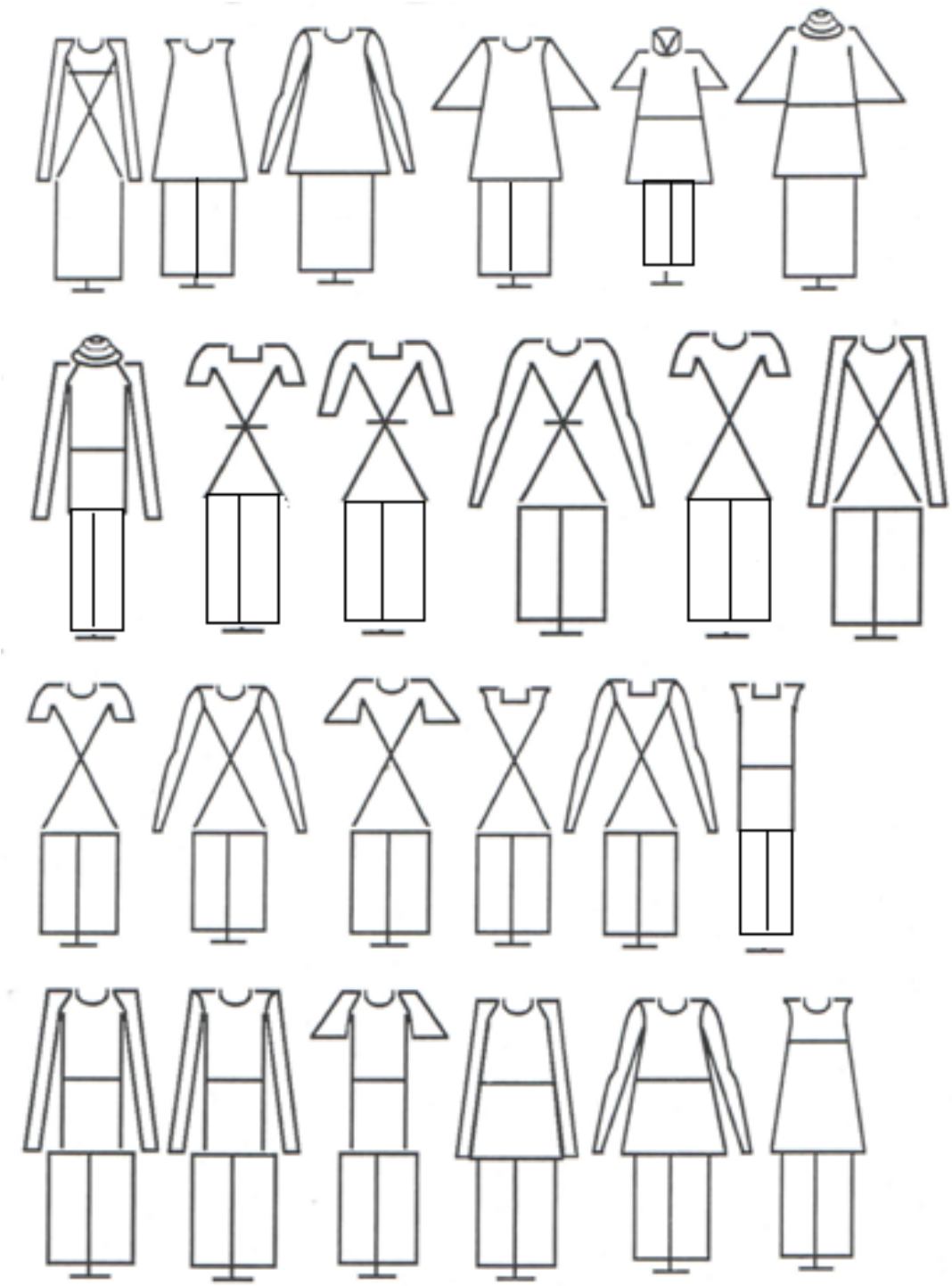


Рис. 3. **Базові матриці розвитку форм костюма в колекції**

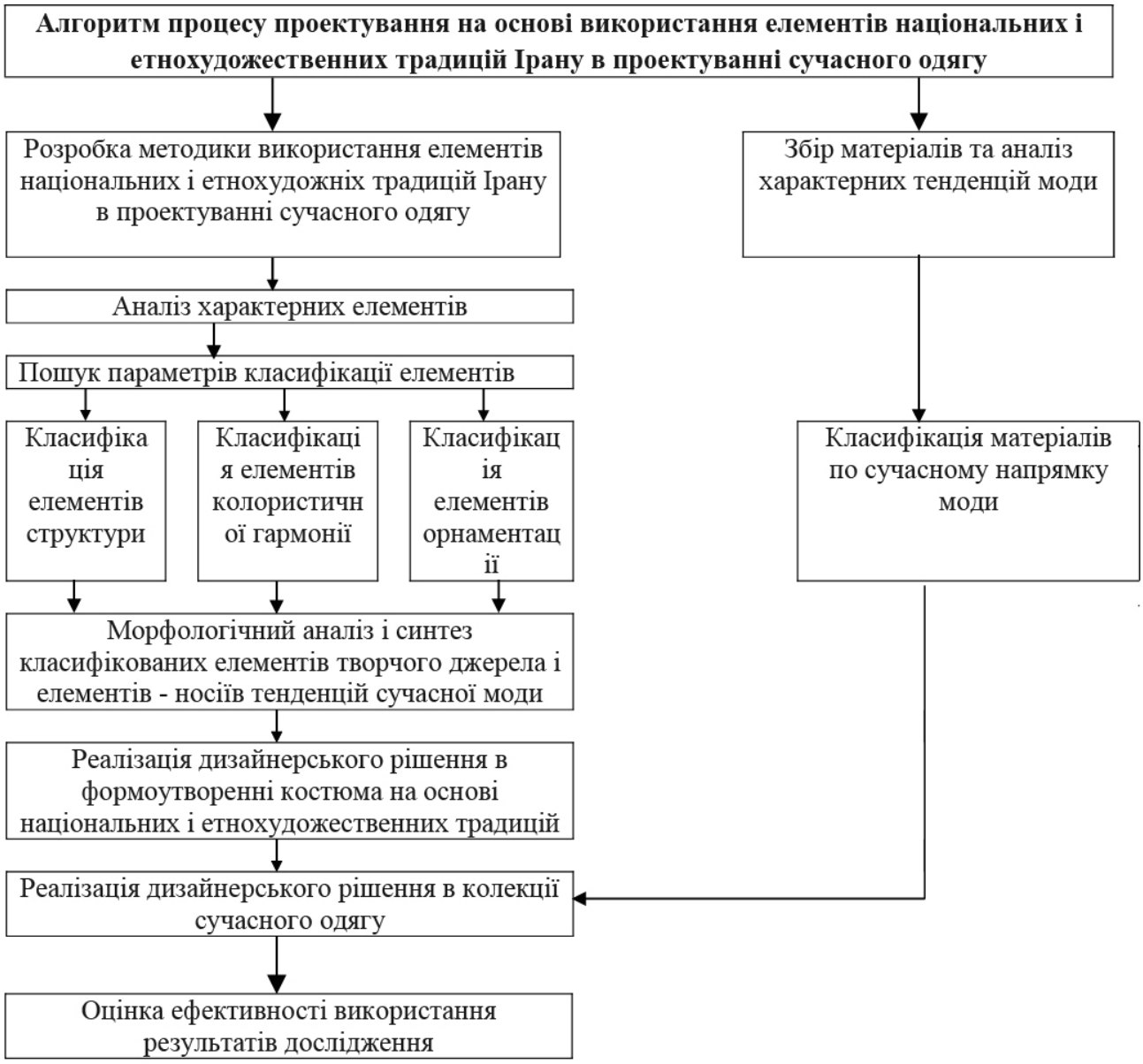


Рис. 4. **Алгоритм побудови процесу художнього проектування на основі національних і етнохудожніх традицій**

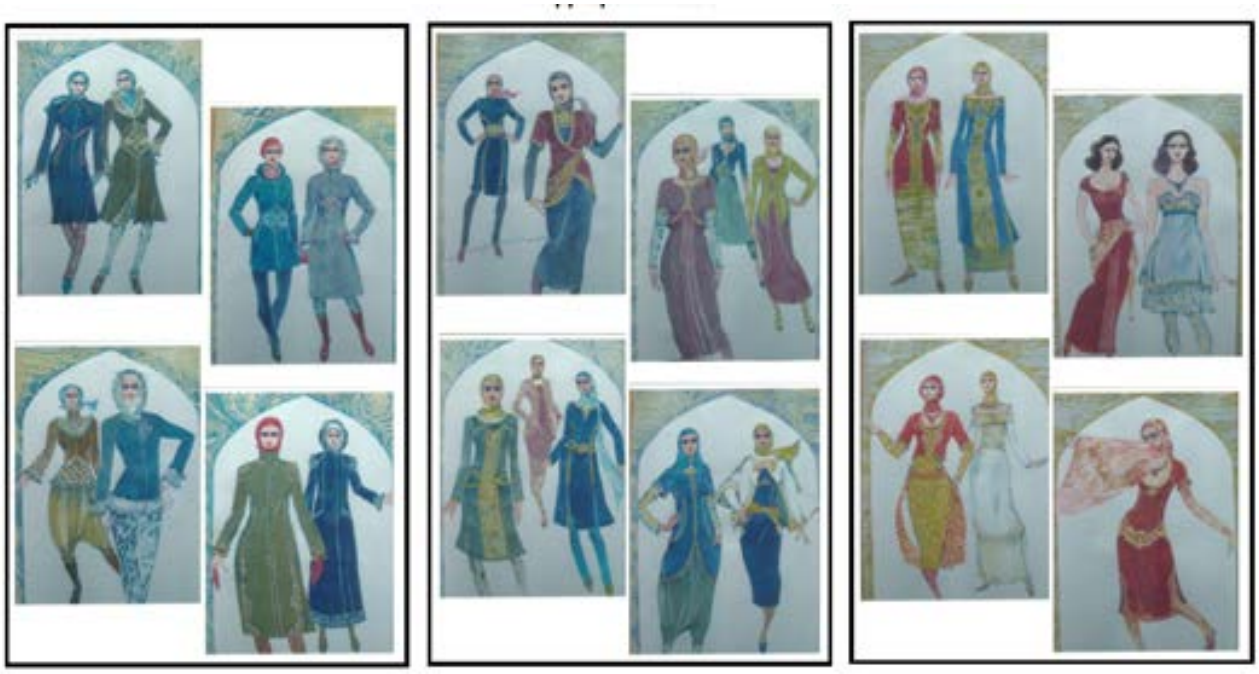


Рис.5. **Колекція моделей за мотивами національного костюма Ірану**

Висновки. Визначення та вибір методів введення знакових художньо-декоративних елементів національного костюма в побудову форми сучасного одягу, передбачають розробку варіативності асортиментних рядів моделей, з комбінацією структурно-композиційних елементів формоутворення. На основі розробленого алгоритму, з використанням базових матриць формоутворення і базових знаків-символів форм, було проведено художнє проектування блоків колекції сучасного жіночого костюма з використанням національних і етнохудожественних традицій Ірану (рис. 5).

Література

1. Козлова Т. В. Основы теории проектирования костюма. – М.: Легпромбытиздат, 1997.
2. Ніколаєва Т. В. Тектоніка формоутворення костюма : Навчальний посібник / Т. В. Ніколаєва. – К.: Арістей, 2011.
3. Маменська А. М. Розробка колецій одягу : Навчальний посібник / А. М. Маменська, К. Л. Пашкевич, М. Р. Смирнова, О. В. Колосніченко. – К.:ПП НВП Профі, 2014.

References

1. Kozlova T. V. (1997) *Osnovyi teorii proektirovaniya kostyuma* [Fundamentals of the theory of costume design]. - M .: Legpromtizdat. [in Russian].
2. Nikolaeva T. (2011) *Tektonika formoutvorennia kostiuma* [Tectonics forming costume] Textbook / T. V Nikolayev. - K .: Aristey. [in Ukrainian].
3. Mamenska A. M. (2014) R*ozrobka koletsii odiahu* [Development koletsiy clothes] Textbook / A. M. Mamenska, K. L. Pashkevich, M. R. Smirnova, O. V. Kolosnichenko. - K .: PE SPE Pro. [in Ukrainian].

РАЗРАБОТКА СТИЛЕВОГО РЯДА МОДЕЛЕЙ СОВРЕМЕННОЙ ЖЕНСКОЙ ОДЕЖДЫ НА ОСНОВЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ И ЭТНОХУДОЖЕСТВЕННЫХ ТРАДИЦИЙ ИРАНА

ДЖАЛИЛИАН ФАХИМЕ, НИКОЛАЕВА Т. В.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Определены принципы разработка коллекций моделей по национальным мотивам, что представляет собой создание целостной образно-художественной системы, построенной на основе единой концепции етнохудожних традиций. Основой коллекции является взаимосвязь образа, стиля, форм, материалов, колорита, декоративного и конструктивно-технологического решения всех элементов, характерных для национальной культуры.*

Методика. *В работе используемого методику формирования коллекций моделей на основе единства концептуальной идеи, национального образа и базового символа формы, предусматривает использование основных творческих композиционных приемов, которые способствуют достижению выразительности и эстетического совершенства.*

Результаты. *Для проектирования моделей в художественной системе коллекция предложено их объединять спивузгодженням и спивпидляганням в единое целое, что приводит к необходимости разработки целостной художественной системы, которая отражает стиль времени, образ жизни, требования развития моды и вкуса определенных социальных или национальных групп. Модели коллекции объединяются на основе стилистической общности, обозначенной тематическим, ассоциативным творческим источником.*

Научная новизна. *Требования, предъявляемые к формированию художественной системы коллекция определяются необходимостью художественной, образной разработки темы и творческого источника, новизной разработок форм костюмов, составляющих коллекцию, стилистической определенностью.*

Практическая значимость*. Представлены результаты исследований использованы в разработке современной коллекции моделей, с использованием элементов национального костюма Ирана.*

Ключевые слова*: национальные традиции, етнохудожни традиции, коллекция, композиционные элементы, тектоника формообразования.*

DEVELOPMENT OF THE STYLE RANGE OF MODERN WOMEN'S CLOTHES BASED ON IRAN'S NATIONAL AND ETHNIC ART TRADITIONS

JALILIAN FAHIM, NAYKOLAEVA T. V.
Kyiv National University of Technologies and Design

Objective. *Development of collections of models for domestic reasons, that is the creation of an integrated image-art system, based on a single concept etnohudozhnih traditions. The basis of the collection is the relationship of image, style, form, materials, colors, decorative and structural and technological solution of all the elements characteristic of the national culture.*

Methods. *Of forming collections of models based on conceptual ideas of unity, national image and basic character form that requires a major creative compositional techniques that contribute to expression and aesthetic perfection.*

Results*. For the design models in artistic collection system prompted them to unite and spivuzhodzhennyam spivpidlyahannyam as a whole, making it necessary to develop an integrated system of art that reflects the style of the time, the lifestyle requirements of fashion and taste of certain social or ethnic groups. Collection models are combined based on stylistic commonality marked thematic, associative creative source.*

Scientific novelty. *Requirements to form artistic collection system determined by the need of artistic, imaginative design themes and creative source, novelty costumes D forms that make up the collection, stylistic certainty.*

The practical significance*. The results of the studies used in the development of modern collection of models, with elements of national costume Iran.*

Keywords: *national traditions etnohudozhni tradition, collection, composition elements forming tectonics.*

УДК 7.012.001.891

НІКОЛАЄВА Т. В., НІКОЛАЄВА Т. І., ЛИСА Є. О.
Київський національний університет технологій та дизайну

СКЛАДОВІ ПОНЯТТЯ «ІНДУСТРІЯ МОДИ» В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З ДИЗАЙНУ КОСТЮМА ТА БРЕНДОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Мета. *Визначення головних принципів та етапів формування модних напрямків в індустрії моди, їх ролі в підготовці фахівців в галузі дизайну костюма та брендової продукції.*

Методика. *В проведенні досліджень використано літературно-аналітичний, системно-структурний аналіз та методи класифікації, для визначення провідних етапів та складових процесу роботи дизайнера над перспективними колекціями костюма.*

Результати. *На основі проведеного аналізу визначено головні задачі побудови навчального процесу підготовки фахівців з художнього моделювання костюма та брендової продукції, встановлені цілі та етапи роботи над перспективними колекціями на основі творчих аналогій та трендових напрямків моди.*

Наукова новизна. *Запропоновано систематизацію етапів роботи дизайнера в умовах розвитку сучасної індустрії моди та провідні цілі побудови освітнього процесу підготовки фахівців з дизайну костюма та брендової продукції з урахуванням сучасних модних тенденцій.*

Практична значимість. *Представлено рекомендації з структурної побудови навчально-проектної діяльності майбутніх фахівців для роботи над перспективними колекціями костюма на основі творчих аналогій.*

Ключові слова: *модні тенденції, індустрія моди, перспективні колекції, творче джерело, навчально-проектна діяльність, модні тренди.*

Вступ. Індустрія моди, у всіх її різнобічних проявах,займає важливе місце в сучасній глобальний економіці. Постійно зростаючій інтерес до моди є очевидним. Сучасні інформаційні видання приділяють розгляду питань моди набагато більше уваги, на відміну від інших проблем. Загальна обізнаність в питаннях моди та інтерес до неї постійно зростають. Тому визначення змісту цього поняття, його складових є надзвичайно важливим в підготовці фахівців в галузі дизайну та вирішенні проблем теорії розвитку модних тенденцій.

Перші систематичні дослідження моди співпадають с початком XX століття та прискоренням розповсюдження модних образів. За перші два десятиріччя образ жінки, її зовнішній вигляд,пройшли через радикальні зміни, наряду із переміною соціальної ролі та завоюванням певної долі самостійності. Однією з найважливіших свобод, за які боролись жінки того часу, було право на освіту. В 20-х роках XX століття відкриваються перші курси моделювання та вивчення теорії моди. Переважну більшість слухачів складали саме представниці «слабкого полу», оскільки переважно жінки на протязі багатьох років булі професійними швачками, закрійницями та модистками. Новий підхід до вивчення теоретичних основ розвитку моди сприяв її надзвичайно швидкому розповсюдженню та під'йому на новий рівень споживання.

На курсах моди вивчали головним чином історію костюма, а не культурологічні та мистецькі аспекти цієї проблеми. Історія костюма є безумовно важливою частиною дослідження розвитку моди, але саме культурологічні аспекти визначають теорію її соціологічних, економічних та національних особливостей, їх впливу на формування та розвиток модних напрямків. Нові теоретики моди розвивали думку, що кожен витвір мистецтва, в тому числі і костюм, є продуктом культурних та соціальних впливів в рамках

яких творить кожний митець, тому мода нерозривно пов'язана з особливостями соціального та культурного розвитку суспільства. Мода та дизайн костюма не являють собою простий відгук на нові уподобання та потреби жінок в зміненому світі, а відображають зміну їх ролі та статусу в умовах сучасної реальності [1].

Постановка завдання. Починаючи з середини XX століття мода поступово перетворюється в об'єкт загальної культури. Дизайнери перестають шукати натхнення виключно у майбутньому і починають звертатись також до минулого, на перехрестя різних культур та часів. На порозі нового тисячоліття прив'язаність до романтики «етно» та «ретро» стає особливо актуальною. Все більш впливовими на розвиток модних тенденцій стають стилі субкультур та «мода вулиці». Сучасна мода надзвичайно активно підхоплює та адаптує ці тенденції до потреб сучасності.

Важливими в дослідженні моди є також питання споживання, не тільки продажів в індустрії моди, але й розвитку культурологічних теорій, які намагаються визначити ці аспекти в широкій історичній та соціальній перспективі. Аналіз тенденцій розвитку моди представляє собою питання більш глибоке, тому що мода є частиною нашого життя, засобом вираження особистості і безумовно отримує свій статус в ряду мистецьких напрямів розвитку глобальної культури.

Моді приділяють багато уваги, в порівнянні з іншими сферами людських інтересів. Теми з якими мода успішно співпрацює, складають рівень від огляду нових товарів до тем театру, музики, архітектури та питань суспільного життя. Мода є також основою конкурентної боротьби, доходів від реклами та продажів, проникає в більшість суспільних аспектів, визначає те, що сьогодні називають «стилем життя». Сьогодні мода це невід'ємний атрибут суспільства, що набуває значення в соціальній сфері, коли люди намагаються висловити свій статус, визначити як вони хочуть виглядати в очах оточуючих. Сучасне життя рухається набагато швидше, одночасно з ним прискорюється і розвиток нових модних тенденцій. Стилі та бренди з'являються та зникають стрімкими темпами, в результаті чого значення моди з сезону в сезон стає все більш важливим, вимагає більш тонкої гармонії відношень корисного та красивого.

Глобальні засоби інформації стають головним засобом комунікації в світі моди, яку створюють дизайнери та стилісти. Кордони між модою та популярною культурою стають все більш розмитими. Мода сьогодні органічно вплітається в культуру розваг, телебачення та музики, часто опиняється в центрі загальної уваги, починаючи від історичних та політичних подій, до розповідей про життя зірок [2].

Тому надзвичайно важливими є питання визначення головних принципів та етапів формування модних тенденцій та їх ролі в підготовці фахівців в галузі дизайну костюма.

Результати досліджень. В багатьох поняттях відносних до питань моди, відображається зв'язок костюма та іміджу людини з її соціальними, національними та культурними особливостями.

Існує багато думок відносно того, що собою представляє модний дизайн, тлумачення понять мода та стиль. Багато теоретиків моди вважають її мистецтвом, а дизайнерів - творчими особистостями, які працюють з різними формами, створюючи з них прекрасні тектонічні проекти, що гідні широкого представлення. Інші вважають моду виключно комерційним підприємством , що займається розробкою та продажем товарів на світових

ринках. Такий безпосередній зв'язок моди як мистецтва, та комерційного об'єкту, може бути визначений в діяльності багатьох сучасних дизайнерів та Будинків моди [3].

Продаж та прибуток є основою модного бізнесу але при цьому недоцільно вважати єдиною мірою успіху зростання прибутків. Для розвитку модних трендів не менш важливе значення мають визнання суспільства, критиків , творчі інновації, імідж та слава дизайнерів.

Феномен національної приналежності в моді має також свою значну роль, оскільки відчуття сприйняття та відбору певних естетичних характеристик часто відповідають етнічним особливостям, що спираються на історичні відмінності кожної країни, рівень розвитку її промисловості та культури.

Оскільки ролі дизайнерів, в залежності від характеру їх бізнесу, значно відрізняються між собою, важливо проаналізувати задачі, які об'єднують роботу більшості з них. Головним в цих завданнях є аналіз нових тенденцій в формуванні художніх стилів, колористичних гармоній, типів тканин, формі та характері орнаментації, а також відбір стильових напрямків, що визначають тенденції розвитку моди в перспективному сезоні.

Дизайнери намагаються також знайти цікаве та оригінальне джерело натхнення для своїх нових колекцій. В ексклюзивному проектуванні найбільш активними є очікування інновацій та оригінальності, формоутворення. Тому джерела натхнення можуть бути кардинально різними, в залежності від сегменту індустрії моди, в якому працює дизайнер. Загальноприйнятим в роботі дизайнерів є ознайомлення з тенденціями колористики, структури нових тканин, їх орнаментацією, відомими брендами та матеріалами з прогнозування тенденцій моди, при одночасному ретельному вивченні історичних та національних особливостей розвитку моди [4].

В ході роботи дизайнера створюється велика кількість творчих пропозицій, починаючи з прототипів нових моделей до виробничих зразків, що представляються для визначення базової структури та елементів крою нових моделей.

Процес роботи дизайнерів, що створюють моделі для масового виробництва та ексклюзивних авторських творчих колекцій має багато суттєвих відмінностей. Найбільш важливе з них є те, що продукти масової моди спочатку виготовляються, а потім продаються споживачу в торгівлі, яка контролюється певним брендом. Провідні фешн - бренди продають свої перспективні колекції на тижнях моди, що відбуваються двічі на рік із запрошенням байєрів та преси. Побудова процесу створення творчих колекцій в більшості випадків базується на принципах функціонально-вартісного аналізу (рис 1).

Рис. 1. **Зміст методу побудови процесу створення творчих колекцій на основі функціонально-вартісного аналізу**

Одним з важливих понять в дослідженні розвитку моди є поняття сезону , котре визначає період часу на протязі якого продаються відповідні модні товари. У відношенні до дизайну одягу виділяють два основних періоди: весна-літо та осінь – зима, що характеризують відповідний характер та набір моделей в перспективних колекціях. До варіацій найбільш успішних модних тенденцій перспективних моделей можуть входити характерні деталі нового стилю, додаткові нюанси кольору, оздоблення та доповнень.

Модні образи часто переходять кордони сезонів, тому надзвичайно важливо бути в курсі тенденцій моди та вміти правильно застосовувати їх в умовах ринку, що є важливим фактором успіху в сучасному модному бізнесі. Структура суспільства постійно ускладнюється, тому дизайнерам також доводиться аналізувати інформацію про тенденції стилю життя, смаки та уподобання як відповідних соціальних груп, так і окремих визначних особистостей (Схема 1).

Сьогодні існує ряд спеціалізованих агентств, що представляють публікації про тенденції моди та покази моделей, здійснюють консультування з питань розвитку модних тенденцій. Агентства пропонують публікації «trend books, що включають аналіз впливу дизайнерських ідей на тенденції та прогнози кольорової гами, стилю і асортименту одягу .

Але саме творчість дизайнерів є головною рушійною силою, що стоїть за кожним окремим елементом тренду, оскільки на цьому етапі народжується вихідна ідея стилю, форми, колориту та оздоблення. Мода знаходиться в постійному розвитку, ставить перед дизайнерами все більш жорсткі вимоги, змушуючи їх шукати нові інноваційні варіанти рішення форми та стилю. Роль дизайнера стає все більш важливою в період швидкого розвитку модних тенденцій, які вимагають створення дійсно креативних і при цьому загальнодоступних моделей.

Рис. 1. **Процес дизайну одягу в розробці товарної продукції**

Модні бренди стають доступними більшості звичайних людей, що надає поштовх до зростання попиту на підвищення якості, що досягається з використанням принципів креативного. (рис.2).

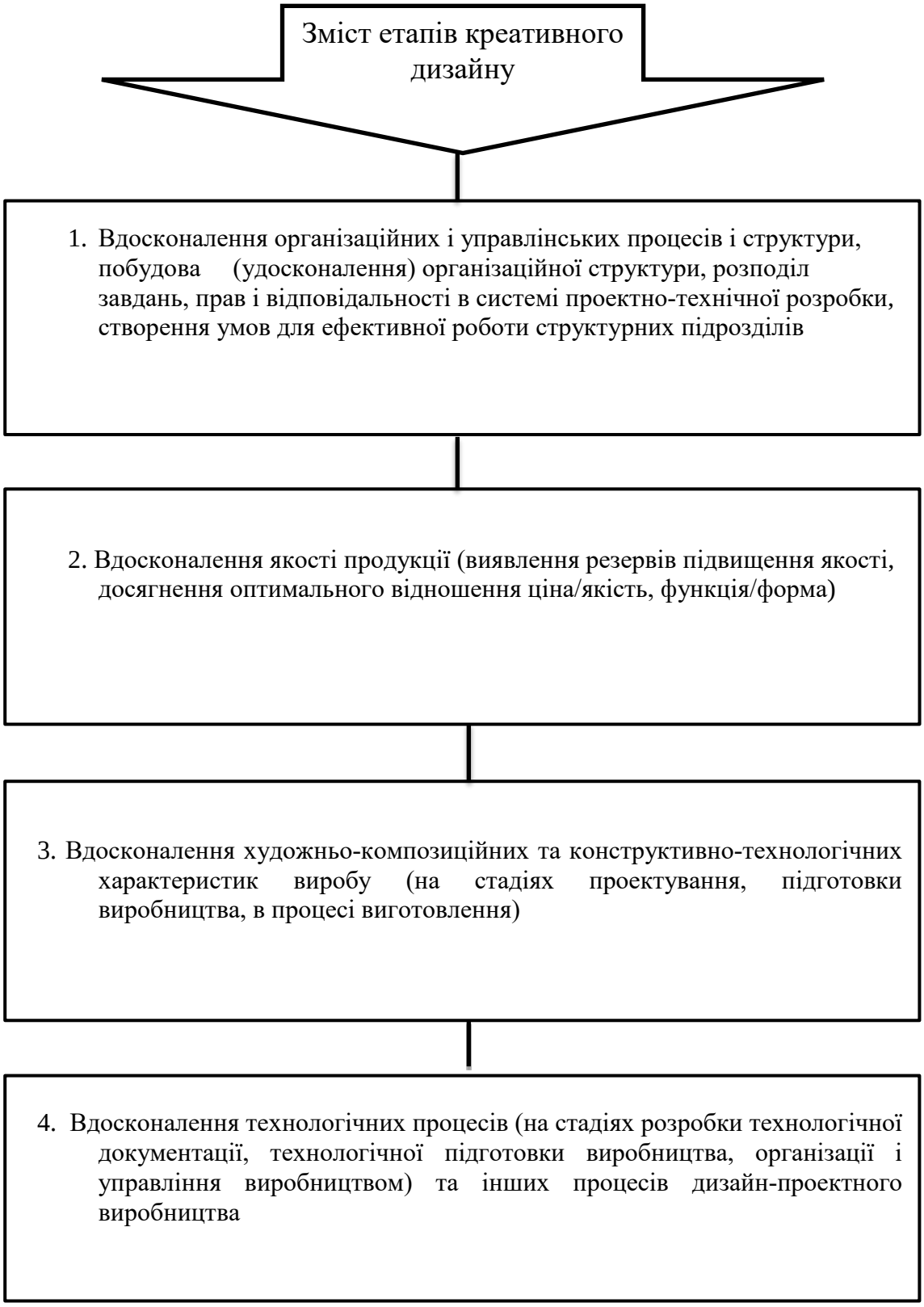


Рис. 2. **Вибір етапів креативного дизайну в роботі дизайнера над перспективними колекціями**

Завдання дизайнера полягає в тому, щоб перетворити креативну надихаючу ідею в реальну творчу пропозицію, яка потім стає предметом одягу.

Роль дизайнера в модній індустрії надзвичайно важлива, особливо для компаній, які виробляють модні товари під власним брендом, є суттєвою в позиціонуванні бренду і цінової політики. Дизайнер проводить дослідження та збір інформації, яка стосується тенденцій стилю, кольорового вирішення, та нових форм, розробляє стратегію продукту, інтерпретує модні тенденції, колористичні палітри та теми сезонів. Він переводить стратегію продукту в найбільш виразні силуетні форми, тканини, кольори та образи (рис 3).

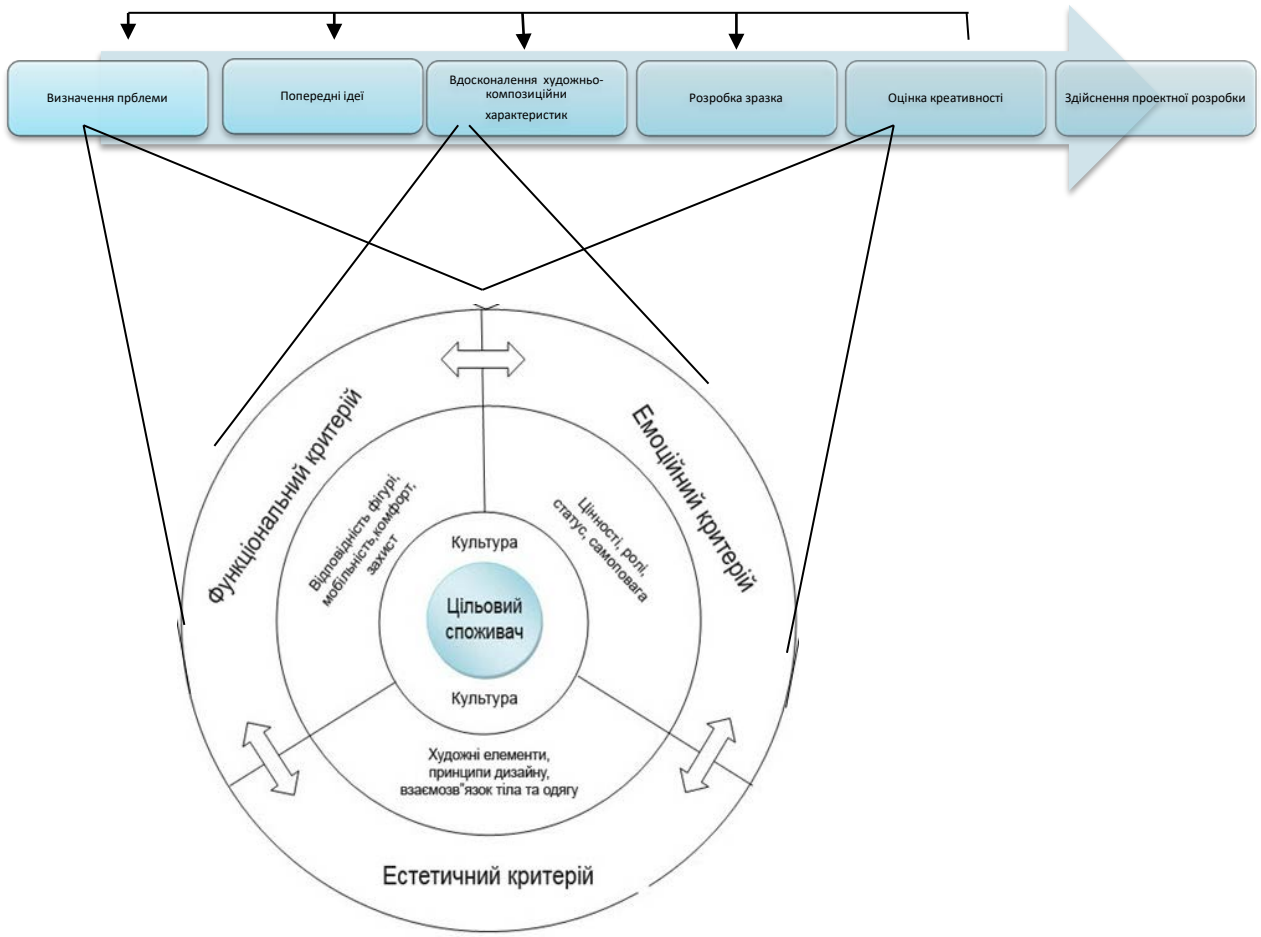


Рис. 3. **Побудова процесу формоутворення перспективних колекцій**

До завдань дизайнера відноситься використання зібраної інформації для створення творчих ідей, розробки проектів, що відповідають рівням комерційної ексклюзивності, привабливості та іноваційності. Спільно з менеджерами по закупках та марчендайзерами, він виносить висновки по результатах продажу, продукції та новим тенденціям, гарантує задоволення потреб цільових груп споживачів

Сучасний український ринок моди має свої особливості та реальні перспективи для розвитку. В ментальності та культурі українців закладена любов до виразного та різноманітного одягу, яскравих кольорів, активного декору та багатого оздоблення. Аксесуари та одяг в сучасній моді часто стають якісно важливим засобом маркування соціального статусу. На теперішній час індустрія моди в Україні активно розвивається,

всупереч недостатній розвиненості виробничої бази та проблемам з неконтрольованим імпортом одягу.

Особливості роботи українських дизайнерів все ще значно відрізняються від схем роботи дизайнерів країн з розвиненою індустрією моди. Достатньо характерним є прямий розпродаж колекцій після першого показу, або виготовлення одиничних копій в форматі ательє. Тільки в окремих випадках, дизайнери, що вже мають свої бренди та достатні фінансові можливості, витримують весь цикл створення перспективних дизайнерських колекцій: народження творчого задуму, розробка ескізних пропозицій, підготовка конструкторських рішень, виготовлення презентаційної колекції, тиражування колекції та реалізація готового одягу через сітку моно-та мультибрендових магазинів. Одним з дієвих та ефективних засобів розвитку сучасної моди України є представлення перспективних творчих колекцій молодих дизайнерів на Українських тижнях моди та інших творчих конкурсах, що сприяє активізації їх художньої творчості та під'йому фахової майстерності (рис.4).

Рис. 4. **Колекція переможця конкурсу «Погляд у майбутнє» Норець Марії (Київський національний університет технологій та дизайну)**

Вивчення питань розвитку моди, участь в творчих конкурсах та виставках є обов'язковою складовою навчального процесу підготовки майбутніх фахівців в галузі дизайну костюма та брендової продукції.

Висновки. За останні роки індустрія моди суттєво змінилась. Глобалізація суспільства, соціальні зміни привели до демократизації моди, значного її поширення та зростання ролі в житті людей. Основу формування моди складає певне сполучення вимог: бажання відповідати вимогам соціального статусу і, в той же час, яскраво індивідуально виділятись. Мода завжди рухається вперед завдяки бажанням людей бути красивими,

сучасними та визначними. Стремління відповідати певним стандартам має надзвичайно велике значення, тому індустрія моди покликана безпосередньо цьому сприяти. В той же час, бажання бути не таким як усі, виглядати ексклюзивно, є найбільшим творчим рушієм в розвитку моди. Творчість дизайнерів полягає в переосмисленні культурних, національних та історичних здобутків, генерації нових ідей. Висока мода покликана виділяти, підтримувати та всіляко просувати творчу особистість дизайнера, як художника, та автора відповідного бренду. Головна проблема індустрії моди полягає саме в цій самій унікальності. Потенціал художньої творчості залежить від здатності інтерпретації та практичного застосування модних тенденцій в діяльності сучасних дизайнерів, тому вивчення закономірностей формування індустрії моди є надзвичайно важливим в підготовці майбутніх фахівців в галузі художнього моделювання костюма та дизайну брендової продукції.

Література

1. Джексон Тім, Шоу Девід. Індустрія моди . Пер. с англ.; - Київ: Баланс Бізнес Букс, 2011.
2. Мельник М. Т. Індустрія моди / Мирослав Мельник.-К.: Логос, 2011
3. Розробка колекцій одягу: Навчальний посібник / А. М. Малинська, К. Л. Пашкевич, М. Р. Смирнова, О. В. Колосніченко. – К.: ПП НВЦ Профі, 2014.
4. Ніколаєва Т. В. «Розвиток національних художніх традицій в підготовці фахівців з дизайну костюма та брендової продукції» / Т. В. Ніколаєва, Т. В. Шафранська // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну «Технічні науки» - 2017.- №1.

References

1. Tim Jackson, David Shaw. Fashion Industry. Per. with English .; -Kiev Balance Business Books, 2011.
2. Melnik M.T. Fashion Industry / Miroslav Melnyk. -K .: Logos, 2011.
3. Develop collections of clothes: Textbook / A. M. Malinska, K. L. Pashkevich, M. R. Smirnova, O. V. Kolosnichenko. - K .: PE SPC Pro 2014.
4. Nikolaeva T. "The development of national artistic traditions in training in costume design and branded products" / T. V. Nikolaeva, T. V. Shafranska // Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design.-2017.- №1.

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПОНЯТИЯ «ИНДУСТРИЯ МОДЫ» В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ХУДОЖЕСТВЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОСТЮМА И БРЕНДОВОЙ ПРОДУКЦИИ

НИКОЛАЕВА Т.В., НИКОЛАЕВА Т.И., ЛЫСА Е.О.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Определение основных принципов и этапов формирования модных направлений в индустрии моды, их роли в подготовке специалистов в области дизайна костюма и брендовой продукции.*

Методика. *В проведении исследований использованы литературно-аналитический, системно-структурный анализ и методы классификации для определения ведущих этапов и составляющих процесса работы дизайнера над перспективными коллекциями костюма.*

Результаты*. На основе проведенного анализа определены основные задачи построения учебного процесса подготовки специалистов художественного моделирования костюма и брендовой продукции, установлены цели и этапы работы над перспективными коллекциями на основе творческих аналогий.*

Научная новизна. *Разработана систематизация этапов работы дизайнера в условиях развития современной индустрии моды и ведущие цели построения учебного процесса подготовки специалистов в дизайне костюма и брендовой продукции, с учетом современных модных тенденций.*

Практическая значимость. *Представлены рекомендации по структурному построению учебно-проектной деятельности будущих специалистов для работы над перспективными коллекциями костюма, на основе творческих аналогий.*

Ключевые слова: *модные тенденции, индустрия моды, перспективные коллекции, творческий источник, учебно-проектная деятельность, модные тренды.*

THE CONSTITUENT NOTIONS OF THE FASHION INDUSTRY IN TRAINING SPECIALISTS OF COSTUME DESIGN AND BRAND PRODUCTS

NIKOLAEVA T. V., NIKOLAEVA T. I., LISA E. O.
Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. *Determination of the main principles and stages of the formation of trendy trends in the fashion industry, their role in the training of specialists in the field of costume design and brand products.*

Methodology. *The research used literature-analytical, system-structural analysis and classification methods, to determine the leading stages and components of the designer's work on perspective collections of the suit.*

Results. *On the basis of the analysis, the main tasks of constructing an educational process for the preparation of specialists in the artistic modeling of costume and brand products were determined, the goals and stages of work on perspective collections were established on the basis of creative analogies and trend trends of the fashion.*

Scientific novelty. *The systematization of the stages of the designer's work in the conditions of development of the modern fashion industry and the main goals of constructing the educational process of training specialists in designing costumes and brand products, taking into account modern fashion trends, are developed.*

Practical value.. *The recommendations on the structural construction of the educational and project activities of future specialists for work on perspective collections of costume on the basis of creative analogies are presented.*

Keywords: *modern tendentious, fashion industry, promising collections, creative source, educational and project activities, modern trends.*

УДК 7.017.9:687

МУСІЄНКО В. О.
Київський національний університет технологій та дизайну

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕФЕКТУ ЗОРОВИХ ІЛЮЗІЙ ПРИ ДИЗАЙН-ПРОЕКТУВАННІ МОДЕЛЕЙ ОДЯГУ

Мета. *Дослідити ефекти зорових ілюзій, виявити особливості їх використання при дизайн-проектуванні моделей одягу та на основі отриманих результатів ефективно використовувати при створенні нових зразків одягу для корекції фігури людини. Також проаналізувати різні засоби (лінії, штрихи, колір, фактура) для виникнення стійких зорових ефектів.*

Методика. *У роботі використано методи системно-структурного аналізу та синтезу науково-технічної інформації для встановлення умов та складових елементів, які спрямовані та викликають стійкі зорові ілюзії.*

Результати. *На основі проведених досліджень узагальнено, виокремлено та згруповано основні характерні умови і засоби (лінії, штрихи, колір, фактура), які формують та створюють ефект зорових ілюзій при дизайн-проектуванні моделей одягу з метою зміни та корегування фігури людини (надлишкова маса, відхилення постави, проблеми зросту) при розробці нових моделей одягу.*

Наукова новизна. *Узагальнено досвід формування ефектів зорових ілюзій, виокремлено та згруповано основні засоби для отримання стійких ефектів зорових ілюзій при дизайн-проектуванні моделей одягу. Доведено можливість ефективного зорового враження при створенні нових зразків одягу.*

Практична значимість. *Розроблено рекомендації щодо практичного використання ефекту зорових ілюзій при створені нових моделей одягу, використовуючи корекцію фігури людини та розширюючи можливості задоволення потреб споживачів одягу. Запропоновано комплекс заходів з метою ефективного використання специфічних властивостей зорових ілюзій при розробці нових моделей одягу.*

Ключові слова: *недоліки фігури людини, зорові ілюзії, колір, інформаційний вплив, дизайн одягу.*

Вступ. Актуальним у процесі проектування та розробки нових моделей одягу є забезпечення виразної композиційної форми та тонке відчуття дизайнером ефективного зорового сприйняття споживачем такої розробки. Оцінка та сприйняття будь-якого об’єкту, за певних умов, часто супроводжується ефектом зорових ілюзій, при цьому відбувається значна зорова деформація форми, об’єму, розмірів та кольору. В окремих випадках така деформація натури доходить до 20% [1]. За рахунок ефекту зорових ілюзій відбувається деформоване сприйняття об’єкту, що пояснюється фізіологічними особливостями будови людського ока. Причини такого ілюзорного сприйняття натури пояснюються різницею в силі напруження м’язів очей, швидкістю руху зору людини по горизонталі та вертикалі [2]. Також виникнення ілюзорного (деформованого) сприйняття об’єкту пояснюється бінокулярною будовою ока людини і при цьому інформація про об’єкт бачення передається по зоровим нервам до відповідного центру мозку - лівої і правої півкулі. Тобто, за такою схемою відбувається оцінка та сприйняття образу з розумінням його об’єктивних характеристик. При цьому необхідно виділити особливу властивість нашої свідомості групувати об’єкти та створювати прості одинокі образи. Така технологія сприйняття будь-якого образу людиною,

дозволяє маніпулювати враженнями, відчуттями та створювати ілюзорну, бажану розробнику оцінку об'єкта споживачем.

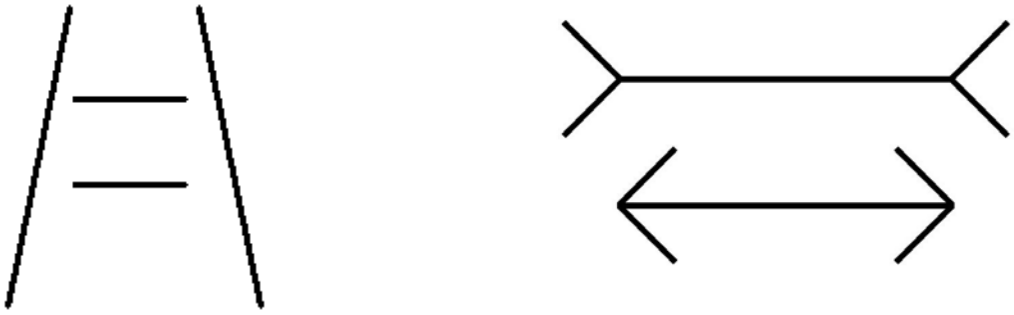
Постановка завдання. Необхідно дослідити обставини та умови, при яких формуються та виникають ефекти зорових ілюзій при спостереженні за відповідним об'єктом. При цьому обов'язково зробити аналіз засобам та виділити їх за ефективністю створення зорових ілюзій в певному об'єкті. У подальшому надати характеристики ефективності їхнього впливу на структуру конструкції костюма, а також зформувати рекомендації майбутнім модельєрам-конструкторам для практичного використання та розширення їх творчих можливостей з метою ефективної зорової корекції різних існуючих проблем фігури людини (надлишкова маса, деформація постави, проблеми зросту). У перспективі отримані результати необхідно впровадити в освітньому процесі, що дозволить значно збагатити творчій потенціал модельєрів-конструкторів одягу.

Результати досліджень. Для практичного використання ефекту зорових ілюзій у творчій роботі майбутніх фахівців з дизайну одягу можна згрупувати засоби, які здатні створювати стабільні зорові ілюзії.

Серед таких ефективних першочергових засобів необхідно виділити, а саме:

- лінії (горизонтальні, вертикальні, діагональні, штрихи, криві – з постійним та змінним радіусом);
- кольори (хроматичні, ахроматичні, «теплі», «холодні»).

Ці засоби здатні створити певне ілюзорне сприйняття (зміна розміру, форми, об'єму, фактури) різних об'єктів, викликаючи у споживача відчуття стабільності, впевненості, діловитості. Наприклад, так криві лінії в моделі створюють у глядача відчуття динамічного руху, нестабільності. Усі ці лінії, в процесі розробки моделі одягу, мають певне конкретне навантаження. Так, лінії з різним пластичним характером (тонкі, товсті, діагональні, криві) здатні створювати у споживача різне образно-емоційне сприйняття запропонованої моделі. При розробці нової моделі одягу автор використовує значну кількість ліній, які об'єднують складові елементи, створюють її цілісність та надають інформацію про особливості запропонованої форми. У структурі розробки за специфічним, технологічним призначенням використовують різні лінії, серед яких - силуетні, конструктивні та декоративні. Усі ці лінії, як у технічному рисунку, так і в ескізі нової розробки відіграють важливу роль при створенні зорових ілюзій, які дозволяють цілеспрямовано корегувати різного роду відхилення фігури людини. Приклад ефекту зорових ілюзій можна спостерігати при оцінці рівних за довжиною відрізків, які сприймаються як перспективне зображення, при чому в таких умовах всі лінії, предмети, об'єкти зменшуються, якщо вони віддаляються. Однак, віддалений у перспективі відрізок сприймається як довший. Такий же ефект ілюзорного сприйняття можна спостерігати через ефект «залізничної колії», «ефект стрілки». Тобто, створюються ефекти ілюзії при умові, коли у двох рівних за величиною відрізків, один обмежений штриховими кінцями вверх та вниз, який сприймається як довший, а другий - обмежений штрихами внутрішньої форми – сприймається як коротший (рис. 1, 2) [2].



а **б**

Рис. 1**. Ілюзорне сприйняття відрізків через ефект: а – «залізничної колії» (ілюзія Понцо); б – «стрілки» (ілюзія Мюллера-Лайєра)**

Ефективне використання ліній різної форми та конфігурації в композиції костюма, дозволяє створити певне психоемоційне сприйняття статичності або динамічності моделі [3, 4]. Так, використання горизонтальних ліній створює відчуття рівноваги, статичності, при цьому візуально спостерігається скорочення висоти та розширення моделі. Використання вертикальних ліній в моделі костюма вздовж форми фігури людини витягує, створює ілюзорне враження про її стрункість, легкість, висоту. Вертикальні лінії можуть проявлятись також у структурі тканини (лінії різного кольору і товщини), а також розміщенням рядів ґудзиків, складок, формованих ліній в конструкції моделі, вдало коригуючи фігуру людини. Так, для корегування фігури людини з низьким ростом рекомендується використовувати тканину з вертикальною смужкою різної товщини. При зміні силуетних і конструктивних ліній в одягу моделі можна визначити динаміку руху та створити певне психоемоційне сприйняття виробу споживачем. Наприклад, особливе ілюзорне відчуття створюють діагональні лінії, які передають стан динамізму, нестійкості структури, поступового руху. Тобто, діагональні лінії можуть створювати змішаний ефект і при умові наближення такої лінії до вертикальної, то створюють ілюзорні відчуття, які характерні для вертикальних ліній. Ламані лінії в одязі створюють враження нестабільності, напруженості та агресії. Характерний ілюзорний ефект створюють у моделі, якщо у своїй композиції мають криві лінії: замкнуті, розімкнуті з постійним радіусом кривизни (коло, дуги) та криві, які мають змінний радіус (параболи, гіперболи та їхні відрізки). Такі криві лінії, з постійним радіусом кривизни в моделі вносять відчуття статики, урівноваженості, стабільності, а криві ліній із змінним радіусом кривизни створюють у споживача ілюзорні відчуття нестабільності, напруженості, динамізму, наростаючого або спадаючого руху.

Практичні результати використання ефекту зорових ілюзій можна продемонструвати на прикладах зразків моделей з використанням характерних ліній та колірних плям, які представлені на рис.3.

Аналіз особливостей композиційної побудови представлених виробів дозволяє зробити висновки, що використання:

- горизонтальних ліній, які створюють у споживача ілюзорні відчуття збільшення форми об’єкту (рис. 2,а);

- вертикальних ліній, які створюють у глядача ілюзорне сприйняття фігури тоншою та вищою (рис. 2,б);

- колірних плям вдається поєднати складові елементи моделі, підтримуючи характерну рівновагу в системі (рис.2,в);

- колірних плям, які дозволяють створити і забезпечити власний ритм системи, визначаючи при цьому динаміку форми (рис.2,г).

а **б** **в** **г**

Рис.2. **Приклади використання ефекту зорових ілюзій в композиції костюма**

Окрема, особлива роль відводиться кольору, за допомогою якого можна керувати ілюзорним сприйняттям простору (збільшенням, зменшенням), впливати на зміни пропорцій та корегувати форми об'єкту.

Так, легкі, світлі, «відступаючі», «холодні» кольори створюють ілюзорне відчуття збільшеного простору, відповідно «теплі», насичені – зменшення простору.

Використовуючи специфічні властивості кольору, його ілюзорний вплив на сприйняття людиною, можна :

- логічно поєднувати складові елементи моделі;

- виділяти головні складові моделі;

- створювати рівновагу в системі за допомогою колірних плям;

- порушувати рівновагу в системі за допомогою колірних плям, створюючи власний ритм структури;

- нівелювати за допомогою ілюзорного сприйняття кольору окремі відхилення фігури людини, коригуючи відповідні розміри (збільшення, зменшення).

Використовуючи специфічні властивості кольору, можна впливати на психоемоційний стан людини та створювати певний образ про особливості виробу. Тобто, колір першим створює інформаційне поле, про естетичні, ергономічні, технологічні, особливості нової моделі та раніше інших визначальних факторів формує певні оцінки та

враження споживача. Якщо нова розробка включає та об'єднує класичне, гармонійне сполучення кольорів, то нова модель позитивно сприймається та оцінюється споживачем.

Якщо ж споживач спостерігає невизначений колір, що створює колірний дисонанс, порушуючи закони композиції, то це викликає негативні емоції нерозуміння та несприйняття такої розробки.

Використовуючи специфічні, оптичні властивості кольорів, шляхом використання різного співвідношення складових елементів розробки, дизайнери одягу можуть коригувати деякі невідповідності композиції моделі, і як наслідок, можуть впливати та змінювати різного роду відхилення фігури людини.

Особливу роль відводиться кольору, який створює ілюзорне відчуття «теплого» або «холодного» сприйняття по-різному забарвлених об'єктів. При цьому необхідно зафіксувати, що «теплі» кольори – це приємні психоемоційні відчуття, підвищення життєвого тонусу. Відповідно «холодні» кольори у споживача викликають протилежні відчуття – пасивність, пригніченість та неспокій.

За допомогою кольору можна підтримувати ефект рівноваги в композиції нової розробки, а також створювати ілюзорне відчуття стійкості моделі. Це зорове враження підтримується за умови, що в нижній частині моделі використовують насичені кольори, а у верхніх частинах – не насичені.

Необхідно акцентувати увагу на виникнення ілюзорних ефектів в об'єктах, які створюють виступаючі та відступаючі кольори з відповідними плямами, що є складовими елементами нової розробки. При цьому необхідно враховувати створення зорового відчуття наближення об'єкта до глядача, через будь-який хроматичний колір не залежно від світлоти. При створенні колірної композиції нової розробки майбутній модельєр-конструктор повинен орієнтуватись в кінцевому сприйнятті зорового ефекту, який буде утворено при сполученні певних кольорів в моделі. Важливу роль у створенні певного ілюзорного сприйняття нової розробки об'єкту (наближення або віддалення) відіграє колірний фон, на якому розміщені складові елементи моделі. Враховуючи ту особливість, що наближення об'єктів сприймається завдяки їх розміщенню на білому, світло-сірому фоні. Відповідно, на темному фоні, об'єкти віддаляються. Такий ефект ілюзорного сприйняття об'єктів можна спостерігати при порівнянні двох подібних (рівних) фігур, але на світлому та темному фонах. У такому випадку, на темному фоні створюють ілюзорне сприйняття значно більших, ніж незмінні за розмірами темні об'єкти, розміщені на світлому фоні.

Для створення ілюзорного ефекту використовують фактурні кольори, які викликають матеріальність, важкість, легкість, щільність і вдало створюють відчуття об'єму, форми та кривизну відповідної поверхні.

Слід зазначити, що при створенні колірної композиції творчої розробки та для підтримання виразності сполучень складових елементів моделі необхідно використовувати не більше трьох кольорів, тому що в інших варіантах спостерігається різке порушення єдності та взаємозв'язку складових елементів системи.

Висновки. На основі аналізу передумов створення ефекту ілюзорного сприйняття об'єктів різної природи встановлено основні, характерні засоби (лінії, штрихи, колір, плями,

фактура) використовуючи які можна створювати зорові ілюзії та ефективно корегувати певні відхилення фігури людини (маса, зріст, статура).

Особлива увага приділена лінії, що завжди є основою рисунку і здатна створювати різні ілюзорні ефекти, які цілеспрямовано використовують дизайнери у своїй творчій діяльності. Розкрито характеристики та засвідчено можливості лінії різного характеру, акценту, нахилу, штрихів для практичного використання у процесі роботи над створенням моделей одягу.

Розкрито можливості кольору як ефективного засобу для створення та управління ілюзорними відчуттями простору (збільшенням або його зменшенням) і впливати на сприйняття пропорцій та деяких деформацій форми об'єкту.

Доведено, що завдяки властивостям кольору, можна створювати стабільні зорові ілюзії та ефективно вирішувати задачі композиційної побудови моделі: поєднувати складові елементи, виділяти центр, порушувати рівновагу, утворювати ритм структури тощо.

Засвідчено, що саме колір вперше створює інформаційне поле про особливості нової розробки, впливає на психоемоційний стан споживача, надає базу, формує певні враження та оцінки нової моделі. Запропоновані методи корекції відхилень фігури людини з використанням ефекту оптичних ілюзій, дозволяють розширити можливості для створення нових моделей одягу різного функціонального призначення.

Література

1. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие. – М.: «Прогресс», 1974. – 390 с.
2. Грегори Р.Л. Глаз и мозг. Психология зрительного восприятия. – М.: «Прогресс», 1970. – 203 с.
3. Парамон Ф. М. Рисунок и графика костюма. / Ф.М. Пармон, Т.П. Кондратенко – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 208 с.
4. Малинська А. М. Розробка колекцій одягу / А. М. Малинська, К. Л. Пашкевич, М. Р. Смирнова, О. В. Колосніченко – К.: ПП НВЦ «Профі», 2014. – 140 с.

References

1. Arnkheym, R. (1974) Iskusstvo i vizual'noye vospriyatiye. Moscow, Russia : Progress, 390.
2. Gregori R. L., (1970) Glaz i mozg. Psikhologiya zritel'nogo vospriyatiya. Moscow, Russia : Progress, 203.
3. Paramon F. M., & Kondratenko T. P., (1987) Risunok i grafika kostyuma. Moscow, Russia : Legprombytizdat, 208.
4. Malyns′ka A. M., Pashkevych K. L., Smyrnova M. R., & Kolosnichenko O. V. (2014) Rozrobka kolektsiy odyahu, Kyiv, Ukraine : PP NVTS «Profi», 140.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТА ЗРИТЕЛЬНЫХ ИЛЛЮЗИЙ ПРИ ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИИ МОДЕЛЕЙ ОДЕЖДЫ

МУСИЕНКО В. А.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Исследовать эффекты зрительных иллюзий, выявить особенности их использования при дизайн-проектировании моделей одежды и на основе полученных результатов эффективно использовать при создании новых образцов одежды для коррекции фигуры человека. Также проанализировать различные средства (линии, штрихи, цвет, фактура) для возникновения устойчивых зрительных эффектов.*

Методика. *В работе использованы методы системно-структурного анализа и синтеза научно-технической информации для установления условий и составляющих элементов, которые направлены и вызывают устойчивые зрительные иллюзии.*

Результаты. *На основе проведенных исследований обобщены, выделены и сгруппированы основные характерные условия и средства (линии, штрихи, цвет, фактура), которые формируют и создают эффект зрительных иллюзий при дизайн-проектировании моделей одежды с целью изменения и корректирования фигуры человека (избыточная масса, отклонение осанки, проблемы роста) при разработке новых моделей одежды.*

Научная новизна. *Обобщен опыт формирования эффектов зрительных иллюзий, выделены и сгруппированы основные средства для получения устойчивых эффектов зрительных иллюзий при дизайн-проектировании моделей одежды. Доказана возможность эффективного зрительного впечатления при создании новых образцов одежды.*

Практическая значимость. *Разработаны рекомендации по практическому использованию эффекта зрительных иллюзий при создании новых моделей одежды, используя коррекцию фигуры человека и расширяя возможности удовлетворения потребностей потребителей услуги. Предложен комплекс мероприятий с целью эффективного использования специфических свойств зрительных иллюзий при разработке новых моделей одежды.*

Ключевые слова: недостатки фигуры человека, зрительные иллюзии, цвет, информационное воздействие, дизайн одежды.

FEATURES VIKORISTANNYA THE EFFECT OF SOROVICH LOUSY AT DESIGN-PROJEKTOVANI MODELS CLOTHING

MUSIYENKO V.
Kiev National University of Technologies and Design

Purpose. *To investigate the conditions for the appearance of the effect of visual illusions and, on the basis of the results obtained, to use them effectively when creating the obtained results, to use them effectively when creating new images of clothing for correcting various kinds of deficiencies in the figure of a person. Also explore various tools (lines, strokes, color, texture) that are capable of creating the basic foundations for the emergence of persistent visual effects.*

Methods. *The methods of analysis and synthesis of scientific and technical information for clarifying the conditions and additional elements that are aimed and create stable visual illusions are used in the work.*

Results. *The basic characteristic conditions and means (lines, strokes, color, texture) that cause and create the effect of visual illusions are established and grouped. The results obtained make it possible to introduce changes and correct certain natural shortcomings of the human figure (overweight, deformation of the figure, height problems) when creating new models of clothing.*

Scientific novelty. *The principles of the formation of visual illusions are formulated and a set of measures is proposed with the aim of effectively using the specific properties of visual illusions when creating new models of clothing. Isolated and grouped the basic means for obtaining the steady effects of visual illusions.*

The practical significance. *The recommendations aimed at deepening the students' study of the course "Fundamentals of Composition and Artistic Graphics", with the aim of using the effect of visual illusions by future specialists in their creative activity in creating new models of clothing, using correction of certain shortcomings of the figure of a person, expanding the possibilities of satisfying the needs of consumers of clothing.*

Keywords: *shortcomings of a person's figure, visual illusions, color, information influence, fashion design.*

УДК 7.017.4:677

МУСІЄНКО В. О.
Київський національний університет технологій та дизайну

КОЛІР ЯК ЗАСІБ ВПЛИВУ НА ЛЮДИНУ ТА ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ КОМПОЗИЦІЇ КОСТЮМА

Мета. *Провести аналіз впливу властивості кольору на відчуття людини, її психоемоційне сприйняття та врахування цих особливостей при розробці нових моделей одягу різного функціонального призначення.*

Методика. *У процесі виконання роботи використано аналітичний метод для обробки науково-технічної інформації та на основі встановлених особливостей і залежностей виявлено взаємозв'язок між впливом властивостей кольору та психоемоційним сприйняттям його людиною. Також необхідно дослідити роль та ефективність використання властивостей кольору для вирішення основних завдань композиції костюма.*

Результати. *Встановлено особливості впливу властивостей кольору на психоемоційне сприйняття його людиною. Показано цілеспрямоване використання властивостей кольору як ефективного засобу виділення форми та вирішення специфічних, конкретних завдань композиції костюма, а саме: визначення головних складових елементів моделі одягу, їх логічне поєднання за допомогою колірних плям, підтримання рівноваги або її порушення, створюючи власний ритм структури.*

Наукова новизна. *Сформовано особливості використання властивостей кольору для формування певного психоемоційного настрою людини, що враховується при розробці ескізів нових моделей одягу. Запропоновано спосіб ефективного використання властивостей кольорів для вирішення основних композиційних завдань у дизайні одягу.*

Практична значимість. *Запропоновані практичні рекомендації використання колірної гами («теплі»; «холодні» кольори) для створення та формування певного психоемоційного сприйняття людиною нових розробок ескізів моделей одягу різного функціонального призначення та визначені методичні напрямки вирішення композиційних завдань дизайну одягу.*

Ключові слова: *асоціації, колір, композиція, модель одягу, психоемоційний стан, дизайн одягу.*

Вступ. Сприйняття властивостей кольору та їх вплив на людину супроводжуються складними психофізіологічними процесами, розуміння яких є необхідною і важливою потребою для дизайнерів, що постійно користуються кольором як засобом творчого вираження у своїй професійній діяльності. При цьому розробники вирішують проблеми ефективного використання властивостей кольору в процесі створення нових зразків моделей одягу різного функціонального призначення та для споживачів будь-якої вікової групи з метою задоволення необхідних вимог та потреб людини.

Практичне використання властивостей кольору та колірних асоціацій для вирішення композиційних завдань нової розробки створює умови та забезпечує ритмічну організацію кольорів, колірних плям для повного та всебічного розкриття творчого задуму автора.

Постановка завдання. Необхідно дослідити особливості впливу властивостей (натхнення, піднесений настрій, байдужість, агресія, пасивність) кольору на психоемоційний стан людини, на її сприйняття цих властивостей, що залежить від індивідуальних особливостей психіки людини, в основі якої лежить відповідний тип (холерик, сангвінік, флегматик, меланхолік) функціонування нервової системи, що проявляється в силі, швидкості, характері перебігу психічних реакцій, а саме: в стійкості, тривалості та яскравості емоційних проявів. Використання основних закономірностей психоемоційного впливу кольору на людину є особливо важливим чинником для вирішення конкретних завдань при

створенні кольорових композицій певного емоційно-смислового спрямування. У творчій роботі дизайнерів одягу використання основ психоемоційного впливу кольору на відчуття людини є особливо важливим фактором при створенні нових зразків одягу.

Результати досліджень. Дослідженнями багатьох вчених встановлено [1-4], що спектральні кольори постійно та по-різному впливають на психоемоційний стан людини, викликаючи та формуючи певні колірні асоціації, які залежать від освіти, віку, роду діяльності, темпераменту, етнічної приналежності людини. Колірні асоціації виникають і формуються внаслідок суб'єктивних та об'єктивних вражень кожної людини від побаченого і залежать від насиченості кольору, створюючи більш стійкі та тривалі реакції. Системний аналіз проблем психоемоційного впливу властивостей кольору на людину дозволяє об'єднати за їх властивостями в дві групи, а саме:

- хроматичні кольори – включають спектральні кольори та пурпурний, який відсутній у спектрі. Ці кольори спектру є найбільш насиченими;
- ахроматичні кольори – включають білий, чорний та всю градацію сірого - від білого до чорного. Ахроматичні кольори не мають насиченості.

Також за своїми властивостями всі спектральні кольори прийнято ділити на «теплі» та «холодні». До «теплих» кольорів належать жовто-червона, жовта та жовто-зелена частина світлового спектру, яка знаходить в діапазоні 780 – 510 нм. Кольори «теплої» частини спектру вважаються активними, властивості яких збуджують, хвилюють, прискорюють основні процеси життєдіяльності людини, покращують самопочуття, створюють піднесений настрій, підвищують працездатність, як фізичну, так і розумову. Ефективність психоемоційного впливу кольору на людину безпосередньо пов'язана з довжиною хвилі певного кольору світлового спектру. Так, кольори довгохвильової частини спектру (в діапазоні 780 – 600 нм) – червоні, жовтогарячі викликають збудження, стають джерелом енергії.

До «холодних» кольорів належать пурпурні, фіолетові, сині та блакитні з частини світлового спектру, які знаходяться в діапазоні 380 – 510 нм. Кольори «холодної» частини світлового спектру вважаються пасивними і викликають відчуття певного гальмування деяких процесів життєдіяльності людини, створюють пригнічений меланхолічний настрій. Кольори короткохвильової частини світлового спектру (в діапазоні 380 – 460 нм) – блакитні, сині – створюють відчуття певного гальмування деяких функціональних систем людського організму, сприяючи відновленню нервової системи, зниженню величини артеріального тиску та внутрішньої напруженості.

Кольори середньохвильової частини світлового спектру (в діапазоні 590 – 480 нм) – зелені, жовто-зелені, викликають у людини відчуття спокою, розсіюють та пом'якшують негативні емоції [4, 5].

Виділені нами особливості психоемоційного впливу кольору на людину, планується постійно використовувати при розробці нових моделей одягу та у навчальному процесі, розширюючи творчі можливості майбутніх розробників нових зразків одягу .

Також необхідно виділити особливий естетичний та психологічний вплив, який здійснюють на людину сполучені кольори – родинні, родинно-констрастні та контрастні. Ефект такого впливу визначається відповідним співвідношенням кольорів, які проявляються в композиції костюма та використовуються як художні засоби для створення єдності

основних елементів форми, моделі, забезпечують їх гармонійний зв'язок. Рівень такої єдності в композиції костюма проявляється такими конкретними характеристиками як тотожність, нюанс, контраст, ритм, активність, пасивність, симетрія та асиметрія. Такі специфічні засоби композиції дизайнер обирає не довільно, а з обов'язковим урахуванням, багато інших важливих, додаткових факторів серед яких є: функціональність моделі (святковий, урочистий, діловий, для активний відпочинку і т.п.), соціально-вікова орієнтація (дитячий, підлітковий, жіночий, одяг для людей середнього та похилого віку). З метою задоволення потреб споживача розробники нових моделей одягу, обов'язково враховують уподобання та переваги певних колірних гам для конкретних груп населення. Для створення у споживача певного настрою та позитивного зорового сприйняття нової розробки, необхідно підібрати і передавати відповідну кольорову гамму в запропонованій моделі при дотриманні логічної та гармонійної узгодженості використаних кольорів. Особливо необхідно виділити, що найбільш виразною характеристикою форми моделі є її колір, який активно формує психоемоційне її сприйняття, яскраво виділяє інші особливі властивості нової розробки (величину, масу, об'єм, фактуру і т. п.). Також колір стає ефективним засобом формування та дотримання вимог композиції. Тобто, колір першим створює інформаційне поле про особливості нової моделі та раніше інших визначальних факторів, викликає певні враження та оцінки розробки у глядачі. Серед вимог до композиційної побудови нової моделі необхідно виділити гармонійну єдність всіх складових елементів розробки, які задовольняють основні її функціональні вимоги. Для створення ефективної, гармонійної моделі необхідно забезпечити єдність та взаємозв'язок між головними і допоміжними елементами, між загальною формою та її частинами. Такі вимоги до нових моделей можна забезпечити шляхом виконання основних законів композиції.

Приклади психоемоційного сприйняття кольору людиною можна продемонструвати та відчути при аналізі зразків моделей, представлених на рис. 1

а б в г

Рис. 1. **Приклади психоемоційного сприйняття кольору в композиції костюма**

Аналіз представлених моделей дозволяє зробити висновки, а саме:

- модель (рис. 1, а) виконана в червоному кольорі, який створює відчуття впевненості сили, сприяє підвищенню працездатності людини, активізує роботу залоз внутрішньої секреції та одночасно підсилює творчі задатки особистості;
- модель (рис. 1, б) виконана в синьому кольорі та сприймається людиною як колір стабільності, самовідданості, сприяючи відновленню нервового перенапруження людини, виділяючи певні позитивні характеристики (впевненість, організованість);
- модель (рис. 1, в) виконана в зеленому кольорі, який сприймається людиною як колір, що допомагає послабити негативні емоції, нормалізувати нервове напруження, виділяючи при цьому особисті характеристики (працездатність, прагнення допомогти іншим) людини;
- модель (рис. 1, г) виконана в ахроматичному (сірому) кольорі та сприймається людиною як колір мудрості, який надає сили та впевненості людині, виділяючи її позитивні характеристики (розсудливість, реалізм).

Одним із таких законів композиції є дотримання симетричного розташування складових елементів нової розробки. Однак, включення до нової моделі елементів, які порушують симетрію і рівновагу, вносять до структури відчуття руху та динамічного неспокою. Також, важливою складовою в дотриманні симетрії композиції моделі є раціональне використання властивостей кольору, які створюють та викликають певні асоціації (вагові, просторі, фактурні, температурні, смакові і т. п.). У композиції нової розробки відчуття рівноваги досягаються шляхом ефективного розподілу як самого кольору, так і відповідних тонових відношень. Необхідно також виділити, що дієвим засобом композиції є використання колірного контрасту, контрастно-додаткового або більш спокійного контрастно-спорідненого, які часто виступають як визначальні фактори у розкритті художньо-естетичних особливостей одягу.

При цьому необхідно знати, що при поєднанні контрастних кольорів меншої за розмірами площі, колір створює більш активну форму. Контраст є ефективним засобом композиції, однак, його необхідно раціонально використовувати лише в одному або, в крайньому випадку, в двох складових елементах форми, а решта елементів повинні бути з’єднані за принципом нюансу. Недотримання цього основоположного принципу композиції викликає нерозуміння та несприйняття моделі і веде до порушення композиційної побудови та формує негативні враження у глядача. Для логічної, умотивованої організації та об’єднання складових елементів форми, їх упорядкування використовують дієвий засіб композиції – ритм. Ритм створює у формі моделі композиційний рух, який може впливати на сприйняття динамізму, шляхом його підсилення або ослаблення, використовуючи кількісний характер складових елементів, їх тонову та колірну насиченість. Особливе значення у вирішенні проблем композиції відіграє ритмічна організація складових кольорів, де колір спрямований на виконання різних функцій, а саме: як основний елемент композиції, але залежний від іншого більш важливого композиційного фактору, або виступає як головний, визначальний фактор, який створює об’єктивні умови для всебічного, повного розкриття та висвітлення творчого задуму автора. При ритмічній організації кольорів в композиції моделі особливе значення надається психоемоційним відчуттям (позитивні, негативні), які формують

певні кольори, що ефективно виділяють масу, форму, об'єм та фактуру нової розробки. За допомогою особливостей ритмічної організації колірних складових елементів моделі вдається створити ефектні, хроматичні композиції, які дозволяють забезпечити позитивне художньо-естетичне сприйняття нової моделі. [5]. Одне із важливих завдань композиції при створенні нової моделі, базується на врівноваженому розміщенні складових кольорових елементів, дотримуючись певної симетрії, а за допомогою використання різних аксесуарів, композицію можна зробити більш динамічною та активною. Також важливим складовим елементом композиційної узгодженості кольорової гармонії нової розробки є здатність кольорової композиції за рахунок тону, насиченості кольору формувати та створювати власне розуміння запропонованої моделі. Особлива композиційна функція кольору полягає в його ефективних можливостях акцентувати та концентрувати увагу глядача на найбільш важливих елементах нової розробки та виділити їх, створюючи умови для розуміння та логічного сприйняття моделі. Дизайнер, створюючи нову модель, повинен знати та розуміти кольорові уподобання різних категорій населення, яке може стати потенційними споживачами, визначаючі при цьому домінуючі та доповнюючи кольори, що закладені в основу конструкції та розвитку образу, змінюючи психофізичні якості моделі.

Висновки. Проведений аналіз впливу властивостей кольору на психоемоційне сприйняття його людиною, на виникнення певних колірних асоціацій, настроїв, які необхідно обов'язково враховувати дизайнерами при розробці нових моделей одягу різного функціонального призначення.

Використання певних колірних асоціацій (вагових, просторових, фактурних, температурних, смакових) дозволить ефективно формувати та вирішувати конкретні задачі композиції (симетрія, рівновага, ритм, статика, динаміка, цілісність складових елементів форми), які необхідно впроваджувати при розробці сучасних моделей. При цьому необхідно знати та враховувати, що колір є першим чинником, який «впадає» в око глядача і формує його оцінку нової розробки.

Запропонована методика буде використана в навчальному процесі при вивченні курсу «Композиція костюма та художня графіка», який спрямований на розширення творчих можливостей майбутніх дизайнерів одягу.

Засвоєння і раціональне використання в практичній творчій діяльності дизайнерів основних закономірностей психоемоційного впливу властивостей кольорів на людину є обов'язковим елементом при розробці нових моделей та створенні композицій певного емоційно-смислового характеру для людей різного віку, статі, професій та темпераментів.

Поглиблене вивчення і розуміння впливу властивостей кольору на психоемоційний стан людини, на вирішення завдань композиції дозволить майбутнім дизайнерам створювати нові ефектні моделі одягу різного функціонального призначення, які користуються попитом на внутрішньому та зовнішніх ринках.

Література

1. Арнхейм Р. Исскуство и визуальное восприятие. – М.: «Прогресс», 1974. – 390 с.

References

1.Arnheym R. Isskustvo i vizualnoe vospriyatie. – M.: «Progress», 1974. – 390 p. [in Russian].

2. Грегори Р. Л. Глаз и мозг. Психология зрительного восприятия. – М.: «Прогресс», 1970. – 203 с.
3. Клапцов Ю. В. Емоційно-психологічні проблеми особистості в умовах виробничої діяльності. / Клапцов Ю. В., Мусієнко В. О., Панасюк І. В. // Вісник КНУТД. – 2010. – №5(3). – С. 10-12.
4. Миронова Л. Н. Цветоведение. – Минск.: Изд. «Выш. школа», 1984. – 263 с.
5. Печенюк Т. Кольорознавство. – К.: Грані-Т, 2010. – 192 с.

2.Gregori R. L. Glaz i mozg. Psihologiya zritelnogo vospriyatiya. – M.: «Progress», 1970. – 203 p. [in Russian].
3.Klaptsov Yu. V. Emotsiyno-psykholohichni problemy osobystosti v umovakh vyrobnychoyi diyal'nosti. / Klaptsov Yu. V., Musiyenko V. O., Panasyuk I. V. // Visnyk KNUTD. – 2010. – №5(3). – P. 10-12 [in Ukrainian].
4.Mironova L. N. Tsvetovedenie. – Minsk.: Izd. «Vyish. shkola», 1984. – 263 p. [in Russian].
5.Pechenyuk T. Kol'oroznavstvo. – K.: Hrani-T, 2010. – 192 p. [in Ukrainian]

ЦВЕТ КАК СРЕДСТВО ВЛИЯНИЯ НА ЧЕЛОВЕКА И РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ КОМПОЗИЦИИ КОСТЮМА

МУСИЕНКО В. А.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. *Провести анализ влияния свойств цвета на ощущения человека его психоэмоциональное восприятие и учет этих особенностей при создании новых моделей одежды различного функционального назначения.*

Методика. *В процессе выполнения работы использован аналитический метод для обработки научно-технической информации и на основе установленных особенностей и зависимостей выявлено взаимосвязь между влиянием свойств цвета и психоэмоциональным восприятием его человеком. Также необходимо исследовать роль и эффективность использования свойств цвета для решения основных требований композиции костюма.*

Результаты. *Установлены особенности влияния свойств цвета на психоэмоциональное восприятие его человеком. Показано целевое использование свойств цвета как эффективного средства выделения формы и решения специфических, конкретных требований композиции костюма, а именно: определение главных составляющих элементов модели одежды, их логическое соединение с помощью цветных пятен, поддержание равновесия или его нарушение, создавая собственный ритм структуры.*

Научная новизна. *Сформулированы основы использования свойств цвета для формирования определенного психоэмоционального настроения человека, которое учитывается при разработке эскизов новых моделей одежды. Предложенный способ эффективного использования свойств цвета для решения основных композиционных требований в дизайне одежды.*

Практическая значимость. *Предложены практические рекомендации использования цветовой гамы («теплые», «холодные» цвета) для создания и формирования определенного психоэмоционального восприятия человеком новых разработок эскизов моделей одежды различного функционального назначения и определены методические направления решения композиционных требований дизайна одежды.*

Ключевые слова: *ассоциации, цвет, композиция, модель одежды, психоэмоциональные состояние, дизайн одежды.*

COLOR AS MEANS OF INFLUENCE ON A PERSON AND SOLVING SUIT COMPOSITION TASK

MUSIYENKO V.
Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. *To conduct an analysis of the influence of the color properties on a person's sensations, their psycho-emotional perception and consideration of these features when creating new models of clothing for various functional purposes.*

Methods. *In the process of performing the work, a method of theoretical and analytical analysis of scientific and technical information was used and, on the basis of the revealed features and dependencies, the relationship was revealed between the influence of color properties and the psychoemotional perception of it by a person. It is also necessary to further explore the role and the effectiveness of using color properties to solve the basic tasks of the composition of a costume.*

Results. *The peculiarities of the influence of color properties on psychoemotional perception of a person have been revealed. The targeted use of color properties as an effective means of determining the shape and solving specific problems of the composition of a suit is shown, namely: determining the main constituent elements of the clothing model, their logical connection by means of color spots, maintaining the equilibrium or breaking it, creating the own rhythm of structure.*

Scientific novelty. *The principles of using color properties for the formation of a certain psycho-emotional mood of a person are formulated, which should be taken into account when developing sketches for new clothes. The method for the effective use of color properties for solving basic composition problems in the design of clothing is proposed.*

The practical significance. *The practical recommendations for the use of color gamma ("warm", "cold" colors) for creating and shaping a certain psycho-emotional perception of new development of sketches of different functional models are defined and methodical recommendations for solving composite design problems are proposed.*

Keywords: *association, color, composition, fashion model, psycho-emotional state, fashion design.*

УДК 7.05:687.01

ЧУПРІНА Н. В., ПОСТУШНА Ю. О.
Київський національний університет технологій та дизайну

ТРАНСФОРМАЦІЯ ФОРМИ, СТРУКТУРИ ТА КОЛОРИТУ ТРАДИЦІЙНОГО ВБРАННЯ НАРОДІВ СКАНДИНАВІЇ З МЕТОЮ РОЗРОБКИ КОЛЕКЦІЇ АКТУАЛЬНОГО ОДЯГУ

Мета. *Аналіз структурних характеристик національного костюма, його орнаментики, кольорів та форми з подальшою трансформацією основних компонентів, для створення сучасної колекції одягу.*

Методика. *В ході роботи проведено дослідження форми на різних рівнях: системно-структурному, матеріально-декоративному, конструктивному та пластичному; виділено відповідні для кожного рівня прийоми гармонізації композиції костюма.*

Результати. *Проведені дослідження дають можливість адаптації знакових компонентів традиційного вбрання та формують шляхи трансформації національного костюма в сучасний образ.*

Наукова новизна. *В роботі визначено основні структурні характеристики формоутворення національного вбрання, які доцільно трансформувати при створенні актуального проектного образу в індустрії моди та при розробці колекцій модного костюма в сегменті массового споживання.*

Практична значимість. *Проведені проектні дослідження надали можливість обрати деякі складові національного костюма вивчаємих країн, які відіграють знакову роль в проектованій колекції та передають символізм скандинавських традицій дизайну костюма. Також завдяки детальному аналізу першоджерела був створений ескізний ряд моделей колекції одягу.*

Ключові слова: *індустрія моди, дизайн костюма, колекція одягу, трансформація костюма, художньо-композиційні компоненти, проектний образ.*

Вступ. Насьогодні у світі моди домінує тенденція традиційності, провідні дизайнери та Будинки моди роблять наголос на поверненні до національних витоків, завдяки чому костюм того чи іншого народу, є творчим джерелом для сучасних модних образів. Розвиток скандинавського стилю, як окремого напрямку в дизайні почався в восьмидесятих роках XIX століття. Основою та опорною точкою в його створенні і розвитку була концепція: «більше красивих речей на кожен день». З ростом і прогресом у промисловості поліпшувалася якість життя людини, а відтак вимагається створення більш удосконалених предметів побуту та одягу, які були б доступними кожній людині [1]. Вказана тема є актуальною, завдяки своїй багатогранності, бо стилістика та проектні традиції країн Скандинавії досить самобутні та колоритні, що дає величезний шар для реалізації ідей у сфері дизайну. Розглянувши традиції, звичаї, обряди і народні костюми Фінляндії, Швеції і Норвегії можна сказати, що саме ці країни мають, як загальні, так і різні між собою характерні риси. Вони надають можливість проекспериментувати з формами, колірними поєднаннями та декоративним наповненням, і саме вони є основними у створенні колориту колекції. Саме на основі представлених особливостей проводиться пошук шляхів їх творчої трансформації у сучасні гармонійні моделі одягу.

Постановка завдання. Відповідно до мети даної роботи – визначення принципів трансформацією основних компонентів та структурних характеристик національного костюма, його орнаментики, кольорів та форми для створення актуального проектного образу, можна виокремити завдання, яке полягає у детальному розгляд ролі національних костюмів Швеції, Фінляндії та Норвегії в контексті сучасного створюваного одягу за допомогою вилучення особливих рис костюму та їх подальшої адаптації у сучасних формах

модного одягу масового споживання. В свою чергу це надає можливість обирати певні елементи, які вважаються знаковими у процесі розробки та створенні актуальних проектних образів згідно з модними тенденціями 2018 року.

Результати дослідження. Принципи скандинавського дизайну беруть свій початок приблизно в 1880 році, і до цього часу є актуальними та розвиваються в різних напрямах. Слід зазначити, що скандинавський стиль в одязі – це величезна складова всього скандинавського дизайну. Він виділяється завдяки своїй простоті та лаконічності, так само в ньому простежується чистота ліній і певні відгомони автентичності. Одяг цього стилю ввібрав в себе всю різноплановість і натуральність, яка притаманна природі Скандинавії. Багато дизайнерів, які звертаються до даного стилю, шукають натхнення в природі, яка багата своїми незліченними лісами, озерами, горами і довгими фіордами. Сучасні марки одягу, що працюють в скандинавському напрямі, отримали величезну популярність у Швеції, Данії та Норвегії. Даний факт не дивує, тому що має історичні передумови. А саме те, що аскетизм – це вихідне явище лютеранства, а саме ця релігія була, більшою мірою, поширена на території скандинавських країн. Лютерани тяжіють до стриманості і поміркованості у всіх життєвих проявах, починаючи побутом і закінчуючи поведінкою. Саме ця релігійна течія вплинула на манеру одягу північних народів [2].

Однією з основних передумов скандинавського стилю є аскетичність побуту країн Скандинавії. Виходячи з цього твердження, можна сказати, що цей стиль має дві складові – це мінімалізм, як вихідне явище аскетизму та конструктивізм, як показник нордичності північних країн. По суті, ці два складових компоненти є основоположниками даного стилю. Якщо ж заглибитися і більш точно розібрати елементи та структуру скандинавського стилю, то також можна виділити такі поняття, як простота, класика, лаконічність і монохромність. Слід зазначити, що такі поняття, як «аскетичність» і « простота» слід розглядати не в негативному і не представляюємому інтересу ключі, а скоріше, як «родзинку», свого роду особливість, яка в той же час є цінністю даного стилю [3].

Колекції скандинавських дизайнерів, на даний момент, користуються великим попитом, завдяки чому з кожним роком з'являються нові дизайнери та бренди, які просувають цей стиль (рис. 1, 2). Скандинавський стиль, не обтяжує споживача дорогими речами, які часто не підходять для повсякденного носіння. Цінова політика таких речей колишеться від середнього і до трохи вище середнього рівня. Коливання ціни залежить від якості матеріалу, з яких виготовляється одяг та розрекламованості бренду. Виріб, придбаний у скандинавській стилістиці, не буде вводити вас в оману, з чим його носити, тому що дана річ повністю вписується в гардероб і буде служити гарним доповненням. Скандинавський мінімалізм в одязі, це «ковток повітря» у сфері модної індустрії, оскільки світ втомився від нескінченно нагромаджених різнобарвних принтів, невимовних колірних рішень і вигадливих форм. Цей стиль тримається на реалістичності і розсудливості, а ці вирази не схожі з концепцією високої моди [4].

Рис.1. **Монохромність скандинавського мінімалізму**

Рис.2. **Мінімалізм у моделях одягу скандинавського бреду COS**

Це зручний одяг, який прослужить довго. Він зараз саме те, що нерідко шукають модниці і модники, втомлені від погоні за модними тенденціями. А враховуючи назріваючу кризу в сфері економіки, можна вважати, що це вигідне вкладення своїх коштів. Тому варто звернути увагу на дизайнерів з Фінляндії, Норвегії та Швеції, тим більше, що досить приємно відвідувати світлі, маленькі магазинчики, в яких інтер'єр виконаний також у скандинавському стилі, і де сам дизайнер підкаже чи допоможе підбере щось унікальне [5]. Привабливість костюма скандинавських країн полягає в його естетичності, функціональності і раціональності в крої. Завдяки цьому, за методом системно–структурного аналізу форми, були виведені прийоми гармонізації композиції костюма для їх подальшого використання в колекції (рис.3).

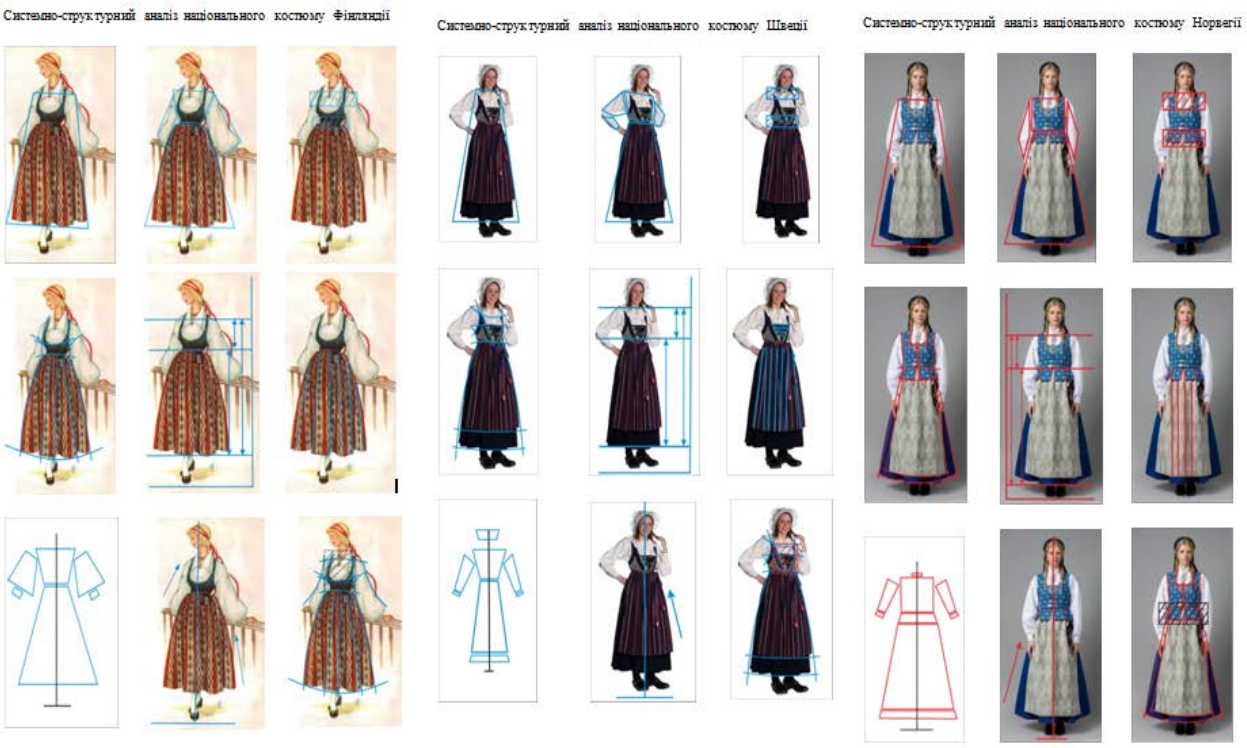


Рис.3. **Системно–структурний аналіз костюмів Фінляндії, Швеції та Норвегії**

Звичка вдягатися просто, лаконічно, але в той же час зі смаком, має також культурні передумови. Безліч скандинавських марок черпають своє натхнення від архітектури або інтер'єрного дизайну. Такі фірми, як Arne Jacobsen і Bang & Olufsen є яскравими представниками датського функціоналізму, створювані об'єкти яких, є предметами мистецтва. А розглядаючи колекції одягу скандинавських дизайнерів можна стверджувати, що дані об'єкти мистецтва є їх рушійною силою і слугують джерелом натхнення, завдяки чому одяг добре виглядає не тільки з естетичного аспекту, але й з функціонального.

Щодо загальних модних тенденцій сезону весна – літо 2018, треба відмітити, що вагому роль відіграватимуть такі поняття, як комфорт та практичність. Основними кольорами вважатимуться синій, червоний, колір слонової кістки, бежевий, сірий та гірчичний. В цілому треба відмітити, що модні тенденції представленого сезону мають неодноразові точки зіткнення зі стилістикою костюмів країн Скандинавії. У підсумку обираються схожі елементи, які стають знаковими у процесі розробки сучасного одягу. Внаслідок чого провідні позиції сучасної моди утримує такий стиль, як «оверсайз», який є актуальним вже не перший сезон поспіль. Отже, на основі систематизації елементів народного костюма та сучасних образів модної індустрії сформована схема, яка наглядно відображає перехід мотивів національного костюма в моделі сучасного одягу на прикладі костюму Швеції (рис.4).

Рис.4. **Приклад систематизації елементів на основі національного костюма Швеції**

На основі представленої схеми відображено перехід форми, цікавої композиції, фактурного та орнаментального рішення національного традиційного проектного образу в актуальний та модний. Однак, створюючи сучасні моделі одягу, не можна обмежуватися простою стилізацією, механічним зв'язком народних мотивів, будувати ескізи тільки на інтуїтивному та суто асоціативному враженні. Використання національного костюма в якості першоджерела сприяє збагаченню і художньому розвитку нових моделей одягу з особливим відтінком нордичності.

Отже, в даному контексті, актуальною є задача дослідження фінського, шведського і норвезького народних костюмів, як художньої системи, а також пошук шляхів їх творчої трансформації у сучасні гармонійні моделі одягу. Процес формоутворення сучасного костюма на основі народних принципів представлено далі, на схемі (рис.5).

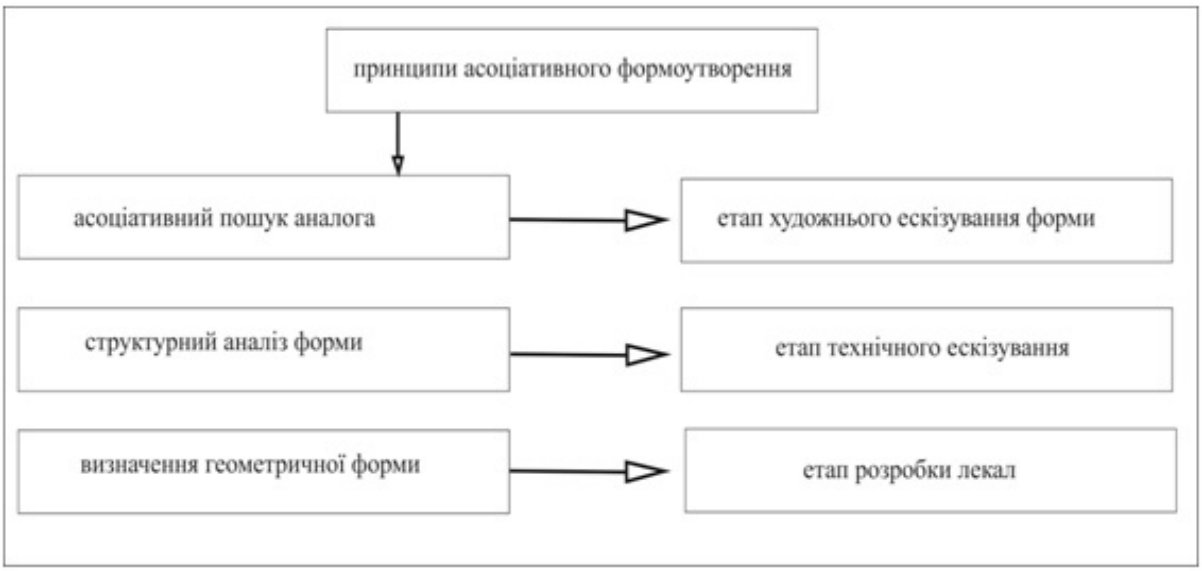


Рис.5. **Алгоритм утворення сучасного модного образу на основі аналога**

На основі аналізу народних костюмів визначено головні принципи використання їх форм у художньому проектуванні нових моделей жіночого одягу:

- Аналогічність формоутворення народного костюму з деякими складовими сучасного костюма (сорочка, спідниця з подолом, сукня);
- Схожі силуетні образи та елементи народного костюма з сучасними проектованими моделями одягу (приталеність яка присутня в народних костюмах та в проектованій колекції);
- Проектування бази одягу за принципом функціональності та образно асоціативної виразності костюма (функціональність виявляється в складових образа, а виразність досягається за допомогою декорувальних прийомів, які розроблені на основі декорування народного костюма).

В ході дослідження основних тенденцій формоутворення народних костюмів Північного регіону Європи виявлено комплекс конструктивних та композиційних структур, які дають можливість виявити логічну побудову, гармонійність форм і високий художній підхід до формування проектного образу споживача. На основі цього, проведено

морфологічний аналіз, який передбачає підбір та взаємопоєднання допустимих конструкторських елементів, що представлено в таблиці (рис.6).

У деяких моделях одягу, в якості декору, використовується скандинавська орнаментика, представлені зразки якої піддаються безпосередньому дослідженню та структурній систематизації, що надає можливість виділити низку аналогічних композиційно – графічних побудов на основі яких базуються декілька видів орнаментів, які в решті решт переноситься на сучасні моделі костюма [6].

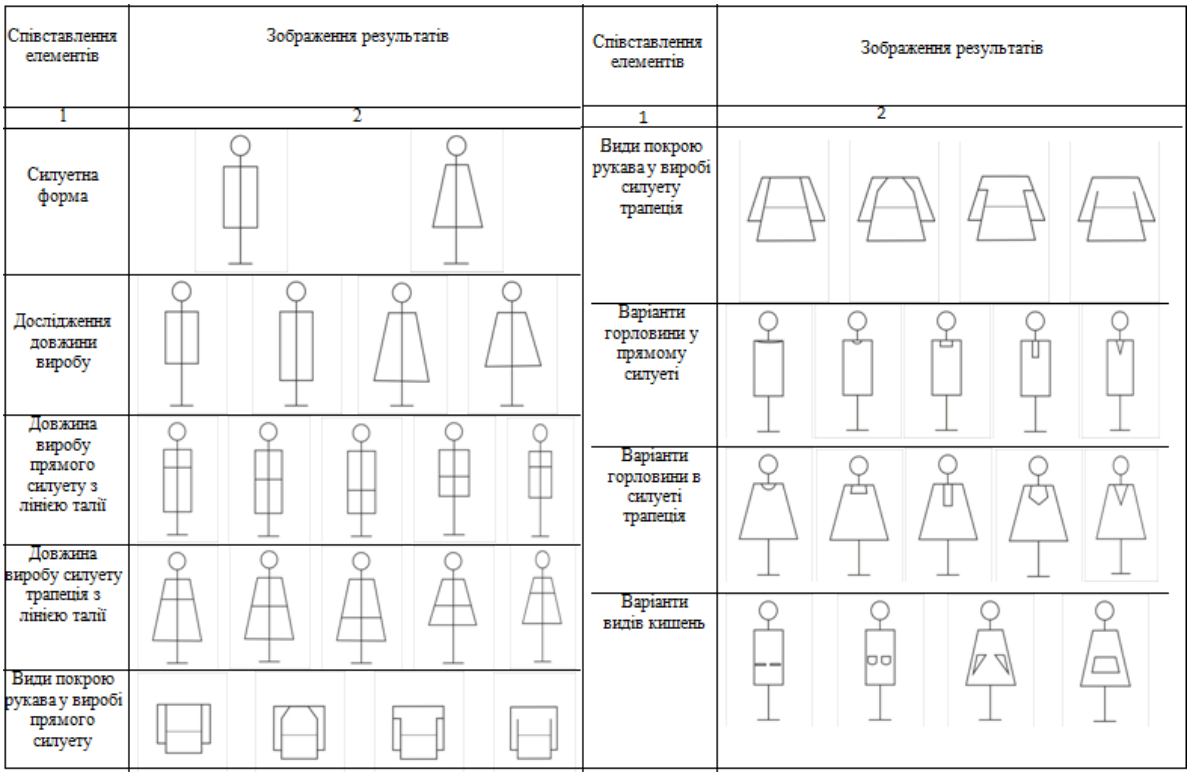


Рис.6. **Результати морфологічного аналізу костюмів**

Традиції національного вбрання скандинавських країн актуальні в наш час, тому що їх історична основа набуває особливої естетичної цінності та дозволяє збагачувати його новими функціями, такими як інформаційно-формуюча та художньо-естетична.

Варто відзначити, що цінність народного костюма полягає не тільки у застосуванні його декоративної частини, але і у функціональній складовій. Історично склалося, що народний костюм багатьох країн, зокрема і Скандинавських, має кілька шарів. Наприклад, костюми Швеції, Данії та Норвегії в цілому складаються з сорочки, жилета або жакета, спідниці і фартуха, які одягаються в певній послідовності та разом утворюють єдиний ансамбль. Саме ця особливість костюма дає сучасній моді тенденцію до багатошаровості, яка на даному етапі переживає новий пік популярності .

Багатошарове носіння одягу – це прийом, який наслідують безліч брендів для отримання цілісного образу і гармонійних поєднань в одязі, як за кольором, так і за формою.. Тобто, структурно моделі складаються з декількох шарів, завдяки чому присутня легкість, яка обумовлюється модними тенденціями сезону весна – літо 2018 року, та простежується

відгук скандинавського клімату, бо суворі зими, і не особливо теплий весняно-літній період зобов'язує замислюватись про комфорт, затишок і теплоту одягу (рис.7).

Рис.7. **Багатошаровість в комплектах одягу скандинавських брендів**

Багатошаровість дає можливість людині виражати себе через призму одягу і манеру її носіння. Тому, розглядаючи культуру, побут і клімат країн Скандинавії, простежується певна нордичність, яка залишає свій відбиток не тільки на тенденціях сучасної моди, але й на потенційному споживачеві. А отже, актуальний проектний образ, створений за такими принципами, будується на визначених принципах багатошаровості:

- Образ складається від простого до складного, тому що велика кількість складових образу не завжди є доречною та естетично важливою.
- Двоє і більше елементів одягу, виконані з однакової тканини, не поєднуються між собою в одному ансамблі.
- Не комбінуються яскраві і строкаті принти в одному образі.
- Колірна палітра багатошарового ансамблю не пістрявіє розмаїттям фарб. Для вдалого й елегантного образу використовується правило трьох кольорів, або: слід підбирати доповнюючи один одного кольори за допомогою їх відтінків та тональних переходів.
- Кожен нижній шар одягу має мати довжину більше верхнього, завдяки чому можна побачити всі шари в одязі і вловити суть багатошарового образу (виключенням є поєднання прозорих та щільних тканин).
- Використання різних аксесуарів доповнює створений образ і так само створює ефект багатошаровості.
- Прозорість. Фатин комбінується з габардином інших кольорів та відтінків, в наслідок чого ефект багатошаровості досягається за рахунок прозорості та кольору.

Слід зазначити, що поява нових функцій на сучасному етапі диктується виникненням нових форм побутування костюма через призму формування етнокультурного простору скандинавського регіону. Внаслідок цього, кожна нова функція дає можливість створювати нові костюмні форми, використовуючи народний костюм, як історичне першоджерело. Завдяки даному факту, його естетична цінність зростає, і костюм виступає, як художній твір, який розглядається на рівні соціокультурного об'єкта.

Висновки. В ході опрацювання проектно-дослідного матеріалу були виявлені основні принципи побудови сучасної колекції одягу, розглянуто основні принципи багатошаровості,завдяки яким сформовані цілісні образи колекції, котрі можливо комбінувати між собою. Шляхом досліджень модних тенденцій, було з'ясовано, що з модних подіумів не сходять моделі, виконані саме в мінімалістській стилістиці, а за прогнозами на весну - літо 2018 – це явний тренд. Виходячи з цих даних, можна сміливо стверджувати, що скандинавський стиль в поєднанні з мінімалізмом будуть відмінно гармоніювати в естетичному плані і дане поєднання – це те, що чекає споживач в майбутньому сезоні. Відповідно, обрана тема дослідження дає змогу повною мірою вивчити форму, структуру і колорит національного костюма народів Скандинавії, за для чого в даній роботі проаналізовано всі складові національного костюма, а згодом вибрані певні елементи, які стали знаковими у процесі розробки та створенні колекції актуального модного одягу.

Література

1. Іванова Л. С. Шведський народний костюм як символ національної ідентичності / Л. С. Іванова. – М.: РДГУ, 2008. – 503 с.
2. Демшина А. Ю. Мода в контексті візуальної культури: друга половина XX – початок XXI ст.: навч. посібник / А.Ю. Демшина. – СПБ.: Астеріон, 2009. – 170 с.
3. Стиль мінімалізм в одязі. Образ в стилі мінімалізм [Ел. ресурс] / Інтеренет-журнал Lulul.– 2016. Режим доступу: http://lulul.ru/stil-minimalizm-v-odezhde/
4. Скандинавський стиль в одязі – елегантна простота [Ел. ресурс] / Інтернет - журнал Wtalks.com.– 2016. – Режим доступу: http://wtalks.com/skandinavskiy-stil-v-odezhde-elegantnaya-prostota
5. Скандинавський стиль: Мінімалізм VS Висока мода [Ел. ресурс] / Інтернет - журнал Ladyatlantica. – 2016. – Режим доступу: http://ladyatlantica.blogspot.com/2015/vs.html
6. Чупріна Н.В. Ресурсозбереження як принцип розробки екологічно орієнтованого модного одягу в сучасній індустрії моди / Н.В. Чупріна. – Вісник КНУТД, 2014. - №5. – С. 219 - 225

References

1. Yvanova L. S. (2008). *Shvedskyi narodnyi kostium kak symvol natsyonalnoi ydentychnosty*. Moscow. [In Russian].
2. Demshyna A. Iu. (2009). *Moda v kontekste vyzualnoi kultury: vtoraia polovyna XX – nachalo XXI v* Snt.Petersburg. [In Russian].
3. Styl minimalizm v odiazi. Obraz v styli minimalizm (2016). Sait Internet-zhurnalu “Lulul” [Site of journal “Lulul”]. http://lulul.ru. Retrieved from: http://lulul.ru/stil-minimalizm-v-odezhde/ [In Russian].
4. Skandynavskyi styl v odiazi – elegantna prostota (2016). Sait Internet-zhurnalu “Wtalks.com” [Site of journal “Wtalks.com”]. http://wtalks.com. Retrieved from: http://wtalks.com/skandinavskiy-stil-v-odezhde-elegantnaya-prostota [In Russian].
5. Skandynavskyi styl: Minimalizm VS Vysoka moda (2016 Sait Internet-zhurnalu “Ladyatlantica” [Site of journal “Ladyatlantica”]. http://ladyatlantica. blogspot. com. Retrieved from: http://ladyatlantica.blogspot.com/2015/vs.html [In Russian].
6. Chuprina N.V. (2014). Resursozberezhennia yak pryntsyp rozrobky ekolohichno oriientovanoho modnoho odiahu v suchasnii industrii mody [Resource-Saving As An Elaboration Principle Of Ecologicaly Oriented Fashionable Clothes In Fashion Industry]. – Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universitetu tekhnolohii ta dyzainu – Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design, Vol 5, 219 – 225 [In Ukrainian]

ТРАНСФОРМАЦИЯ ФОРМЫ, СТРУКТУРЫ И КОЛОРИТА ТРАДИЦИОННОГО УБРАНСТВА НАРОДОВ СКАНДНАВИИ С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ КОЛЛЕКЦИИ ОДЕЖДЫ

ЧУПРИНА Н. В., ПОСТУШНАЯ Ю. А.
Киевский национальный университет технологий и дизайна

***Цель**. Анализ структурных характеристик национального костюма, его орнаментики, цветов и формы с последующей трансформацией основных компонентов, для создания современной коллекции одежды.*

***Методика.** В работе использован литературно-сравнительный анализ, который позволяет детально рассмотреть характеристики формообразования костюма, исследовать природу его возникновения и роль в целостном образе. Для определения основных приемов формообразования костюма применен системно–структурный анализ, который предполагает определенную степень абстрагирования при анализе формы костюма. В ходе работы проведено исследование формы на различных уровнях: материально–декоративном, конструктивном, колористическом, или пластическом; выделены соответствующие для каждого уровня приемы гармонизации композиции костюма.*

***Результаты.** Проведенные исследования дают возможность адаптации знаковых компонентов традиционного наряда и формируют пути трансформации национального костюма в современный образ.*

***Научная новизна.** В работе определены основные структурные характеристики формообразования национального наряда, которые целесообразно трансформировать при создании актуального проектного образа в индустрии моды и при разработке коллекций модного костюма в сегменте массового потребления.*

***Практическая значимость.** Проведенные проектные исследования предоставили возможность выбрать некоторые составляющие национального костюма изучаемых стран, которые играют знаковую роль в проектируемой коллекции и передают символизм скандинавских традиций в дизайне костюма. Также благодаря детальному анализу первоисточника был создан эскизный ряд моделей коллекции одежды.*

***Ключевые слова:** индустрия моды, дизайн костюма, коллекция одежды, трансформация костюма, художественно-композиционные компоненты, проектный образ.*

TRANSFORMATION OF THE SHAPE, STRUCTURE AND COLOR OF THE SCANDINAVIAN TRADITIONAL GARMENTS TO DEVELOP CLOTHING COLLECTIONS

CHOUPRINA N. V., POSTUSHNAYA Y. A.
Kyiv National University of Technologies and Design

***Purpose.** Analysis of the structural characteristics of the national costume, its ornamentation, colors and shapes for subsequent transformation of the main components, to create a modern collection.*

***Methodology.** In the work it is used literary-comparative analysis, which allows to consider features of formation of a suit, to investigate the nature of its occurrence and role in a holistic manner. To identify the main methods of suit formation is applied the system-structural analysis, which involves a degree of abstraction in the analysis of the shape of the suit. In the course of work it is used the investigation of the shape at different levels: material-decorative, structural, coloristic, or plastic; the techniques of harmonization of the composition of the costume are allocated for each level.*

***Findings.** The conducted researches give the possibility of adaptation of the iconic components of traditional garments form the vector of transformation of national costume in modern way.*

***Originality.** The paper identifies the major structural characteristics of the national outfit formation that is advisable to transform during creating the actual image in the fashion industry and the development of collections of fashion costume in the segment of mass market.*

***Practical value.** Carried out information provides the opportunity to choose some of the components of the national costume of the studied countries, that play a significant role in the design of the collection and transmit the symbolism of the Scandinavian traditions in costume design. Also, on the basis of detailed analysis of primary source the sketch project for a collection was created.*

***Keywords:** fashion industry, costume design, a clothing collection, transformation suit on, the artistic and compositional components, projective image.*

ISSN 1813-6796
ВІСНИК КНУТД №6 (116), 2017

Дизайн та мистецтвознавство
Design & Art Appreciation

УДК 685.34

ДАРСАВЕЛИДЗЕ Х., ДОЛИДЗЕ Н., ДАТУАШВИЛИ М.
Кутаисский государственный университет им. Акакиа Церетели

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ОДЕЖДЫ НА ОСНОВЕ ГРУЗИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО КОСТЮМА

Цель. *Конструктивное проектирование современной одежды с использованием элементов грузинской национальной одежды.*

Методика*. Для решения поставленных задач использованы методы конструкторского проектирования и моделирования женской одежды.*

Результаты*. В работе изучен грузинский национальный, в частности – гурийский традиционный костюм, его комплектация, использованные материалы, цветовая гамма и декор. На основании этого, с помощью стилизации базисной кострукции женской одежды, осуществлено конструктивное проектирование современних женских платьев с использованием элементов традиционного гурийского костюма.*

Научная новизна*. Были созданы эскизы женского вечернего платья с использованием элементов традиционного гурийского костюма и осуществленно его конструктивное проектирование.*

Практическая значимость. *В результате технического моделирования базисного конструктивного чертежа женского платья, осуществлено конструкторское проектирование женских вечерних платьев с использованием элементов традиционной одежды, что имеет большое значение в деле популяризации грузинской традиционной одежды и сохранения и передание её для будующих поколений.*

Ключевые слова: *национальная одежда, модель, декор.*

Введение. Национальная одежда является своеобразной летописью исторического развития и художественного творчества каждого народа. Его можно рассматривать как памятник материального и художественного наследия, который ясно характеризует особенности населения страны, его культурные традиции и эстетический вкус.

Сегодня дизайнеры одежды в своих коллекциях активно используют элементы традиционного национального костюма. По новому увиденный и использованный традиционный костюм важен в деле популяризации и передачи последующим поколениям культурных традиций нации. Грузинская национальная одежда вызывает большой интерес среди специалистов костюма во всём мире. Она неповторима в своём индивидуализме, декоре, формах, цвете и поэтому представляет ценность для мирового культурного наследия и является источником вдохновения дизайнеров. Традиционная грузинская одежда формировалась на протяжении веков и, в тоже время, претерпевала серьёзные изменения, обусловленные как собственным естественным развитием, так и влиянием соседних народов. Вместе с общегрузинским одеянием,которое представляло собой традиционные длинные платья для женщин и «чохи – ахалухи» для мужчин, в каждом историческомрегионе Грузии был характерный только для него колоритный костюм. Из-за различия климатических условий и образа жизни одежда в разных регионах отличалась друг от друга.

Цель и задачи. Во всём многообразии грузинского национального костюма особенное место занимает гурийская традиционная одежда, которая выделяется декором, оригинальностью форм и использованных материалов.

Результаты исследования. Основным элементом гурийского традиционного костюма (рис.1) было грузинское платье со снимаемыми рукавами «куртмаджеби»и поясом «сарткел-гулиспири»которые изготавливались из шелковой ткани и украшались богатой вышивкой.

Рис. 1. **Гурийская женщина в традиционном костюме**

Особенностью традиционной женской гурийской одежды являлся короткий жакет – «элеги» сшитый из темно-кизилового, белого и коричневого бархата. Оригинальность «элеги» обусловлена удлиненными, разрезными декоративными рукавами, которые изготавливались из шелковой ткани другого цвета. Передние края полочки, разрезы и нижние края рукавов были украшены золотым шитьём. Гурийские женщины также носили нижнюю юбку – «хабарду».

Головной убор в традиционном женском гурийском костюме – головной платок, «цахоци» и «лечаки», которые, чаще всего, изготавливались из тонкой хлопковой или шёлковой ткани. Они бывали трёх видов: отделанние оборкой, с вышивкой и без отделки. Кроме исключительных случаев в головных уборах доминировал белый цвет.

На основе традиционного гурийского костюма были созданы эскизы современных женских платьев с элементами традиционной одежды (модель 1 и модель 2).

Рис. 2. **Эскиз и технический чертёж женского вечернего платья (модель 1)**

На основе базисной конструкции женской одежды была осуществлена его стилизация в современном костюме и конструкторское проектирование женских вечерних платьев (модель 1, 2). На рис. 2 показан эскиз и технический чертёж женского вечернего платья.

Вечернее платье (модель 1) состоит из платья и жакета. Здесь использованы следующие элементы традиционной одежды: «элеги» с удлиненными и разрезными рукавами, декоративный пояс, который оформлен грузинским орнаментом, выполненном вышивкой и аппликациями. Концы рукавов и пояса обработаны декоративной бахромой. На рис. 3 показан эскиз и технический чертёж женского вечернего платья (модель 2).

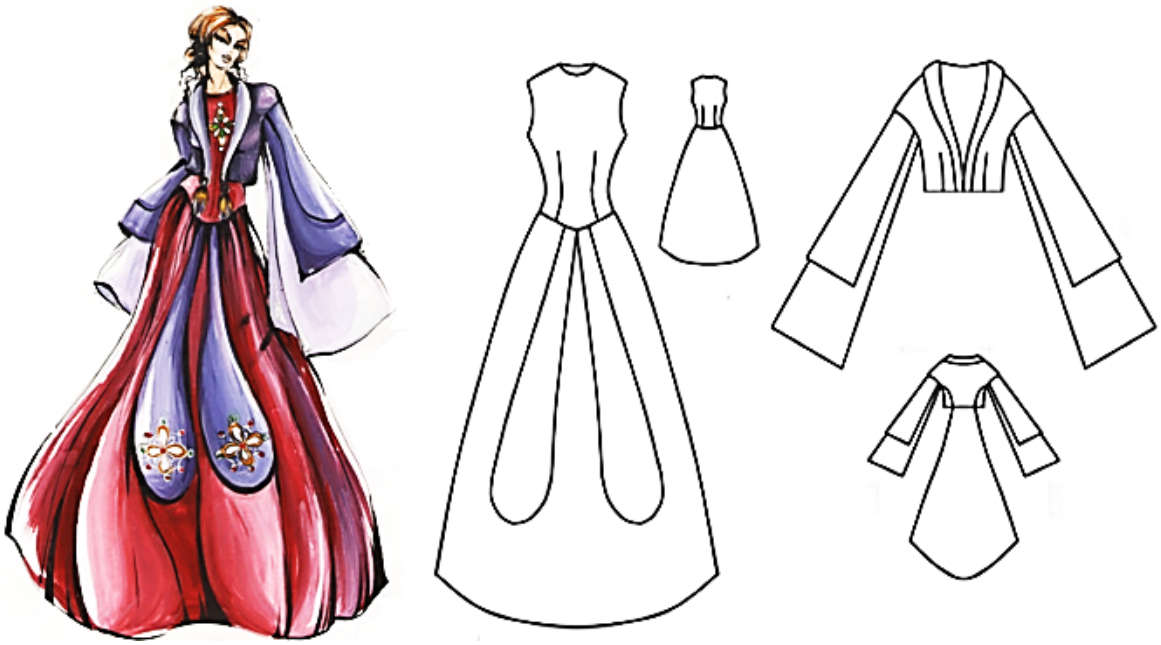


Рис. 3. **Эскиз и технический чертёж женского вечернего платья (модель 2)**

Женское вечерное платье (модель 2) также создано на базе традиционного гурийского костюма, но в отличии от модели 1 спинка элеги удлинена и оформлена орнаментом.

Следующим этапом работы было построение базисного конструктивного чертёжа женского платья, техническим моделированием которого был получены конструктивные чертежи женских вечерних платьев (рис. 3, рис. 4).

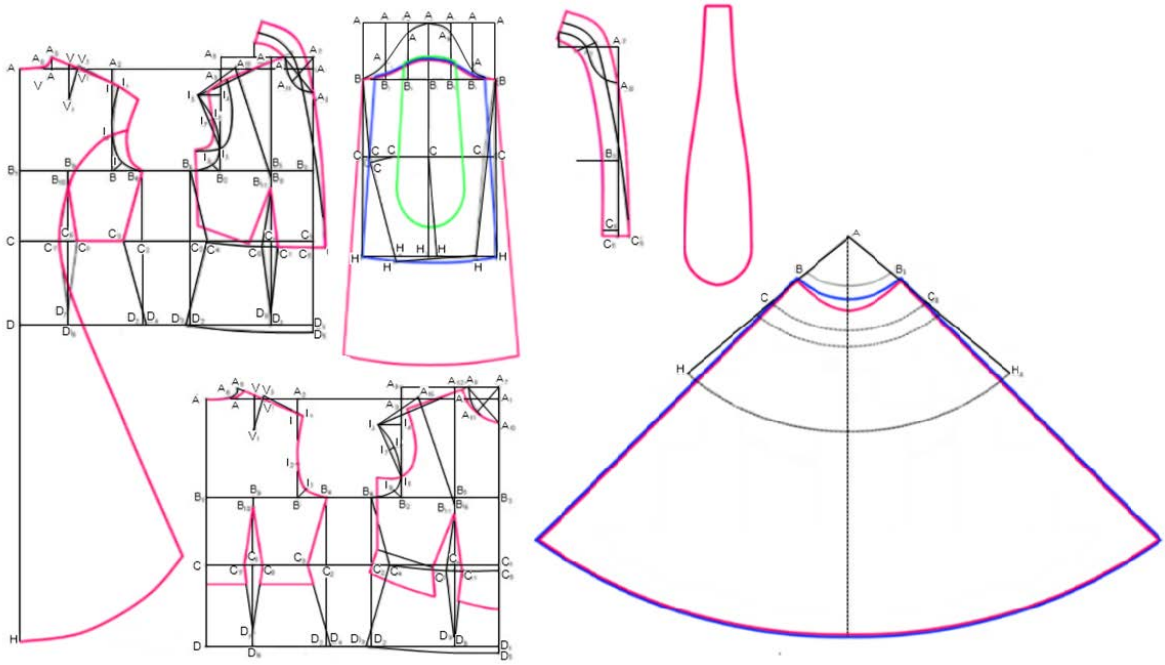


Рис. 4. **Конструктивный чертёж женского вечернего платья (модель1)**

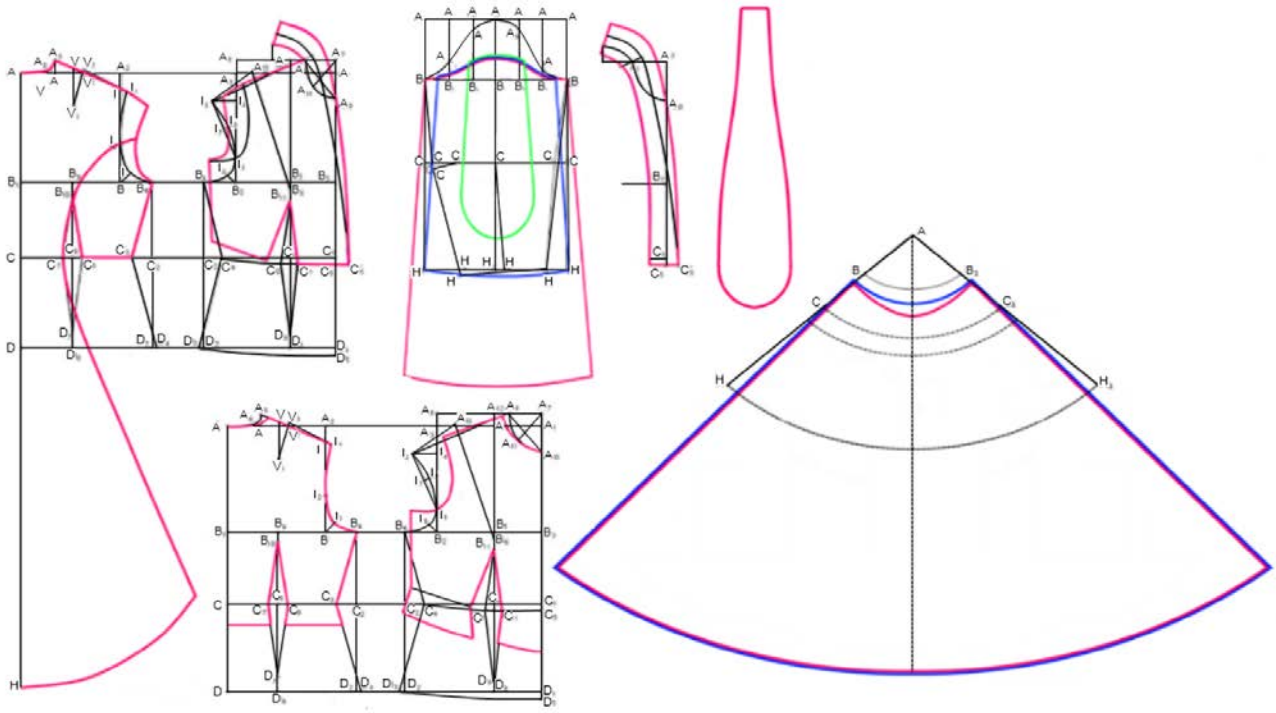


Рис. 5. **Конструктивный чертёж женского вечернего платья (модель 2)**

Построение базисного конструктивного чертежа женского платья было осуществлено апробированной методикой конструирования женской одежды. Во время технического моделирования базовой конструкции были предусмотрены оптимальные значения конструктивных прибавок на свободное облегание.

На основании изучения значений прибавки и специфики их распределения по периметру были разработаны рекомендации, которые обеспечивают высокие эргономические показатели конструкции модели. Исходя из того, что разработанные модели выделяются сравнительно высокой степенью свободы в области бёдер и облегающими силуэтами в области груди и талии, были установлены следующие значения прибавок: для обхвата груди $2 \div 3$ см, для обхвата талии $3 \div 4$ *см*, для обхвата бёдер его значение сравнительно велико из-за складок, прибавки для обхвата плеч при узком рукаве $5 \div 6$ см, при широком, его значение меняется в достаточно большом диапазоне. Конструкции женских вечерних платьев показаны на рисунках 4 и 5.

Выводы. Таким образом, на основе гурийского женского традиционного костюма были созданы модели вечерних платьев (модель 1, модель 2) с элементами традиционного костюма. В результате технического моделирования базисного конструктивного чертежа женского платья, осуществлено конструкторское проектирование женских вечерних платьев, что имеет большое значение в деле популяризации грузинской традиционной одежды и сохранения и переданние её для будующих поколений.

Література

1. N. Dolidze Illustrited Reference Book of Georgian National Glothing / N. Dolidze, M.Datuashvili, I. Ugrexelidze, I. Charkviani, L. Lursamanashvili, K. Chirgadze, G. Kvantidze // Akaki Tsereteli State University Press. – 2017.
2. Коблякова Е. Б. Основы конструирования одежды*:* Учебник / Коблякова Е. Б., Савостицкий А. В., Ивлева Г. С. и др. — 3е изд.перераб. и доп.; под общей ред. Е.Б. Кобляковой. -М.: Легкая индустрия, 1980. -448с.

References

1. Dolidze, N. Datuashvili, M., Ugrexelidze, I., Charkviani, I., Lursamanashvili, L., Chirgadze, K. et al. (2017). *Illustrited Reference Book of Georgian National Glothing.* Akaki Tsereteli State University Press [in English].
2. Koblyakova, Ye., Savostitskiy, A. V., Ivleva, G. S. et al. (1980). *Osnovy konstruirovaniya odezhdy: Uchebnik* [Principles of designing clothes]. -M.: Legkaya industriya, [in Russian].

ПРОЕКТУВАННЯ СУЧАСНОЇ ОДЯГУ НА ОСНОВІ ГРУЗИНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО КОСТЮМУ

ДАРСАВЕЛІДЗЕ Х., ДОЛІДЗЕ Н., ДАТУАШВІЛІ М.
Кутаіський Державний Університет ім. Акакія Церетели, Грузія

Мета. *Конструктивне проектування сучасного одягу з використанням елементів грузинської національного костюму.*

Методологія. *Для вирішення поставлених завдань використані методи конструкторського проектування та моделювання жіночого одягу.*

Результати. *У роботі вивчений грузинський національний, зокрема - гурійський традиційний костюм, його комплектація, використані матеріали, кольорова гамма та декор. За допомогою стилізації базисної конструкції жіночого одягу, здійснено проектування сучасних жіночих суконь з використанням елементів традиційного Гурійського костюму.*

Наукова новизна. *Були створені ескізи жіночої вечірньої сукні з використанням елементів традиційного Гурійського костюма і здійснене його проектування.*

Практична значимість. *В результаті технічного моделювання базисного конструктивного креслення жіночого плаття, здійснено конструкторське проектування жіночих вечірніх суконь з використанням елементів традиційного одягу, що має велике значення в справі збереження та популяризації грузинської традиційного.*

Ключові слова: *національний одяг, модель, декор.*

DESIGNING OF MODERN CLOTHES BASED ON GEORGIAN NATIONAL CLOTHING

DARSAVELIDZE KH., DOLIDZE N., DATUASHVILI M.
Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia

Purpose. *Designing of modern clothes based on georgian national clothing.*

Methodology. *The method of technical modeling in terms of basic construction in the field of the traditional Georgian costume in modern clothes has been applied.*

Results. *The main focus has been on the traditional dress for Gurian women, which is work of high artistic value and originality. Stylization and constructive modeling of ladies evening dresses was carried out by means of technical modeling in terms of basic construction. Construction of the basic constructive drawing of a female dress was carried out by the approved method of designing women's clothing.*

Scientific novelty. *The sketches of women's evening dress using elements of traditional fo Gurian are obtained.*

Practical value*. During the process of technical modeling of clothes the design of women's evening dresses was carried.* The work is of great importance in the promotion of Georgian traditional clothing its conservation and its passing down to future generations.

Keywords: *national clothes, model, decor.*